

УДК 621.311

## РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ОПЕРАТИВНОМУ ПЛАНИРОВАНИЮ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ОСНОВНОЙ СЕТИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Белько А.И.

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

Снижение потерь активной мощности и электроэнергии в электрических сетях является одной из основных и первоочередных задач на этапе их эксплуатации. Решение этой задачи может быть осуществлено за счет уже имеющихся в электрической сети средств регулирования режимов, либо за счет дополнительно устанавливаемых компенсирующих устройств (далее – КУ), вольтодобавочных трансформаторов, линейных регуляторов. В первом случае не требуются дополнительные капитальные вложения.

Для снижения потерь мощности и энергии разрабатывается перечень мероприятий. Они делятся на организационные и технические. Организационные мероприятия не требуют дополнительных капитальных вложений и осуществляются за счёт режимных воздействий во время эксплуатации оборудования (повышение рабочего напряжения; надстройка анцапф трансформаторов с РПН, ПБВ; надстройка установленных компенсирующих устройств; размыкание замкнутых сетей в оптимальных точках; оптимизация прохождения энергосистемой режимов минимальных нагрузок; выравнивание нагрузок в фазах и т.д.). Технические мероприятия связаны с дополнительными капитальными затратами (повышение номинального напряжения; установка новых компенсирующих устройств; замена проводов; установка устройств продольно-поперечного регулирования и т.д.).

Для оптимизации режимов сети могут использоваться различные методы:

- метод покоординатного спуска;
- пошаговый метод с анализом предыстории (метод наискорейшего спуска);
- многошаговый метод с учётом предыстории;
- ускоренный многошаговый метод с учётом предыстории.

В этой работе использован **метод наискорейшего спуска**.

Порядок расчёта при использовании данного метода следующий: рассчитывается исходный режим, запоминаются потери мощности. Изменяется первая переменная в сторону увеличения. Предположим, что потери снизились. В этом случае запоминается снижение потерь и направление изменения переменной. В расчётную схему вносится первоначальное значение переменной и изменяется следующая переменная (на ступень), рассчитывается снижение потерь и запоминается. Таким образом, перебираются все переменные. На основе анализа снижения потерь выбирается переменная, которая снизила в наибольшей степени потери мощности. Новое значение переменной вносится в расчётную схему и расчёт повторяется.

Данный метод в ряде случаев может приводить к большему снижению потерь мощности в сети, чем метод покоординатного спуска, однако вместе с этим увеличивается число расчётов.

Все выше перечисленные методы применяются также при оптимизации режима по реактивной мощности (в качестве переменной выступает реактивная мощность источников  $Q_i$ ).

При выполнении оптимизации режимов необходимо учитывать ряд технических ограничений, которые можно разделить на прямые и косвенные.

К прямым ограничениям относятся:

- реактивная мощность отдельных источников питания не может превышать располагаемую реактивную мощность этих источников;
- пропускная способность по току элементов (трансформаторов, линий), связывающих данный источник питания с системой.

Учёт прямых ограничений осуществляется переводом пунктов с регулируемой реактивной мощностью после достижения ими предельной загрузки в категорию пунктов с фиксированной реактивной мощностью.

Основным видом косвенных ограничений являются ограничения по режиму напряжений, которые могут потребовать полного перераспределения нагрузок между всеми источниками реактивной мощности.

При осуществлении планирования оптимальных режимов сети энергосистемы необходимо провести ряд оптимизационных расчётов с целью выявления режима, соответствующего наименьшей величине потерь активной мощности и электроэнергии. Данные расчёты выполняются на ЭВМ в специальных программах (RastrWin, Mustang), позволяющие произвести расчёт режимов сети любой конфигурации, получить полную информацию по ветвям и узлам сети.

Во время осуществления планирования оптимальных режимов сети необходимо обеспечить:

- надёжное электроснабжение по межгосударственным, системообразующим линиям электропередач;
- надёжную работу электростанций, оборудования ПС;
- требуемый уровень напряжений в узлах, соответствующие допустимым пределам;
- требуемое качество электроэнергии;
- оптимальный уровень потерь мощности и электроэнергии;
- экономичную работу энергосистемы.

В данной работе была произведена оптимизация режимов наибольших и наименьших нагрузок, а также нескольких ремонтных режимов для схемы сети энергосистемы, которая является частью Белорусской энергосистемы. Рассматриваемая схема включает в себя 150 узлов (в том числе 2 узла номинальным напряжением 750 кВ, 20 узлов – 330 кВ, 7 узлов – 220 кВ, 113 узлов – 110 кВ, 4 узла – 20 кВ, 1 узел – 15,75 кВ и 3 узла – 10 кВ), 150 ветвей (в том числе 1 линия с номинальным напряжением 750 кВ, 21 линия – 330 кВ, 5 линий – 220 кВ и 124 линии – 110 кВ) и 14 автотрансформаторов связи.

По результатам оптимизационных расчётов был разработан ряд рекомендаций по ведению режимов:

- в зависимости от режима обеспечить соответствующие напряжения на выводах генераторов согласно расчётам оптимизированных режимов (в режимах наименьших нагрузок на некоторых генераторах напряжение должно быть ниже номинального);
- на БУ установить напряжение: 348 кВ для режима наименьших нагрузок, 354 кВ для режима наибольших нагрузок;
- рекомендуется установка средств компенсации реактивной мощности (СКРМ) мощностью 2х30 Мвар на ПС Лида на стороне 10 кВ и СКРМ мощностью 30 Мвар на ПС Сморгонь на стороне 10 кВ;
- для обеспечения допустимых напряжений в сети 110 кВ выставить анцапфы в соответствии с режимом (на некоторых автотрансформаторах анцапфы выставляются одинаковыми для режимов наибольших и наименьших нагрузок);
- для снижения потерь мощности рекомендуется вывод в резерв некоторых системообразующих линий, не влияющих на надёжность электроснабжения потребителей;
- при выводе в ремонт линий требуется контроль режима и при необходимости – его корректировка (изменение анцапф на некоторых автотрансформаторах);
- при выводе в ремонт линии напряжением 220 кВ Дубовый лес – Столбцы запрещается отключение линий напряжением 220 кВ Дубовый лес – Осиповичи и Столбцы – Барановичи. Это связано с тем, что в случае аварийного отключения автотрансформатора связи на ТЭЦ-5, при совмещённом отключении произойдёт погашение потребителей, подключённых к сети напряжением 110 кВ между ТЭЦ-5 и ПС Дубовый лес, а также погашение ПС Дубовый лес с потерей собственных нужд. При отключении линии Столбцы –

Барановичи напряжение в узлах снижаются до значений ниже допустимых диапазонов и могут составлять до 105 кВ;

– вывод в резерв линий ПС Белорусская – Калийная, ПС Белорусская – Микашевичи, ТЭЦ-5 – Борисов, Борисов – ГРЭС-20 не допускается в связи с тем, что: в случае отключения линии Борисов – ГРЭС-20, ТЭЦ-5 – Борисов значительно увеличатся потери мощности вследствие вынужденного перераспределения потоков мощности на ВЛ-110 кВ и ухудшится надёжность электроснабжения района (увеличивается вероятность аварийного отключения ВЛ-110 кВ и объём отключаемой мощности в случае отключения этой ВЛ); отключение линий ПС Белорусская – Калийная, ПС Белорусская – Микашевичи недопустимо по условию обеспечения надёжности электроснабжения потребителей по критерию «n-1». Вывод таких линий в ремонт требует дополнительного согласования с другими ЭС.

#### Литература

1. Разработать концептуальные основы и эффективные методы и алгоритмы анализа и оптимизации режимов энергосистем по напряжению и реактивной мощности : отчёт о НИР (заключ.)/БГПА; рук. В.Г. Прокопенко; исполн.: В.Г. Прокопенко, А.А. Золотой, Е.А. Заборская. Минск, 1998. – 85 с. - № ГР 19981125
2. Прокопенко В.Г., Фурсанов М.И. Лабораторный практикум по дисциплинам “Оптимизация режимов энергосистем и сетей” и “Оптимизация электроэнергетических систем”. – Минск: БНТУ, 70 с.
3. Оптимизация режимов энергетических систем / Синьков В.М., Богословский А.В., Григоренко В.Г., Калиновский Л.А., Огородников А.А., Мозговая Э.А. Издательское объединение "Вища школа". - 1976, 308 с.
4. Холмский В.Г. Расчёт и оптимизация режимов электрических сетей (специальные вопросы). Учеб. Пособие для вузов. М., «Высш. школа», 1975. – 280 с.
5. Мастерова О.А., Барская А.В. Эксплуатация электроэнергетической систем и сетей: учебное пособие/ О.А. Мастерова, А.В. Барская. – Томск: ТПУ, 2006. – 100 с.
6. Поспелов Г.Е. Электрические системы и сети: Учебник/ Г.Е. Поспелов, В.Т. Федин, П.В. Лычёв, - Мн.: УП «Технопринт», 2004. – 720 с.