

В.С. ГРИГОРИЧЕВ, студент гр. ЭЭб-152 (КузГТУ)
Научный руководитель **Р.В. БЕЛЯЕВСКИЙ**, к.т.н., доцент (КузГТУ)
г. Кемерово

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Потери электроэнергии в сетях являются одним из показателей, которые наиболее объективно отражают экономичность работы электросетей. В частности, уровень потерь электроэнергии косвенно указывает на состояние системы учета, на наличие или отсутствие проблем, связанных с техническим состоянием электросети.

Потери электроэнергии в сетях определяются тремя основными факторами:

- за счёт погрешности измерений фактически отпущенной в сеть энергии и полезно отпущенной электроэнергии для потребителей;
- за счёт занижения полезного отпуска в результате технических потерь;
- за счёт неучтённых подключений потребителей (в частности, хищений электроэнергии).

Высокие потери электроэнергии в сетях, как правило, говорят либо о каких-либо накапливающихся проблемах сетей электропередачи, либо о неэффективной работе оборудования (к примеру, исчерпывающего свой ресурс). По сути, любые потери электроэнергии в сетях, выходящие за рамки некой минимальной планки — это сигнал для специалиста, означающий, что требуется реконструировать или же технически переоснащать имеющийся комплекс.

Если уровень потерь электроэнергии слишком высок, это говорит об очевидных проблемах, связанных со следующими вопросами:

- медленное развитие электросети;
- устаревшее техническое оборудование;
- несовершенство методов управления сетью;
- несовершенство методов учета электроэнергии.

Международная практика показывает, что при распределении электроэнергии от источников до конечных потребителей потери при нормальном уровне работы оборудования и удовлетворительном состоянии всех элементов обычно составляют 3-5 процентов. При потерях электроэнергии в сетях до 10 процентов, как правило, срочных специальных мер не предпринимается: такой уровень считается максимально допустимым с точки зрения физики передачи. Однако в нашей стране зачастую даже простые экономические подсчёты показывают, что внедрение новых

систем позволяют существенно снизить потери и избежать дополнительных расходов: внедрение таких решений просто необходимо во множестве ситуаций. Повсеместно можно встретить устаревшее оборудование, устройства, работающие на пределе своего ресурса, а также узлы, просто не соответствующие системе по передаваемой мощности. Результат — высокие экономические потери и повышение вероятности различных аварийных ситуаций, которых можно избежать только своевременной модернизацией имеющихся комплексов.

Расчет потерь электроэнергии в сетях необходим по нескольким основным причинам:

- оценка эффективности работы электросети;
- обоснование потерь электроэнергии.

Существует несколько методик расчета потерь электроэнергии за определенный период (количество часов, дней). Выбор метода расчета должен выполняться исходя из количества имеющейся информации о нагрузке, схемах сетей:

1. Метод оперативных расчетов;
2. Метод расчетных суток;
3. Метод средних нагрузок;
4. Метод учета числа часов наибольших потерь мощности;
5. Метод оценки потерь по общей информации о нагрузках и схемах сети.

Метод оперативных расчетов является самым точным. Он состоит в расчете потерь электроэнергии по формуле:

$$\Delta W = 3 \cdot \sum_{i=1}^n R_i \cdot \sum_{i=1}^m I_{ij}^2 \cdot \Delta t_{ij}, \quad (1)$$

где n – число элементов сети; Δt_{ij} – интервал времени, в течение которого токовую нагрузку I_{ij} i -го элемента сети с сопротивлением R_i принимают неизменной; m – число интервалов времени.

Токковые нагрузки элементов сети определяют на основе данных диспетчерских ведомостей, оперативных измерительных комплексов (ОИК) и автоматизированных систем учета и контроля электроэнергии (АСКУЭ).

В методе расчетных суток потери вычисляются по формуле:

$$\Delta W_{hj} = k_l \cdot k_{f.m}^2 \cdot \Delta W_{syt.} \cdot D_{ekvj}, \quad (2)$$

где $\Delta W_{syt.}$ – потери электроэнергии за сутки расчетного месяца со среднесуточным отпуском электроэнергии в сеть $W_{cp.syt}$ и конфигурацией графика

ков нагрузки в узлах, соответствующей контрольным замерам; k_1 – коэффициент, учитывающий влияние потерь в арматуре воздушных линий и принимаемый равным 1,02 для линий напряжением 110 кВ и выше и равным 1,0 для линий более низких напряжений; $k_{f.m}^2$ – коэффициент формы графика суточных отпусков электроэнергии в сеть (график с числом значений, равным числу дней в месяце контрольных замеров); D_{ekvj} – эквивалентное число дней в j -м расчетном интервале, определяемое по формуле:

$$D_{ekvj} = \sum_{j=1}^{N_j} W_{mj}^2 \cdot D_{mj} \cdot W_{m.p}^2, \quad (3)$$

где W_{mj} – отпуск электроэнергии в сеть в i -м месяце с числом дней D_{mi} ; $W_{m.p}$ – то же, в расчетном месяце; N_j – число месяцев в j -м расчетном интервале.

При расчете потерь электроэнергии за месяц $D_{ekvj} = D_{mi}$.

Коэффициент $k_{f.m}^2$ определяют по формуле:

$$k_{f.m}^2 = \frac{D}{\sum_{j=1}^m W_i^2} \left(W_{sr..syt}^2 \cdot D_m \right), \quad (4)$$

где W_i – отпуск электроэнергии в сеть за i -й день месяца; D_m – число дней в месяце.

Метод средних нагрузок является самым распространенным. Потери электроэнергии вычисляются по формуле:

$$\Delta W_{hj} = k_l \cdot k_k \cdot \Delta P_{sr} \cdot T_j \cdot k_f^2, \quad (5)$$

где ΔP_{sr} – потери мощности в сети при средних нагрузках узлов за расчетный интервал; k_f^2 – коэффициент формы графика суммарной нагрузки сети за расчетный интервал; k_k – коэффициент, учитывающий различие конфигураций графиков активной и реактивной нагрузки различных ветвей сети; T_j – продолжительность j -го расчетного интервала.

Коэффициент k_k в формуле принимают равным 0,99.

Коэффициент формы графика суммарной нагрузки сети за расчетный интервал определяют по формуле:

$$k_f^2 = \frac{m}{\sum_{i=1}^m P_i^2 \cdot \Delta t_i} \left(P_{sr}^2 \cdot T \right), \quad (6)$$

где P_i – значение нагрузки на i -й ступени графика продолжительностью Δt_i , час; m – число ступеней графика на расчетном интервале; P_{sr} – средняя нагрузка сети за расчетный интервал.

Среднюю нагрузку i -го узла определяют по формуле:

$$P_{sri} = \frac{W_i}{T}, \quad (7)$$

где W_i – энергия, потребленная (генерированная) в i -м узле за время T .

Метод числа часов наибольших потерь мощности состоит в расчете потерь электроэнергии по формуле:

$$\Delta W_{hj} = k_l \cdot k_k \cdot \Delta P_{\max} \cdot T_j \cdot \tau_0, \quad (8)$$

где ΔP_{\max} – потери мощности в режиме наибольшей нагрузки сети; τ_0 – относительное число часов наибольших потерь мощности, определенное по графику суммарной нагрузки сети за расчетный интервал.

Коэффициент k_k принимают равным 1,03.

Относительное число часов наибольших потерь мощности определяют по формуле:

$$\tau_0 = \sum_{i=1}^m P_i^2 \cdot \Delta t_i / (P_{\max}^2 \cdot T_j), \quad (9)$$

где P_{\max} – наибольшее значение из m значений P_i в расчетном интервале.

Метод оценки потерь по обобщенной информации о схемах и нагрузках сети состоит в расчете потерь электроэнергии на основе зависимостей потерь от суммарной длины и количества линий, суммарной мощности и количества оборудования, полученных на основе технических параметров линий и оборудования или статистических данных. Этот метод применяют при оценке эффективности мероприятий по снижению потерь. Потери электроэнергии должны рассчитываться для характерных рабочих и ремонтных схем. В расчетную схему должны быть включены все элементы сети, потери в которых зависят от ее режима (линии, трансформаторы, токоограничивающие реакторы и т.п.).

Таким образом, самым точным методом является метод оперативных расчетов, методы представлены в порядке уменьшения точности результата, получаемого в результате расчета.

Расчет потерь электроэнергии в случаях 1-4 должен выполняться на основе данных о схеме сети, о нагрузках ее элементов (определяются путем измерений или при помощи соответствующих расчетов). Если используются методы со второго по четвертый, расчет потерь электроэнергии может выполняться каждый месяц (однако должны учитываться изменения

в схеме сети). Если схема сети может быть принята в качестве неизменной, расчет может выполняться за период в несколько месяцев. При составлении отчетности за некоторый период потери, определенные по итогам каждого из месяцев, входящих в него, суммируются.

Если необходимо обеспечить максимальную точность результата расчетов, следует использовать поэлементный расчет потерь электроэнергии с использованием режимных параметров сети и ее схемы.

Список литературы:

1. Потери мощности и энергии в электрических сетях / под ред. Г.Е. Поспелова. – М.: Энергоиздат, 1981. – 216 с.
2. Воротницкий, В.Э. Расчет, нормирование и снижение потерь электроэнергии в электрических сетях: Учебно-методическое пособие / В.Э. Воротницкий, М.А. Калинкина. – М.: ИПК госслужбы, 2000. – 63 с.
3. Железко, Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов / Ю.С. Железко. – М.: ЭНАС, 2009. – 456 с.