УДК 621.3

МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ

Кохан О.С.

Научный руководитель - д.т.н., профессор Фурсанов М.И.

Несмотря на то, что понятие *«мероприятие по снижению потерь электроэнергии»* кажется ясным без особых разъяснений, необходимо все же конкретизировать, какие действия, направленные на снижение потерь, можно отнести к мероприятиям.

Приведем три обязательных условия, при которых действие, направленное на снижение потерь, можно считать мероприятием по их снижению.

Прежде всего, к мероприятиям по снижению потерь можно относить только мероприятия, снижающие потери в сети и в оборудовании, изначально функционирующих в нормальных технических условиях. Приведение условий в технически допустимые пределы не является мероприятием. Например, замена трансформаторов с неоправданно высокими номинальными токами на более низкие — это мероприятие (так, как и прежние трансформаторы работали в технически допустимых условиях), а устранение перегрузки их вторичных цепей — нет. Сказанное относится и к мероприятиям по снижению потерь, требующим иногда существенных затрат.

Вторым условием является отсутствие отрицательного влияния мероприятия на безопасность персонала, качество выполнения им своих обязанностей, надежность электроснабжения и качество поставляемой электроэнергии. Продолжительность работ по плановому ремонту оборудования должна определяться в соответствии с технически и экономически обоснованными нормативами; ускорение таких работ увеличивает риск несчастного случая и снижает качество ремонта. Ставить задачу сокращения продолжительности плановых ремонтов по сравнению с нормативами неразумно. Нормативную же продолжительность аварийных ремонтов вообще трудно установить в силу неодинаковости последствий различных аварий одного и того же типа. Учитывая неоднозначную оценку полезности сокращения продолжительности плановых ремонтов и неопределенность исходного показателя в случае аварийных ремонтов, сокращение продолжительности ремонтных работ не может считаться поощряемым мероприятием по снижению потерь электроэнергии.

Третьим условием является выполнение конкретной работы именно с целью снижения потерь. Действия, приводящие к сопутствующему снижению потерь, не являются мероприятием. Например, основной целью проведения ремонтов воздушных линий под напряжением является не снижение потерь, а сохранение во время ремонта возможности передачи требуемых объемов электроэнергии без ограничений и без снижения надежности электроснабжения, поэтому рассматривать эти работы как мероприятия нельзя. Кроме того, проведение ремонтов воздушных линий под напряжением не снижает потери по сравнению с их фактическим значением, а только обеспечивает их неувеличение [1].

Кроме условий, при которых действие, направленное на снижение потерь, можно считать мероприятием по снижению потерь, необходимо отметить и условия, при которых их можно включать в нормативный документ, устанавливающий отчетность об их проведении. Условием же включения мероприятия в перечень отчетных является, во-первых, наличие способа четкой количественной оценки его воздействия на потери, а во-вторых, хоть какая-то предварительная оценка его весомости. Эффективность мероприятий может оцениваться только в виде экономии киловатт-часов. Если способ количественной оценки отсутствует, такое мероприятие не должно содержаться в нормативном документе, устанавливающем отчетность об их проведении.

Собственно, же мероприятиями по снижению потерь являются практические действия, приводящие к реальному снижению потерь.

Исходя из особенностей получения эффекта, мероприятия могут быть разделены на следующие четыре группы [3]:

• мероприятия по улучшению режимов работы электрических сетей;

• мероприятия по реконструкции электрических сетей, осуществляемые с целью снижения потерь;

• мероприятия по совершенствованию системы учета электроэнергии;

• мероприятия по снижению хищений электроэнергии.

К мероприятиям по улучшению режимов электрических сетей относятся [3]:

• реализация оптимальных режимов замкнутых электрических сетей 110 кВ и выше по напряжению и реактивной мощности.

Определение параметров оптимальных режимов и оценку эффективн6ости (влияния на потери) перехода от существующих к оптимальным режимам осуществляют на основе расчета режимов по специальным оптимизационным программам. Оценку снижения потерь электроэнергии наиболее правильно проводить, рассчитывая оптимальные режимы на всех ступенях графика нагрузки в двух режимах: максимальной $\delta P_{макс}$ и минимальной $\delta P_{мин}$ нагрузок. Снижение потерь электроэнергии за расчетный период T, ч, определяют по формуле [1]:

$$\delta W=(\delta P_{макс}\, t_{макс} + \delta P_{мин}\, t_{мин}), \qquad (1)$$

где $t_{макс}$, $t_{мин}$ – относительные продолжительности максимальной и минимальной нагрузок.

• установка и ввод в работу автоматических регуляторов напряжения на трансформаторах с РПН и автоматических регуляторов реактивной мощности на ее источниках;

• установка на подстанциях средств ТИ параметров режима сети и средств АСКУЭ (эффект от установки средств телеизмерений параметров режима и средств АСКУЭ определяется дополнительным снижением потерь за счет использования более точной информации при оптимизации режимов электрических сетей и принятия других решений, обусловленных уточнением расчетных значений технических потерь);

• перевод неиспользуемых генераторов электростанций в режим СК при дефиците реактивной мощности в узлах сети (при использовании генераторов в качестве синхронного компенсатора ими потребляется из сети небольшая активная мощность, а генерируется реактивная мощность, снижающая потери активной мощности в сети) [2];

• проведение переключений в схеме сети, обеспечивающих снижение потерь электроэнергии за счет перераспределения ее потоков по линиям, в том числе за счет оптимизации мест размыкания контуров различных номинальных напряжений [2];

• осуществление РН в центрах питания радиальных сетей 6—110 кВ, обеспечивающего минимальные потери электроэнергии в сети при допустимых отклонениях напряжения у потребителей электроэнергии;

• размыкание линий 6—35 кВ с двухсторонним питанием в точках, обеспечивающих электроснабжение потребителей при минимальных суммарных потерях электроэнергии в сетях 6—35 кВ и выше и сохранении необходимой надежности электроснабжения;

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

• выравнивание нагрузок фаз в сетях 0,4 кВ.

К мероприятиям по реконструкции электрических сетей относятся [1]:

• разукрупнение подстанций, ввод дополнительных ВЛ и трансформаторов для разгрузки перегруженных (по экономическим, а не техническим условиям!) участков сетей,

замена малозагруженных трансформаторов на подстанциях (в том числе и их перемещение на другие подстанции), ввод дополнительных коммутационных аппаратов, обеспечивающих возможность переключения участков сетей на питание от других подстанций, и т. п.;

- ввод КУ на подстанциях сетевой организации;
- ввод технических средств регулирования потоков мощности по линиям (трансформаторов с продольно-поперечным регулированием и вольтодобавочных трансформаторов).

Замену трансформаторов с ПБВ, переключение ответвлений которых возможно только при отключении трансформатора от сети, «а трансформаторы с РПН, переключение ответвлений которых возможно и под нагрузкой, проводят, как правило, не для снижения потерь, а для обеспечения требуемого качества электроэнергии. Это обычно приводит и к сопутствующему снижению потерь электроэнергии. Если качество электроэнергии обеспечивалось и трансформатором с ПБВ, а установка трансформатора с РПН осуществляется только с целью снижения потерь, то такую установку можно считать МСП. Затраты на такую работу могут окупиться за счет снижения потерь, если речь идет о трансформаторе связи сетей различных напряжений в замкнутой сети или трансформаторе в центре питания радиальной сети 35-110 кВ, но вряд ли, если это тупиковый трансформатор 35-110/10 кВ.

К мероприятиям по совершенствованию системы учета электроэнергии относятся [1]:

- замена измерительных трансформаторов на трансформаторы с повышенными классами точности и номинальными параметрами, соответствующими фактическим нагрузкам;
- замена существующих приборов учета электроэнергии на новые приборы с улучшенными характеристиками;
- установка приборов технического учета электроэнергии на радиальных линиях, отходящих от подстанций (головной учет).

К мероприятиям по снижению хищений электроэнергии (установка приборов технического учета электроэнергии на головных участках радиальных линий любого напряжения позволяет увеличить точность расчета технических потерь электроэнергии, фактических небалансов электроэнергии, а также локализировать очаги коммерческих потерь) относятся:

- периодические проверки условий работы электросчетчиков расчетного учета у потребителей и выявление хищений электроэнергии;
- замена на ВЛ 0,4 кВ обычных «голых» алюминиевых проводов изолированными проводами, затрудняющими несанкционированное подключение к линии.

Рассмотрим такую меру, как оптимизация мест размыкания контуров сетей 110 кВ и выше с несколькими номинальными напряжениями. Экономически распределение мощности в замкнутых сетях является пропорциональным активным сопротивлениям ветвей замкнутого контура. Естественное распределение мощности в замкнутых сетях пропорционально полным сопротивлениям $R+jX$ веток замкнутого контура. С учетом того, что в сетях выше 110 кВ $X >> R$, то распределение пропорционально полным сопротивлениям в большей мере соответствует минимуму потерь реактивной мощности. Оба условия, т.е. минимумы потерь активной и реактивной мощностей, совпадают лишь в однородных сетях. В наибольшей мере неоднородность выражена в сетях с несколькими уровнями номинальных напряжений. Размыкание сети стоит делать в точке потокораспределения экономического распределения мощности. При получении двух точек потокораспределения, стоит сравнить потери при размыкании в каждой из них и выбрать лучшую.

Оптимальные точки размыкания могут быть разнообразными для режимов наибольших и наименьших нагрузок. Если отсутствует возможность оперативного изменения точек размыкания течение суток, то выбирают точку, обеспечивающей минимум потерь электроэнергии за сутки:

$$\delta W = (\delta P_1\, t_1 + \delta P_2\, t_2), \qquad (2)$$

где t_1 и t_2 определяют по суммарному графику нагрузки сети.

Рассмотрим такую меру, как оптимизация мест размыкания сетей 6-35 кВ с двусторонним питанием. По физической сути влияние на потери аналогичен рассмотренному выше. Отличие в том, сети напряжением 6-35 к, как правило, работают разомкнуто. Поэтому рассматривать нужно вопрос не о размыкания контура, а о поиске лучшего места размыкания. Обычно в распределительных сетях есть точки сечения для различных после аварийных режимов сети.

Далее рассмотрим такое мероприятие по снижению потерь электроэнергии как «выравнивание нагрузок фаз в сетях 0,4 кВ» [1]. Особенностью сетей 0,4 кВ является неодинаковость нагрузок фаз. Большинство нагрузок в таких сетях однофазные, подключенные между фазным и нулевым проводами на напряжение 0,23 кВ. Несмотря на то, что их стараются присоединить к трехфазной сети равномерно между фазами, это не всегда удается. Их включение и отключение происходит независимо друг от друга, поэтому даже при их равномерном распределении между фазами нагрузки неодинаковы или другими словами «несимметричны». Различают вероятностную несимметрию, имеющую перемежающийся характер с большей нагрузкой то одной, то другой фазы, и систематическую несимметрию, при которой неодинаковы средние значения нагрузок. Первый вид несимметрии может быть устранен лишь специальными устройствами с тиристорным управлением, автоматически переключающими часть нагрузок с перегруженной на недогруженную фазу. Второй вид несимметрии может быть снижен путем перераспределения нагрузок между фазами. Снижение потерь электроэнергии за счет проведения этого мероприятия определяют по формуле (3):

$$\delta W = \Delta W_{н1}(1 - k_{нн2} / k_{нн1}), \qquad (3)$$

где $k_{нн2}$, $k_{нн1}$ – коэффициенты неодинаковости нагрузок до и после их симметрирования; $\Delta W_{н1}$ – потери электроэнергии в сети в исходном режиме.

В заключении отметим следующее: для достижения значительного снижения потерь электроэнергии необходимо внедрять эффективные технические мероприятия, требующие значительных материальных средств. Одними организационными мероприятиями, даже при очень грамотном их использовании потери электроэнергии не снизить до желаемой величины.

Литература

1. Ю.С. Железко. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии.
2. Г.Е. Поспелов, В.Т. Федин, П.В. Лычев. Электрические системы и цепи.
3. М.И. Фурсанов. Методология и практика расчетов потерь электроэнергии в электрических сетях энергосистем.