

УДК 621.311

УЧЁТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ ЭНЕРГОСИСТЕМ ПО НАПРЯЖЕНИЮ И РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Печко А.С.

Научный руководитель - к.т.н., доцент Прокопенко В.Г.

Известно, что задача оптимизации режимов энергосистем по напряжению и реактивной мощности является весьма эффективным мероприятием по улучшению технико-экономических показателей работы электрических сетей. Она не связана с дополнительными капитальными затратами и относится к числу первоочередных, решаемых в энергосистемах.

Известные алгоритмы решения данной задачи формулируют её как

$$\min [\Delta P(K, Q) / K, Q \in R],$$

где ΔP суммарные потери активной мощности в расчетной схеме сети; K, Q векторы независимых переменных: коэффициентов трансформации автотрансформаторов связи и реактивных мощностей источников; R – область допустимых решений, ограниченная равенствами и неравенствами технических ограничений[1].

Основным режимным ограничением являются величины напряжений узлов расчетной схемы сети.

Для решения данной задачи применяется ряд оптимизационных методов, учитывающих дискретность и непрерывность изменения переменных. Алгоритмы предусматривают поочерёдное изменение векторов переменных, например, первым изменяется вектор K , а вторым – вектор Q или наоборот. В обоих случаях задача как-то решается: потери снижаются, но на разную величину и при этом напряжение в ряде узлов схемы сети достигают допустимых пределов.

Для более точного решения задачи разработан алгоритм на основе использования пошагового метода оптимизации с анализом предыстории[2].

Оптимизационный расчет выполняется в следующем порядке:

А) по результатам пошаговых сравнительных расчетов режимов сети выбирается коэффициент трансформации, который в наибольшей степени уменьшает величину потерь мощности в сети и при этом рассчитывается суммарное изменение напряжений узлов схемы сети соответственно между исходным режимом и режимом при коэффициенте трансформации трансформатора, который дал наибольшее снижение потерь мощности;

Б) по результатам пошаговых сравнительных расчетов режимов сети выбирается источник реактивной мощности, который в наибольшей степени уменьшает величину потерь мощности в схеме сети при условии, что изменение мощности его приводит к суммарному изменению напряжений узлов схемы сети, равному по величине от изменения коэффициента трансформации, выбранного на предыдущем этапе расчёта;

В) сравниваются два решения и выбирается оптимальное и далее оптимизационный расчет повторяется.

Приведем пример реализации данного метода на замкнутой электрической сети со следующими параметрами: номинальные напряжения 330, 220 и 110 кВ, число узлов-25, суммарная протяженность линий-1549 км, суммарная нагрузка потребителей- $837+j498$ МВА, генерация реактивной мощности в 3 узлах - $100+j(0\div 100)$, $50+j(0\div 100)$, $+j(0\div 50)$, количество автотрансформаторов-5. Проведём анализ каждого шага.

Расчет режимов сети производим с помощью известной программы «RASTR».

Суммарные потери активной мощности в сети в исходном режиме составляют 24.59 МВт.

1-ый шаг оптимизации.

Таблица 1 Результаты расчётов по выбору оптимального коэффициента трансформации

№ трансформатора	1	2	3	4	5
Значения K_t в исходном режиме	0,733	0,733	0,526	0,526	0,526
Значения K_t после оптимизации на ступень регулирования	0,735	0,735	0,536	0,536	0,536
Снижение потерь мощности относительно исходного значения, МВт	0,05	0,1	0,06	0,07	0,12

Как видно из таблицы 1 к наибольшему снижению потерь мощности привел трансформатор 5 с коэффициентом трансформации 0,536 и снижением потерь мощности-0,12 МВт, при этом суммарные изменения напряжений составили-14,74 кВ.

Таблица 2. Результаты расчета по выбору оптимальной реактивной мощности источника.

№ узла	1	2	3
Исходные значения реактивной мощности источника, Мвар	25	25	50
Значения реактивной мощности источника после оптимизации на первом шаге, Мвар	32.9	33	57
Снижение потерь мощности, МВт	0,43	0,32	0,23

Как видно из таблицы 2 к наибольшему снижению потерь мощности привел источник реактивной мощности в узле 1 с Q-32.9 Мвар и снижением потерь мощности-0,43 МВт, при этом суммарные изменения напряжений составили 14,5 кВ.

При расчете принималось, что разность изменения суммарных значений напряжений при выборе оптимального коэффициента трансформации трансформатора и при выборе оптимального значения генерируемой реактивной мощности в узле не превышал 1%.

В конце первого шага наблюдаем, что изменение реактивной мощности источника в узле 1 дает больший эффект снижения потерь нежели оптимально выбранный коэффициент трансформации трансформатора. На основании анализа расчетов 1-ого шага оптимизации вносим в рассчитанную схему электрической сети новое значение реактивной мощности в узле 1, переходим на второй шаг оптимизации и повторяем расчет.

На втором и третьем шаге при однотипности реализуемых операций оптимизации коэффициентов трансформации и источников реактивной мощности наблюдаем схожую ситуацию. Источник реактивной мощности в узле 1 дал больше значение снижения потерь мощности, чем оптимально выбранный коэффициент трансформации на данном шаге.

Результаты последующих оптимизационных расчетов представим в таблице 3 и таблице 4.

Таблица 3. Результаты расчетов оптимального коэффициента трансформации и оптимального узла с источником реактивной мощности 2 и 3 шага оптимизации.

№ шага	2		3	
№ оптимального трансформатора/источника	5	1	5	1
Значения Кт/Q после оптимизации, о.е./Мвар	0,536	40	0,536	48
Снижение потерь мощности относительно исходного режима, МВт	0,16	0,41	0,18	0,4
Суммарные изменения напряжений, кВ	14,82	14,71	14,83	14,91
Новое значение переменной, о.е./Мвар	40 Мвар		48 Мвар	

На четвёртом шаге наблюдаем схожую ситуацию в которой больший эффект снижения потерь активной мощности дал источник реактивной мощности.

Таблица 4. Результаты расчетов оптимального коэффициента трансформации и оптимального узла с источником реактивной мощности 4 шага оптимизации.

№ шага	4	
№ оптимального трансформатора/источника	5	1
Значения Кт/Q после оптимизации, о.е./Мвар	0,536	56,3
Снижение потерь мощности, МВт	0,15	0,38
Суммарные изменения напряжений, кВ	14,82	14,85
Новое значение переменной, о.е./Мвар	56,3 Мвар	

Оптимизационный расчет закончим после 4-ого оптимизационного шага, поскольку на последующих шагах напряжения в некоторых узлах выходят за допустимые пределы.

Таким образом для рассмотренной схемы сети больший эффект снижения потерь мощности достигнут за счет изменения реактивной мощности источников. Потери активной мощности снизились на 1,41 МВт.

Описанный алгоритм оптимизации полностью формализован и может быть реализован на ЭВМ.

Литература

1. Федин В.Т., Прокопенко В.Г. Планирование характерных режимов электрических сетей 110 – 750 кВ по напряжению и реактивной мощностью.- Электрические станции, 1977, №12.
2. Отчет о нир. Разработать концептуальные основы и эффективные методы и алгоритмы анализа и оптимизации режимов энергосистем по напряжению и реактивной мощности. № г.р. 19981125 / В.Г.Прокопенко, А.А. Золотой. Минск, БНТУ, 1998.