

Кадыров А.С.

ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ И СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЯМИ МОЩНОСТИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

A.S. Kadyrov

PRINCIPLES OF MANAGEMENT AND DECREASE BY CAPACITY LOSSES IN ELECTRICAL DISTRIBUTION SYSTEMS

УДК: 681.5

Рассматриваются принципы управления потерями мощности в распределительных электрических сетях. Анализ технических и коммерческих потерь и разработка мероприятий по снижению потери электроэнергии.

It is considered principles of management by capacity losses in electrical distribution systems. The analysis of technical and commercial losses and working out of actions for decrease of the electric power loss.

Электрическая энергия является единственным видом продукции, для перемещения которого от мест производства до мест потребления не используются другие ресурсы. Для этого расходуется часть самой передаваемой электроэнергии, поэтому ее потери неизбежны, задача состоит в определении их экономически обоснованного уровня. Снижение потерь электроэнергии в электрических сетях до этого уровня – одно из важных направлений энергосбережения.

В связи с развитием рыночных отношений в стране значимость проблемы потерь электроэнергии существенно возросла. Стоимость потерь является одной из составляющих тарифа на электроэнергию.

Основная задача электроэнергетической системы - надежное снабжение потребителей электрической и тепловой энергиями нормированного качества при минимальных затратах на выработку, передачу и распределение энергии. Часть выработанной электроэнергии расходуется в электрических сетях на создание электрических и магнитных полей и является необходимым технологическим расходом на ее передачу. Технологический расход электроэнергии в электрических сетях, связанный с ее передачей и распределением, складывается из двух основных составляющих – потерь электроэнергии в генераторах, трансформаторах, линиях электропередачи других ее элементах (технические потери) и так называемых «коммерческих потерь», вызванных несовершенством учета и контроля электроэнергии. Сопоставляя структуру потерь энергии, полученную разными авторами для различных электроэнергетических систем в разные годы, можно сказать, что основная доля потерь электроэнергии приходится на распределительные электрические сети 6 -10 кВ.

Величиной потерь мощности – энергии в электрических сетях электроэнергетической системы можно управлять, воздействуя на конструктивные параметры элементов сети или их режим работы, опираясь на следующие принципы:

- оптимальное соотношение между стоимостью сети и потерями энергии;
- единообразие учета потерь мощности и энергии;
- экономически целесообразный уровень потерь энергии;
- системный подход к проблеме управления уровнем потерь энергии.

1. Существует определенное соотношение между стоимостью сети и потерями энергии в ней, соответствующее экономическому к.п.д. сети. Увеличение стоимости сети в общем случае принятия менее капиталоемких технических решений потери энергии растут. Обычно проектирование электрической сети ведется таким образом, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между двумя этими показателями. Однако со временем в связи с ростом нагрузок потери энергии увеличиваются и это соотношение ухудшается. Отсюда вытекает важность контроля уровня потерь энергии как одного из показателей, характеризующих экономичность работы сети.

Задача рационального построения и оптимизации развития электрической сети заключается в поддержании оптимального соотношения между стоимостью сети и потерями энергии в ней.

Принципы учета потерь мощности и энергии в электроэнергетических системах должны носить единообразный характер. Для этого были изданы соответствующие инструктивные методические материалы, в которых сформулированы основные задачи по управлению уровнем потерь мощности и энергии и регламентирована система планирования и отчетности за потери. На данном этапе развития электроэнергетики, выдвинуты новые требования к системе учета потерь, определяемые в основном сложившимися трудностями по выявлению параметрической и режимной информации о сети и постоянно расширяющимися в этом направлении возможностями современных ЭВМ.

Экономически целесообразный уровень потерь энергии в электрических сетях – это расчетное значение потерь, соответствующее оптимизированной сети на конкретном интервале времени при заданных значениях, характере и динамике нагрузок.

Для поддержания потерь энергии на экономически целесообразном уровне необходимо ежеквартально осуществлять контроль за значением расчетных и коммерческих потерь, проводить их

технико-экономический анализ и разрабатывать мероприятия по их снижению.

В последние годы получили сильное развитие распределительные сети среднего (6-35кВ) и низкого (до 1000В) номинальных напряжений с вероятностно-определенной или неопределенной исходной информацией. Все это накладывает известные трудности на организацию системы управления уровнем потерь энергии и требует постоянного совершенствования методических подходов к решению данной проблемы.

Эти и некоторые другие обстоятельства требуют системного подхода к проблеме управления уровнем потерь энергии в электрических сетях. В целом это сложная технико-экономическая и ее комплексное решение возможно лишь с помощью современных экономико-математических моделей с применением ЭВМ.

Режим работы распределительных сетей нужно вести при минимальных потерях энергии. Поэтому на современном этапе данная задача формируются так:

- расчеты технических потерь (с целью их анализа и снижения необходимо не реже одного раза в квартал определять действительный уровень и прогнозировать на перспективу);
- коммерческий учет потерь (контроль соответствия отчетных потерь действительным техническим);
- планирование потерь (доведение до всех подразделений электроэнергетической системы обоснованного плана-задания на мероприятия по снижению потерь до определенного расчетами рационального уровня).

На основе расчета технических (нагрузочных) потерь и составляющие коммерческих потерь, производим анализ существующей организации учета электроэнергии.

Нагрузочные потери активной мощности в элементе сети с сопротивлением R при напряжении U определяют по формуле:

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R \quad (1)$$

где P и Q – активная и реактивная мощности, передаваемые по элементу.

Целью электрического расчета (расчета установившегося режима - УР) в любой сети является определение значений P и Q в каждой ветви сети по данным их значений в узлах. Определение суммарных потерь мощности в сети по формуле (1).

Объем и характер исходных данных о схемах и нагрузках существенно различаются для сетей различных классов напряжения.

Для сетей 35 кВ и выше обычно известны значения P и Q в узлах нагрузки. В результате расчета УР выявляются потоки P и Q в каждом элементе.

Для сетей 6-20 кВ лишь отпуск электроэнергии через головной участок фидера, т.е. фактически

суммарная нагрузка всех ТП 6-20/0,4 кВ, включая потери в фидере. По отпуску энергии могут быть определены средние значения P и Q на головном участке фидера. Для расчета значений P и Q в каждом элементе необходимо принять какое-либо допущение о распределении суммарной нагрузки между трансформаторными подстанциями (ТП). Обычно принимают в этом случае допущение о распределении нагрузки пропорционально установленным мощностям ТП. Затем с помощью итерационного расчета снизу вверх и сверху вниз корректируют эти нагрузки так, чтобы добиться равенства суммы узловых нагрузок и потерь в сети заданной нагрузке головного участка.

В описанных задачах схема и параметры элементов сети известны. Отличием расчетов является то, что в первой задаче узловые нагрузки считаются исходными, а суммарная нагрузка получается в результате расчета, во второй - известна суммарная нагрузка, а узловые нагрузки получают в результате расчета.

В сетях 0,4 кВ при известных схемах этих сетей теоретически можно использовать тот же алгоритм, что и для сетей 6-20 кВ. Однако большое количество линий 0,4 кВ, сложность введения в программы информации по столбовым схемам, отсутствие достоверных данных об узловых нагрузках (нагрузках зданий) делает такой расчет исключительно трудным, и не желаемое уточнение результатов. Вместе с тем, минимальный объем данных обобщенных параметрах этих сетей (суммарная длина, количество линий и сечения головных участков) позволяет оценить потери в них с наименьшей точностью, чем при скрупулезном поэлементном расчете на основе сомнительных данных об узловых нагрузках.

При наличии информации о нагрузках ветвей, поступающей в вычислительный центр от системы телеизмерений, задача расчета потерь электроэнергии сводится к суммированию потерь мощности в каждом из рассчитанных режимов. Известно, что средствами телеизмерений в настоящее время оснащены не все, даже основные, сети энергосистем.

Поэтому возникает задача расчета потерь электроэнергии за период T на основе расчета потерь мощности в ограниченном числе режимов. В этом случае потери мощности умножают определенные тем или иным способом интегрирующие множители, численные значения которых рассчитывают на основе данных о графиках нагрузки.

Расчеты по данным телеизмерений обычно называют оперативными расчетами, расчеты с использованием интегрирующих множителей - аналитическими, а проводимые на основе обобщенных данных о схемах сетей - оценочными (рис. 1)

Аналитические расчеты получили свое название в связи с тем, что они позволяют осуществлять анализ влияния на потери предполагаемых изменений схем, нагрузок и режимов, в отличие от оперативных расчетов, дающих точное значение потерь состоявшихся режимах, но не позволяющих осуществлять такой анализ.

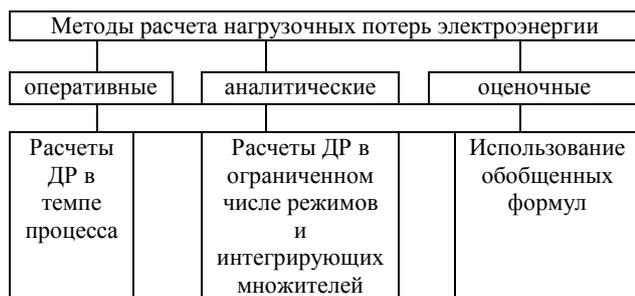


Рис. 1. Классификация методов расчета нагрузочных потерь

Составляющие коммерческих потерь электроэнергии объединяются в следующие три группы:

1) коммерческие потери электроэнергии, обусловленные погрешностями измерений отпущенной в сеть и полезно отпущенной электроэнергии потребителям;

2) коммерческие потери, обусловленные занижением полезного отпуска из-за недостатков энергосбытовой деятельности и хищения электроэнергии.

3) коммерческие потери, обусловленные задолженностью по оплате за потребленную электроэнергию - финансовые потери.

Кроме того, выделены четыре дополнительные составляющие коммерческих потерь:

1) потери, обусловленные умышленным занижением сумм платежей со стороны потребителей.

2) потери, связанные с затратами энергоснабжающего предприятия на выполнение мероприятий по истребованию долгов и выявлению фактов хищения электроэнергии (судебные, транспортные расходы др.).

3) потери, вызванные действиями диспетчерского персонала компании (оптового поставщика электроэнергии) и связаны с введением режима ограничения потребляемой мощности для энергоснабжающего предприятия.

4) потери, вызванные нарушением качества электроэнергии и законным отказом потребителя от полной оплаты некачественной электроэнергии или дополнительными затратами энергоснабжающей организации на ликвидацию последствий нарушения качества электроэнергии.

На основе анализа существующей организации учета электроэнергии и рассмотренной структуры технических и коммерческих потерь электроэнергии были сформулированы основные направления по мероприятиям по снижению потери электроэнергии в распределительных сетях. Исходя из особенностей получения эффекта, мероприятия по снижению потерь электроэнергии (МСП) могут быть разделены на четыре группы:

1) мероприятия по совершенствованию управления режимами электрических сетей;

2) мероприятия по автоматизации управления режимами электрических сетей;

3) мероприятия по реконструкции электрических сетей;

4) мероприятия по совершенствованию учета электроэнергии.

К мероприятиям по совершенствованию управления режимами электрических сетей относятся:

- реализация оптимальных режимов замкнутых электрических сетей 110 кВ и выше по реактивной мощности и напряжению;

- проведение переключений в рабочей схеме сети, обеспечивающих снижение потерь электроэнергии за счет перераспределения потоков между элементами;

- перевод неиспользуемых генераторов станций в режим СК при дефиците реактивной мощности в узле;

- осуществление регулирования напряжения в центрах питания радиальных сетей 6-110 кВ, обеспечивающего минимальные потери электроэнергии при допустимых отклонениях напряжения у потребителей электроэнергии;

- размыкание линий 6-35 кВ с двусторонним питанием в точках, обеспечивающих электроснабжение потребителей при минимальных суммарных потерях электроэнергии в сетях 6-35 кВ и выше;

- отключение в режимах малых нагрузок одного из трансформаторов на подстанциях с двумя и более трансформаторами;

- выравнивание нагрузок фаз в сетях 0,4 кВ.

Мероприятия по автоматизации управления режимами электрических сетей состоят в установке и вводе в работу:

- автоматических регуляторов напряжения трансформаторов с РПН;

- автоматических регуляторов реактивной мощности ее источников;

- средств телеизмерений.

К мероприятиям по реконструкции электрических сетей относятся:

- разукрупнение подстанций, ввод дополнительных ВЛ и трансформаторов для разгрузки перегруженных участков сетей, перемещение трансформаторов с одних подстанций на другие с целью нормализации их загрузки, ввод дополнительных коммутационных аппаратов и т.п.;

- ввод компенсирующих устройств (КУ) на подстанциях энергосистемы;

- ввод технических средств регулирования напряжения (трансформаторов с продольно-поперечным регулированием, вольтдобавочных трансформаторов, трансформаторов с РПН и т.д.).

К мероприятиям по совершенствованию учета электроэнергии относятся:

- обеспечение работы измерительных трансформаторов и электросчетчиков в допустимых условиях (отсутствие перегрузки вторичных цепей ТТ и ТН, обеспечение требуемых температурных условий, устранение вибраций оснований счетчиков и т.д.);

- замена измерительных трансформаторов на трансформаторы с улучшенными характеристиками с номинальными параметрами, соответствующими фактическим нагрузкам;

- замена существующих приборов учета на приборы с улучшенными характеристиками;

- установка приборов технического учета электроэнергии на радиальных линиях, отходящих от подстанций (головной учет);

- периодические проверки условий работы электросчетчиков расчетного учета у потребителей и выявления хищений электроэнергии.

Выводы

1. Величиной потерь мощности и энергии в электрических сетях можно управлять, воздействуя на конструктивные параметры элементов или их режим работы, базируясь на принципах:

- оптимального соотношения между стоимостью сети и потерями электроэнергии;

- на единообразии учета потерь мощности и энергии;

- системный подход к проблеме управления уровнем потерь энергии.

2. Факторами, оказывающими наибольшее влияние на уровень потерь электроэнергии, являю-

тся: величина отпускаемой электроэнергии в сеть, число трансформаторных подстанций, установленная мощность трансформаторов, протяженность и количество линий.

3. На основе анализа технических и коммерческих потерь, были сформулированы основные направления в распределительных электрических сетях, разработки мероприятия по снижению потери электроэнергии.

Литература

1. Г.Е. Поспелов, Н.М. Сыч «Потери мощности и энергии в электрических сетях» «Энергоатомиздат» - М: 1981г. -216с.
2. И.В. Шербина, Бойко, «Снижение технологического расхода энергии в распределительных электрических сетях энергосистем» «Техника» - Киев: 1981г. -104с.
3. Ю. С. Железко, А.В. Артемьев, О.В. Савченко «Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях» «Издательство НЦ ЭНАС» - М: 2003 г. -280с.

Рецензент: д.т.н., доцент Рырсадиев А.С.