

УДК 620.93

СТРУКТУРА РАСХОДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВАНИИ

Гурков В.В.

Научный руководитель – к.т.н., доц. Петруша Ю.С.

Рассмотрим структуру расходов (потерь) при передаче электрической энергии и покажем от чего зависит каждая составляющая и ответим на вопрос можно ли точно определить потери электроэнергии при ее передаче.

На рисунке 1 отражена примерная структура потерь электроэнергии при ее транспорте.

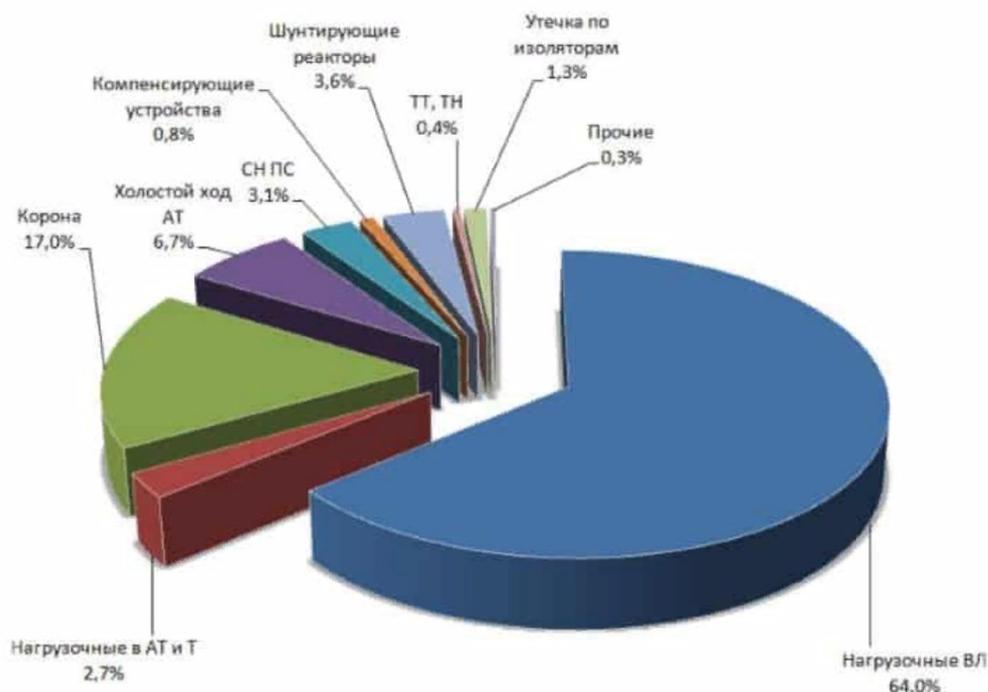


Рисунок 1. Структура потерь электроэнергии при ее транспорте.

1 Нагрузочные потери в воздушных линиях электропередач определяются:

$$\Delta W_{нагр} = \frac{R_{л}}{U^2} \int_0^T S(t)^2 \cdot dt, \quad 1)$$

где $S(t)$ – протекающая по воздушной линии мощность в момент времени t ;
 $R_{л}$ – активное сопротивление линии;
 U – напряжение.

Величина потерь зависит от передаваемой мощности, конструктивных особенностей линии и уровня напряжения.

Нам нужно знать, как изменяется мощность во времени $S(t)$, в общем случае закон изменения не поддается математическому описанию, поэтому для учета применяют различные математические методы позволяющие упростить определения значения интеграла. [2]

К примеру, возьмем метод графического интегрирования:

У нас есть график нагрузки, весь промежуток времени делится на n равных частей длительностью Δt каждому промежутку соответствует свое значения $S_i(t)$. В итоге получим конечную формулу:

$$\Delta W_{нагр} = \frac{R_{л}}{U^2} \sum_{i=1}^n S_i(t)^2 \cdot \Delta t, \quad 2)$$

где $S_i(t)$ – протекающая по воздушной линии мощность, соответствующая i промежутку;

Δt – длительность i промежутка.

$R_{л}$ – активное сопротивление линии;

U – напряжения.

Этот метод обладает высокой точностью, при расчете потерь по суточным графикам нагрузки, но оценка потерь за большой промежуток по характерным суточным графикам не обеспечивает нужной точности, так как режимные параметры характерных суток не являются неизменными на протяжении всего периода. [1]

2 Нагрузочные потери в автотрансформаторах и трансформаторах:

Рассмотрим потери в трансформаторах на основании метода времени максимальных потерь.

Метод времени максимальных потерь – то есть потери электроэнергии в сопротивлении R определяются по потерям мощности $\Delta P_{нб}$, найденным для наибольшей нагрузки, для двухобмоточного трансформатора:

$$\Delta W_{нагр} = \Delta P_{нб} \cdot \tau = \frac{R_m}{U^2} \cdot S_{нб}^2 \cdot \tau, \quad 3)$$

где τ – время максимальных потерь, условное время в течении которого в обмотке трансформатора работающего с наибольшей нагрузкой, выделялись бы такие же потери электроэнергии, как и при работе по действительному графику нагрузки в течении года;

$\Delta P_{нб}$ – потери мощности, найденные для наибольшей нагрузки

R_t – активное сопротивление трансформатора;

U – напряжения.

Для трехобмоточного и автотрансформатора :

$$\Delta W_{нагр} = \Delta P_{нб1} \cdot \tau_1 + \Delta P_{нб2} \cdot \tau_2 + \Delta P_{нб3} \cdot \tau_3 = \frac{R_{m1}}{U^2} \cdot S_{нб1}^2 \cdot \tau_1 + \frac{R_{m2}}{U^2} \cdot S_{нб2}^2 \cdot \tau_2 + \frac{R_{m3}}{U^2} \cdot S_{нб3}^2 \cdot \tau_3, \quad 4)$$

где τ_1, τ_2, τ_3 – время максимальных потерь обмоток высшего, среднего и низшего напряжения;

$\Delta P_{нб1}, \Delta P_{нб2}, \Delta P_{нб3}$ – потери мощности в обмотках низшего, среднего и высшего напряжения, найденные для наибольшей нагрузки

R_{m1}, R_{m2}, R_{m3} – активное сопротивление обмоток высшего, среднего и низшего напряжения трансформатора;

U – напряжения.

Нагрузочные потери в трансформаторе зависят от полной нагрузки $S_{нб}$, уровней напряжения и конструктивных особенностей трансформатора) [1]

3 Потери на корону

Потери на корону возникают на проводах ЛЭП по причине большой напряженности электрического поля на их поверхности. Величина напряженности определяется рабочим напряжением, конструкцией фазы ЛЭП (расщепление) и влиянием внешних образований (капли дождя, иголки изморози и т.п.) на геометрию провода.

Удельные потери мощности на корону, $кВт \cdot ч / км$.

$$\begin{aligned} \Delta P_{кор} &= \Delta P_{у.к} \cdot 8760, \\ \Delta P_{у.к} &= g_0 \cdot U^2, \end{aligned} \quad 5)$$

где $\Delta P_{у.к}$ – удельные среднегодовые потери мощности на корону, полученные на основе статистических исследований типовых линий в конкретном регионе;

g_0 – удельная активная проводимость линий;

U – номинальное напряжение линии.[1]

4 Потери от токов утечки по изоляторам воздушных ЛЭП зависят от степени загрязненности атмосферы (СЗА) и от минимальной длины пути тока утечки по изоляторам, которая нормируется в зависимости от СЗА.

Удельные потери электрической энергии от токов утечки по изоляторам, $кВт \cdot ч / км$:

$$\Delta W = \frac{U_{ном}^2 \cdot T_{вл} \cdot N_{гир} \cdot 10^{-3}}{3 \cdot R_{из} \cdot N_{из}}, \quad 6)$$

где $R_{из} = 1345 - 215(N_{за} - 1)$,

$U_{ном}$ – номинальное напряжение, кВ,

$T_{вл}$ – продолжительность влажной погоды, ч,

$N_{гир}$ – число гирлянд изоляторов,

$N_{из}$ – число изоляторов в гирлянде,

$N_{за}$ – уровень СЗА.

5 Потери в компенсирующих устройствах (КУ).

5.1 Батареи статических конденсаторов (БСК):

$$\Delta W_{БСК} = \Delta P_{у.бск} \cdot Q_{БСК} \cdot T_{БСК}, \quad 7)$$

где $Q_{БСК}$ – мощность БСК, кВар,

$\Delta P_{у.бск}$ – удельные потери активной мощности, кВт;

$T_{БСК}$ – время работы батареи конденсаторов за расчетных период, ч.

5.2 Шунтирующий реактор.

Потери в шунтирующем реакторе:

$$\Delta W_{ШР} = \Delta P_{у.ШР} \cdot Q_{ШР} \cdot T_{ШР}, \quad 8)$$

где $Q_{ШР}$ – мощность ШР, кВар,

$\Delta P_{у.ШР}$ – удельные потери активной мощности, кВт;

$T_{ШР}$ – время работы шунтирующего реактора за расчетных период, ч.[1]

5.3 Синхронный компенсатор(СК) – синхронный двигатель без нагрузки на валу двигателя (работает на хх).

$$\Delta W_{СК} = \Delta P_{СК} \cdot T_{СК}, \quad 9)$$

$$\Delta P_{СК} = k_n \cdot k_{ск} \cdot Q_{ном} + (1 - k_n) k_{ск} Q_{ном} \left(\frac{Q_{нб}}{Q_{ном}} \right)^2, \quad 10)$$

где $Q_{БСК}$ – мощность СК, квар,

k_n -коэффициент учитывающий долю потерь не зависящих от нагрузки;

$k_{ск}$ - коэффициент удельных потерь мощности при номинальной мощности СК ;

$Q_{нб}$, $Q_{ном}$ - наибольшая и номинальная мощность СК.

$T_{СК}$ – время работы СК за расчетных период, ч.

Потери в КУ зависят от конструктивных параметров и напряжения.

6 Потери холостого хода в автотрансформаторах.

$$\Delta W_{ХХ} = \Delta P_{Х} \cdot 8760, \quad 11)$$

где $\Delta P_{Х}$ – потери активной мощности ХХ,кВт. [1]

Потери холостого хода зависят от напряжения и конструктивных особенностей трансформатора.

Заключение

Нагрузочные потери как в линиях так и в трансформаторах зависят от :

1 конструктивных особенностей элементов сети (трансформаторов и линии)

2 величины передаваемой мощности/загрузки

3 уровня напряжения

Потери холостого хода в трансформаторах зависят от :

1 конструктивных особенностей трансформаторов

2 уровня напряжения

Потери в компенсирующих устройствах (КУ) зависят от:

1 конструктивных особенностей КУ

2 величины выдаваемой мощности/загрузки

3 уровня напряжения

Потери от токов утечки по изоляторам воздушных ЛЭП зависят от:

1 степени загрязненности атмосферы (СЗА)

2 минимальной длины пути тока утечки по изоляторам

3 уровня напряжения

4 конструктивных особенностей изолятора

Мощность потерь на одном изоляторе предлагается рассчитывать в зависимости от сопротивления изолятора. При этом допускается, что значение сопротивления изолятора в период увлажнения остается неизменным. Такое допущение не отражает электрофизические процессы при увлажнении

загрязненной изоляции. В процессе увлажнения из раствора электролита на поверхности изолятора испаряется влага, образуются кольцевые подсушенные зоны, периодически возникают и гаснут частичные дужки. При этом на небольшой фоновый переменный ток накладываются броски тока утечки во время горения частичной дуги, т.е. возникает, так называемый, режим перемежающихся дужек. Кроме того, в процессе увлажнения происходит вымывание солей из слоя загрязнения. Использовать при расчете тока утечки, значение сопротивления изолятора, измеренное в отсутствие этих процессов, представляется ошибочным.

Ток утечки зависит не только от степени загрязнения поверхности изолятора, то есть от степени загрязнения атмосферы или согласно седьмого издания ПУЭ от степени загрязнения (СЗ), но и в значительной степени от вида и интенсивности увлажнения. Также в методике не учитывается пространственная структура увлажняющих метеоявлений.

Потери на корону зависят от:

- 1 рабочей напряженности электрического поля на поверхности провода
- 2 конструкцией фазы ЛЭП (расщепление), диаметра провода
- 3 параметров погодных условий (температура и влажность воздуха, атмосферное давления).
- 4 внешних образований (капли дождя, иголки изморози и т.п.) которые влияют на геометрию провода.

Обобщим:

Оценка потерь энергии на корону производится по экспериментально полученным данным, то есть используются обобщенные характеристики потерь для разных погодных условий это дает общее приблизительное значение потерь, при этом увеличивается погрешность. При расчете потерь от токов утечки по изоляторам воздушных ЛЭП мы не учитываем изменения сопротивления изоляторов, интенсивность увлажнения и пространственную структуру увлажняющих метеоявлений. Эти факторы увеличивают погрешность расчета.

Так же при расчете потерь электроэнергии заключается в том, что нагрузка изменяется от некоторого максимального до некоторого минимального значения, причем график изменений имеет случайный характер и не поддается математическому описанию, поэтому для расчета мы используем различные математические методы каждый из которых имеет свою погрешность.

В результате мы получаем величину потерь на каждом элементе сети, которая отличается от реальной. Так что величину потерь можно определить точно только на линии сравнив данные по приборам в ее начале и перед вводом к потребителю, но и здесь присутствует погрешность самих измерительных приборов которая может быть, как положительная, так и отрицательная.

Литература

- 1 Поспелов, Г.Е. Электрические системы и сети: Учебник / Г.Е. Поспелов, В.Т. Федин, П.В. Лычев – Мн.: УП “Технопринт, 2004.-720 с.