

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ НОВЫХ ИСТОЧНИКОВ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СИСТЕМЕ ПРИ УЧЕТЕ ИХ ДИСКРЕТНОСТИ

При решении задачи оптимального размещения новых источников реактивной мощности (ИРМ) нельзя не учитывать их дискретность, для чего необходим аппарат математического программирования. Предлагаемая ниже методика решения задачи размещения новых ИРМ при учете дискретности стандартных значений их мощности построена на сочетании приемов дифференциального анализа с приемами математического программирования.

Основные принципы предлагаемой методики заключаются в следующем.

Пусть нам известно оптимальное размещение новых ИРМ без учета дискретности. Это – решение задачи для идеального случая, когда бы мы могли как угодно дробить устанавливаемые ИРМ и получать наименьшие затраты. Назовем такое решение идеальным. Нахождение идеального решения основывается на приемах дифференциального анализа [ 1, 2 ] .

Округление установленной мощности до стандартного значения хотя бы для одного ИРМ ведет к уходу от идеального решения и к увеличению затрат.

Перечисленные выше основные положения можно сформулировать следующим образом.

1. В качестве основы для размещения ИРМ с учетом их дискретности следует брать идеальное решение; для нахождения его используется метод, основанный на приемах дифференциального анализа.

2. Последовательность (алгоритм) расчета для дискретной задачи должна быть такой, чтобы соответствующие ей затраты по возможности меньше отличались от затрат идеального варианта.

Остановимся на втором положении. Очевидно, невозможно округлить мощности всех ИРМ до стандартных значений в одном шаге вычислительного процесса и при этом соблюсти требование наименьшего роста затрат.

Последовательность решения дискретной задачи должна быть шаговой, когда мощность одного ИРМ на каждом шаге округляется до стандартного значения, для которого такое округление обходится наименьшим ростом затрат.

Обеспечив наименьший рост затрат на каждом шаге, мы получим решение с наименьшим их значением. Такая методика является эвристической, однако, как показал опыт расчетов, достаточно удачной.

Следует обратить внимание еще на одно обстоятельство. Пока в первом шаге мы находим ИРМ, для которого округление мощности обходится наименьшим ростом затрат, в качестве опорного решения используется идеальное. Как только мощность такого ИРМ округляется до стандартного значения, мы уходим от идеального решения. В этом случае становится неясным, какое решение следует использовать в качестве опорного при выборе второго ИРМ

на втором шаге задачи. Отсюда вытекает еще один вывод. После округления мощности очередного ИРМ до стандартного значения его нужно исключить из числа варьируемых и найти промежуточное идеальное решение для нового состава свободноварируемых ИРМ.

Таким образом мы параллельно используем дифференциальный анализ и положения дискретной математики.

Важно заметить, что поиск промежуточного идеального решения объясняется не только необходимостью обновлять опорный режим, но и перераспределением реактивной мощности среди оставшихся ИРМ. Такое перераспределение реактивной мощности способствует обеспечению наименьшего роста затрат на каждом шаге задачи. С учетом изложенных выше принципов сформулируем следующий алгоритм решения задачи, состоящий из 6 пунктов.

1. Считать, что все ИРМ являются варьируемыми. Задать начальное распределение реактивной нагрузки между ИРМ.

2. Выполнить расчет оптимального распределения реактивной нагрузки между варьируемыми ИРМ (найти идеальное решение). Для каждого варьируемого ИРМ запомнить значения производных  $\partial Z/\partial I_i''$ .

3. Для каждого варьируемого ИРМ вычислить ущерб  $Y_i$ , связанный с округлением его мощности до стандартного значения, для этого необходимо:

– временно округлить  $Q_{\text{ирм}}$  до стандартного значения, вычислить  $\delta Q_i$  и  $\delta I_i''$ ;

– рассчитать перераспределение мощности  $\delta Q_i$  между другими варьируемыми ИРМ, вычислить  $\delta I_j''$ ;

– вычислить и запомнить ущерб  $Y_i$  по формуле

$$Y_i = \delta Z_i = \sum_{j=1}^m \cdot \partial Z/\partial I_j'' \delta I_j'' . \quad (1)$$

4. Используя вычисленные в пункте 3-м значения возможных ущербов  $Y_i$ , определить тот ИРМ, которому соответствует наименьший ущерб  $Y_i$ . Округлить мощность выбранного ИРМ до стандартного значения; исключить данный ИРМ из числа варьируемых.

5. Если еще не все ИРМ исключены из числа варьируемых, то решение задачи продолжить, начиная с пункта 2.

6. Конец работы алгоритма.

В данном алгоритме следует пояснить, каким образом выполнить перераспределение реактивной нагрузки между другими варьируемыми ИРМ и вычислить приращение их токов  $\delta I_j''$ . Проще для этой цели использовать полную процедуру оптимального распределения реактивной нагрузки между другими варьируемыми ИРМ, как в пункте 2. Однако работа этой процедуры связана с необходимыми расчетами режимов и, следовательно, со значительным расходом машинного времени. Так, если при каждом обращении к процедуре оптимального распределения реактивной нагрузки будет в среднем выполняться один расчет режима, то работа всего нашего алгоритма приведет к выполнению  $m + 1/2m^2$  расчетов режима, что делает наш алгоритм практически нереализуемым. Чтобы значительно сократить счетную работу, следует пункт 3-й выполнять на основе решения системы уравнений

$$\sum_{j=1}^m \gamma_{ij} \delta I_j'' = 1/6 F_i, i = 1, \dots, n,$$

предложенной в работе [5].

При такой организации пункта 3 работа нашего алгоритма потребует выполнения только  $m$  расчетов режимов.

В заключение проанализируем работу предлагаемого алгоритма с точки зрения погрешности.

Очевидно, если результаты работы данного алгоритма и будут содержать некоторую погрешность, то причины ее следует искать в выполнении пункта 3-го. В этом случае мы используем для вычисления конечных приращений формулу дифференциала. Безусловно, данное обстоятельство может послужить причиной некоторой погрешности в расчете  $Y_i$ . Однако это еще не значит, что указанная погрешность может существенно повлиять на выбор ИРМ, мощность которого следует округлять до стандартного значения в текущем шаге вычислительного процесса.

Кроме того, при необходимости выполнения пункта 3-го можно построить на использовании точных формул с привлечением производных более высокого порядка.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Поспелов Г.Е., Сыч Н.М., Федин В.Т. Компенсирующие и регулирующие устройства в электрических системах. — Л., 1983. — 112 с.
2. Федоровский Г.К., Федоровская Т.А. Обобщенное условие оптимального размещения источников реактивной мощности в питающих сетях // Изв. вузов. Энергетика. — 1983. — № 3. — С. 8.
3. Федоровский Г.К., Федоровская Т.А. Рациональная форма обобщенного условия оптимального распределения реактивной нагрузки // Изв. вузов. Энергетика. — 1983. — № 6. № 3551-83 Деп.
4. Федоровский Г.К., Федоровская Т.А. Вычисление производных  $\partial \Delta P / \partial I_i'$  и  $\partial \Delta Q / \partial I_i'$  в задаче оптимального размещения источников реактивной мощности // Изв. вузов. Энергетика. — 1983. — № 9. № 3552-83 Деп.
5. Федоровская Т.А. Методика вычисления оптимизирующих приращений при решении задачи оптимального размещения ИРМ в питающих сетях // Изв. вузов. Энергетика. — 1983. — № 9. № 3553-83 Деп.
6. Федоровская Т.А. Учет взаимного влияния источников реактивной мощности при решении задачи их размещения в питающих сетях // Изв. вузов. Энергетика. — 1983. — № 6. № 3554-83 Деп.

УДК 621.315

Т.Н.СТРЕЛОВА (БПИ)

### ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНО-СЕКЦИОНИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА УРОВНИ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Современное развитие электроэнергетических систем характеризуется ростом токов короткого замыкания (ТКЗ). Это нежелательное явление следует как можно более ограничивать.

Рекомендуемые в настоящее время мероприятия по ограничению ТКЗ и снижению последствий, связанных с их действием, можно разделить на три направления: