

ПОТЕРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОПИТАЮЩИХ СИСТЕМАХ

Погрецкий Дмитрий Владимирович

студент Красноярский институт железнодорожного транспорта Филиал Иркутского государственного университета путей сообщения", РФ, г. Красноярск

Колмаков Виталий Олегович

председатель первичной профсоюзной организации канд. тех. наук, доцент Красноярский институт железнодорожного транспорта Филиал Иркутского государственного университета путей сообщения", РФ, г. Красноярск

Аннотация. В основном, потери электрической энергии в электропитающих системах связаны с показателями гармоник элементов электрической энергии и провалы напряжений, которые оказывают электропотребители промышленных предприятий и городского электрохозяйства. Если рассматривать совместимое значение потерь электрической энергии, то оно достигает около 35%, что прямо влияет на снижение эффективности технологического и электромагнитного характера, а, следовательно, данный факт уменьшает срок службы электрооборудования и нарушает нормированное протекание технологических процессов к потребителям.

Для начала хотелось бы отметить, что передача электроэнергии на большие расстояния от производителя до потребителя чаще всего приводит к потерям части энергии. К ряду таких причин относят: напряжение, потребляемое обычными потребителями (оно составляет 220 или 380 В); потери по линии электропередачи, в силовых трансформаторах, за счет вихревых токов, а также из-за плохой изоляции проводников. Также если рассматривать транспортировку напряжения от генераторов электростанций напрямую для обычных потребителей, то для этого необходимо проложить электросети с большим диаметром провода. Но их невозможно будет подвесить на линиях электропередач, из-за большого веса, а прокладка в земле обойдется весьма дорого.

Технологические затраты электроэнергии при ее транспортировке по электрическим сетям в основном обусловлены физическими процессами, возникающими при передаче электроэнергии по электрическим сетям. При этом превышение норм технологического расхода говорит о возникновении неисправностей в работе. По способу определения проблемы потери электроэнергии подразделяются на отчетные, технические и фактические. Далее мы рассмотрим их по порядку.

Сперва стоит отметить, что отчетные потери определяются методом вычисления по счетчикам как разность числа электроэнергии, отпущенной в сеть и переданной из сети за прошедший период времени. Они представляют собой замыкающую часть равенства электроэнергии в энергосистеме.

Технические потери электроэнергии определяются путем расчета на основе законов электротехники. Данные потери могут быть рассчитаны как за отведенный промежуток времени, так и на любой плановый период при наличии ожидаемых режимных данных сети.

Фактические потери определяют, как разность электроэнергии, поступившей в сеть и отпущенной из сети потребителям. Их можно разделить на четыре составляющие:

- технологические издержки электроэнергии, зависящие от физических процессов в проводах и электрооборудовании, возникающие при передаче электроэнергии по электрическим сетям. Включая расход электроэнергии на собственные нужды подстанций;
- расход электроэнергии на собственные нужды подстанций, необходимые для обеспечения работы оборудования подстанций и жизнедеятельности обслуживающего персонала. Этот расход измеряется счетчиками, установленными на трансформаторах собственных нужд подстанций;
- затраты электроэнергии, обусловленные ошибками системы расчета, в основном, они представляют собой недоучет электроэнергии, основанный на технических характеристиках и режимах работы приборов учета электроэнергии на данном объекте;
- коммерческие потери, обусловленные несанкционированным отбором мощности электроэнергии, несоответствием оплаты за электроэнергию бытовыми потребителями показаниям счетчиков и другими основаниями в сфере организации контроля за использованием энергии.

В свою очередь, существуют нагрузочные издержки, которые имеются в:

- в проводах линий передачи;
- силовых трансформаторах и автотрансформаторах;
- трансформаторах тока;
- соединительных проводах и шинах распределительных устройств подстанций.

При передаче электричества от генераторов тяговой подстанции к потребителям неизбежным являются потери мощности и энергии в проводниках воздушных и кабельных линий, а также в обмотках трансформаторов, установленных на подстанциях (13-20% от всей энергии, вырабатываемой электростанциями).

Следовательно, для восстановления утрат мощности и энергии в электрических сетях, на станциях наращивается нагрузка генераторов, что ведет к увеличению расходов и дополнительным использованием топлива, а, следовательно, к возрастанию себестоимости электроэнергии. В начале рассмотрим потери мощности в линии.

Потери мощности в линии. Издержки активной мощности в линиях трехфазной электрической сети по закону Джоуля-Ленца определяют по формуле:

$$\Delta P_{\text{л}} = 3 * I_{\text{расч}}^2 * R_{\text{л}} * 10^{-3}$$

где $I_{\text{расч}}$ – расчетный ток предоставленного участка линии, А; $R_{\text{л}}$ – активное сопротивление линии, Ом.

Соответственно потери (квар)

$$\Delta Q_{\text{л}} = 3 * I_{\text{расч}}^2 * X_{\text{л}} * 10^{-3}$$

Издержки мощности в трехфазных трансформаторах. Потери активной мощности в трансформаторах состоит из утрат, не зависящих и зависящих от нагрузки. Потери в стали

$\Delta P_{\text{тр}}$ от нагрузки не зависят, а зависят только от мощности трансформатора и значения приложенного к первичной обмотке напряжения. Потери в обмотках $\Delta P_{\text{об}}$ зависят от

нагрузки тягового трансформатора

$$\Delta P_{\text{тр}} = \Delta P_{\text{ст}} + \Delta P_{\text{об}} * \beta_2$$

где $\Delta P_{\text{ст}}$ – потери активной мощности в стали трансформатора при номинальном

напряжении, кВт; $\Delta P_{\text{об}}$ – потери в обмотках при номинальной нагрузке трансформатора,

$$\beta = \frac{S}{S_{\text{ном}}}$$

кВт; $S_{\text{ном}}$ – коэффициент загрузки трансформатора, представляющий собой отношение фактической нагрузки трансформатора к его номинальной мощности.

Потери реактивной мощности также разделяют на: не зависящие и зависящие от нагрузки. К первым относятся потери, связанные с намагничиванием. Ко вторым относятся потери, обусловленные потоками разброса в трансформаторе, которые определяются в зависимости от нагрузки.

$$\Delta Q_{\text{тр}} = \Delta Q_{\text{ст}} + \Delta Q_{\text{расч}} * \beta_2$$

где $\Delta Q_{\text{ст}}$ – потери реактивной мощности на намагничивание, $\Delta Q_{\text{расч}}$ – потери реактивной мощности распределения в трансформаторе при номинальной нагрузке.

Отметим, что токовая нагрузка в электрической сети меняется в течение суток за весь год, в зависимости от изменения режима работы потребителей. Вместе с изменением нагрузки меняются и потери электроэнергии. Поэтому потери энергии нельзя рассчитать умножением потерь мощности при какой-нибудь определенной нагрузке на число часов работы линии.

Поэтому для определения утечки электроэнергии применяют метод, основанный на понятиях времени использования потерь и времени использования при максимальной токовой нагрузке.

Время максимальных потерь – t , есть условное число часов, в течение которых максимальный ток, создает потери энергии, равные действительным потерям энергии за год.

Временем использования максимальной нагрузки T_{max} называют условное число часов, в течение которых линия, работая с максимальной нагрузкой, то есть могла бы передать потребителю за год столько энергии, сколько при работе по действительному расчетному графику.

$$T_{\text{max}} = \frac{W}{P_{\text{max}}}$$

На основании приведенной статистики определено среднее число часов использования

максимальной нагрузки T_{max} для отдельных групп потребителей: для внутреннего освещения – 1600-3000 ч; наружного освещения – 1500-4000 ч; промышленные предприятия односменного режима работы – 3000-3500 ч, двухсменного – 3000-4300 ч, трехсменного – 4000-7000 ч.

На практике величину времени максимальных потерь t определяют по кривым зависимости этого времени от продолжительности использования максимума нагрузки T_{max} и

коэффициента мощности.

Потери энергии в линиях. Эти потери определяют по формулам:

$$\Delta W_{ал} = 3 * I_2 * R_{л} * t * 10^{-3}$$

$$\Delta W_{рл} = 3 * I_2 * X_{л} * t * 10^{-3}$$

Потери энергии в трансформаторах. Эти потери складываются из убытков энергии в стали и обмотках. Величина потери энергии в стали, определяется как произведение мощности

$\Delta P_{ст}$, не зависимой от нагрузки, на время работы трансформатора:

$$\Delta W_{ст} = \Delta P_{ст} * t$$

Величина потери энергии в обмотках, определяются как произведение потерь мощности, зависящих от нагрузки, на время максимальных потерь:

$$\Delta W_{об} = \Delta P_{об} * t * \beta_2$$

Далее рассмотрим коммерческие данные затраты в плане потерь. Под данными затратами подразумевается сальдо между фактическими и техническими потерями. В идеале, такая разница должна стремиться к нулю, но на практике это не так. В первую очередь это связано с особенностями приборов учета использованной электроэнергии, установленных у потребителей. Речь идет о погрешности, то есть отклонение измеренной величины от её истинного значения.

К данной составляющей также относятся ошибки в счетах, выставленных потребителю и хищения посторонними потребителями. В первом случае подобная ситуация может возникнуть по следующим причинам:

- в договоре на поставку электроэнергии указана неполная или некорректная информация о потребителе;
- неправильно указанный тариф;
- отсутствие контроля за данными приборов учета;
- ошибки, связанные с ранее измененными счетами и т.д.

Так же основным фактором потери электроэнергии является хищение посторонними лицами. Эта проблема имеет место во всех странах. Как правило, такими противозаконными действиями занимаются недобросовестные бытовые потребители. Заметим, что иногда возникают инциденты и с предприятиями, но такие случаи довольно редки, поэтому не являются определяющими. Известно, что самый наибольший пик хищений приходится на холодное время года, в тех регионах, где имеются проблемы с теплоснабжением.

В основном различают три способа хищения (изменений показаний прибора учета):

1. **Механический.** Подразумевается прямое вмешательство в работу прибора. Это может притормаживать вращение диска путем прямого механического воздействия, изменение положения электросчетчика, путем его наклона на 50°. Иногда применяется более грубый способ, а именно, срываются пломбы, и производят разбалансирование механизма. Но опытный специалист моментально обнаружит такое изменение в работе.
2. **Электрический.** Это может быть, как незаконное подключение к воздушной линии, метод

инвестирования фазы тока нагрузки, а также использование специальных приборов для его полной или частичной компенсации. Кроме того, есть варианты с шунтированием токовой цепи приборов или переключение фазы и нуля.

3. Магнитный. При данном способе к корпусу учета потребленной электроэнергии подносится неоднородный магнит, что приводит к изменению данных.