



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 620.09

ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ. МЕТОДЫ РАСЧЕТА ТЕХНИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

¹ Агеев В. А., ² Репьев Д. С., ³ Каргин Д. Н.

Институт механики и энергетики, ФГБОУ ВО "МГУ им. Н.П. Огарёва", г. Саранск, Россия (430904, Республика Мордовия, г. Саранск, р. п. Ялга, ул. Российская, 5), e-mail: ¹ ageyevva@mrsu.ru, ² was23101@mail.ru, ³ danik.kargin@yandex.ru

В данной статье описаны основные понятия о потерях электроэнергии, структура потерь электроэнергии электростанций и методы расчета технических потерь электроэнергии.

Ключевые слова: электроэнергетика, электрическая сеть, электрическая энергии, потери электроэнергии, потребитель электроэнергии, расход электроэнергии

LOSS OF ELECTRIC POWER. METHODS FOR CALCULATING TECHNICAL POWER LOSSES

¹ Ageev V.A., ² Repiev D. S., ³ Kargin D.N.

Institute of mechanics and power engineering, National Research Mordovia State University, Saransk, Россия (430904, Republic of Mordovia, Saransk, Yalga, Rossiyskaya St., 5), e-mail: ¹ ageyevva@mrsu.ru, ² was23101@mail.ru, ³ danik.kargin@yandex.ru

This article describes the basic concepts of power loss, the structure of power loss of power plants and methods for calculating technical power loss.

Keywords: electric power industry, electrical network, electrical energy, electricity loss, electricity consumer, electricity consumption.

В наше время с трудом можно представить жизнедеятельность без электрической энергии, именно оно является неотъемлемым фактором комфорта в современных условиях жизни. Не что иное, как электричество необходимо: для освещение жилых помещений, улиц; для движения общественного транспорта (метрополитен, трамвай, троллейбус); для использования самых обыкновенных бытовых приборов, таких как мульти варка, холодильник, телевизор, телефон и так далее. Транспортирование разного рода товаров от места создания до места реализации включает в себя издержки на транспортировку, то есть, чтобы груз был доставлен автомобильным транспортом, потребуется бензин. Доставка электроэнергии в свой черед имеет уникальную особенность, для того, чтобы электрическая энергия, вырабатываемая электростанцией, поступила непосредственно к потребителю, ей требуется пройти длительный путь через огромное количество установок, предназначенных для преобразования и передачи электроэнергии, в свою очередь затрачивается часть самой

транспортируемой электрической энергии, что позволяет не использовать сторонние ресурсы [3, ст 41]. Поэтому транспортирование электроэнергии включает в себя потери – это затраты электроэнергии, вследствие ее передачи по электрическим сетям.

Увеличение потерь электроэнергии в электрических сетях неизбежно, поэтому одно из основных мероприятий по энергосбережению в энергетике является снижение потерь электрической энергии [2, с. 10]. Ключевыми шагами по уменьшению потерь электроэнергии в электросетевом комплексе считается следующее:

- объединение производителей электроэнергии вокруг главного потребителя;
- усовершенствование материалов ЛЭП;
- использование когенерационных установок;
- нагрузка трансформаторов до коэффициента загрузки 0,8-0,9 [3, с. 41].

Структура потерь электрической энергии представляет следующее. При включении электрических приемников в электрических сетях проявляются потери электроэнергии. Доля одних потерь будет иметь прямую зависимость от мощностей передаваемой по элементам сети, доля других в свой черед практически не зависит от нагрузки, и будет характеризоваться другими факторами (частота переменного тока, приложенное напряжение, климатические условия и так далее) [4, с. 95].

Фактические (отчетные) потери – разность поступившей в сеть и отпущенной из сети электроэнергии, устанавливаемой по системе учета электрической энергии. Данный тип потерь, исходя из физической природы и методик расчета, подразделяется на две группы: технологические и коммерческие потери:

1. Технологические потери – сумма потерь, созданных технологией производственного процесса передачи электрической энергии и инструментальной регистрации ее отпуска и поступления [4, с. 95]. Данный тип потерь включает в себя:

- технические потери, возникшие в процессе передачи электроэнергии по электрическим сетям, выражаются в преобразовании доли энергии в тепло в элементах сетей. Данная составляющая определяется расчетным путем, опираясь на законы электротехники [2, с. 12];
- расход электроэнергии на собственные нужды подстанций, требуется для функционирования технологического оборудования подстанции и обеспечения комфортной жизнедеятельности работающего персонала. Данная составляющая фиксируется счетчиками, располагающимися на трансформаторах собственных нужд [2, с. 12];
- потери, обусловленные допустимой погрешностью системы учета. Данная составляющая рассчитывается на основании данных о метрологических характеристиках и режимов функционирования аппаратов системы контроля и учета [2, с. 12].

2. Коммерческие потери – потери, возникающие в результате хищения электроэнергии, несоответствия показаниям счетчиков и суммой платежа за израсходованную энергию потребителями и иными причинами в сфере формирования контроля расхода электроэнергии. Данный тип потерь, в большей степени, представляет воздействие человеческого фактора и включает все его деяния: несвоевременную оплату счетов по электроэнергии; временное подключение электрических установок потребителя без систем

контроля расхода; хищение электроэнергии с помощью изменения показаний счетчиков. Коммерческие потери не могут быть рассчитаны автономно, так как не имеют собственного математического описания [4, с. 98-99]. На Рисунке 1 изображена структура потерь электроэнергии в электрических сетях.



Рисунок 1 – Структура потерь электроэнергии в электрических сетях

Для оценки эффективности функционирования электрической системы и обоснования потери электроэнергии требуется расчет технических потерь, который включает в себя следующее:

- расчет нагрузочных потерь;
- расчет потерь холостого хода;
- расчет потерь, обусловленных погодными условиями (климатические потери) [3, с. 48].

Нагрузочные потери электрической энергии за определенный период могут быть рассчитаны с помощью одного из пяти методов, выбор следующих имеет зависимость от количества имеющейся информации о схемах и нагрузках сетей:

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

Исходя из названия, первый метод относится к методам оперативного расчета, второй, третий и четвертый относятся к аналитическим методам, пятый в свою очередь принадлежит оценочному методу [2, с. 36].

На основании заданной схемы сети и нагрузок ее компонентов, определенных с помощью измерений или с помощью расчета нагрузок компонентов электрической сети, исходя из законов электротехники, рассчитываются потери электроэнергии в сети при использовании методов 1–4.

Методы 2–4 применяются для расчета потерь электроэнергии за каждый месяц расчетного периода с использованием схемы сети, соответствующей данному расчетному месяцу. Разрешается проведения расчета потерь электроэнергии с помощью расчетных интервалов, в состав которых ходит несколько расчетных месяцев, схемы сетей, в которых возможно рассматривать их, как неизменные. За расчетный период, потери электроэнергии определяются как сумма потерь, проанализированных для входящих в расчетный период месяцев (расчетных интервалов) [2, с. 36].



Рисунок 2 – Классификация методов расчета нагрузочных потерь

Расчет потерь холостого хода содержит в себе постоянные, не имеющие зависимость от нагрузки, потери:

- изоляции кабелей;
- компенсирующих устройствах;
- вентильных разрядниках и ограничителях перенапряжения;
- в силовых трансформаторах (автотрансформаторах);
- аппаратов системы учета электроэнергии [3, с. 49].

В современных силовых трансформаторах, за счет использования магнитопровода из аморфной стали, достигается низкий уровень потерь холостого хода. Однако стоимость трансформатора из такой стали становится выше на 20–30 % в сравнение с трансформаторами, изготовленных из традиционной электротехнической стали.

Климатические потери электроэнергии состоят из трех аспектов:

1. потери электроэнергии от токов утечки по изоляторам;
2. потери электроэнергии на плавку гололеда;
3. потери электроэнергии на корону в воздушных линиях электропередачи 110 кВ и выше [3, с. 49].

«Фоновый» ток утечки протекает по изоляторам при нормальном эксплуатационном режиме. В период влажной погоды происходит увлажнение изолятора, что приводит к резкому увеличению тока утечки. Возросший ток утечки начинает подсушивать увлажненную поверхность изоляторов, в результате чего фиксируется на определенном уровне. Численные значения фонового тока практически равны для линий электропередачи любого класса напряжений. Потери электроэнергии от токов утечки по изоляторам воздушных линий рассчитываются по данным об удельных потерях мощности, представленных в таблице 1. Виды погоды, по влиянию на токи утечки, объединяются в 3 группы: первая группа включает значения при хорошей погоды с влажностью менее 90 %, изморозь, сухой снег; вторая группа включает значения при дожде, росе, мокром снеге, хорошей погоде с влажностью 90 %; третья группа включает значения при тумане [2, с. 82-83].

Таблица 1 – Удельные потери мощности от токов утечки по изоляторам воздушных линий электропередачи

Группа погоды	Удельные потери мощности от токов утечки по изоляторам, кВт/км, на ВЛ напряжением, кВ										
	6	10	15	20	35	110	154	220	330	500	750
1	0,011	0,017	0,025	0,033	0,035	0,055	0,063	0,069	0,103	0,156	0,235
2	0,094	0,153	0,227	0,302	0,324	0,510	0,587	0,637	0,953	1,440	2,160
3	0,154	0,255	0,376	0,507	0,543	0,850	0,978	1,061	1,587	2,400	3,600

Потери электроэнергии на корону возникают на проводах воздушной линии электропередачи, вследствие ионизации воздуха из-за высокой напряженности электрического поля на поверхности проводов. Главным фактором, обосновывающим потери на корону на воздушных линиях электропередачи, считается отношение напряженности электрического поля на поверхности проводов к начальной напряженности короны. В меру повышения напряжения корона стремительно охватывает провод по всей длине. При расчете потерь электрической энергии на корону выделяют следующие основные группы погодных условий:

- хорошая погода;
- дождь и мокрый снег;
- иней, гололед, изморозь;
- туман;
- сухой снег [2, с. 77-78].

Потери электроэнергии на плавку гололеда рассчитываются по приборам учета, которые располагаются на специализированных аппаратах, предназначенных для плавки гололеда. Основопологающей мерой борьбы с гололедом считается удаление его с проводов и тросов методом плавки электрическим током, а также нагревом проводов, за счет увеличения тока нагрузки, до температуры, при которых не возможно образование наледи [2, с. 84].

Таким образом, снижения потерь электроэнергии является приоритетной задачей электроэнергетики. На фоне постоянных растущих тарифов на электрическую энергию самое время задуматься о применении энергосберегающих способов. Данные мероприятия могут принести максимальную экономию электроэнергии при достаточно быстрой окупаемости.

Список литературы

1. Инструкция по организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по расчету и обоснованию нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям // Приказ Министерства энергетики РФ от 30 декабря 2008 г. № 326 «Об организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по утверждению нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям».
2. Шведов, Г. В. Потери электроэнергии при ее транспорте по электрическим сетям : расчет, анализ, нормирование и снижение : учебное пособие для вузов / Г. В. Шведов, О. В. Сипачева, О. В. Савченко; под ред. Ю. С. Железко. – Москва : Издательский дом МЭИ, 2013. – 424 с. – ISBN 978-5-383-00832-4.

3. Митрофанов, С. В. Энергосбережение в энергетике : учебное пособие / С. В. Митрофанов, О. И. Кильметьева. — Оренбург : ОГУ, 2015. — 126 с. — ISBN 978-5-7410-1371-7.
4. Хорольский, В. Я. Экономия электроэнергии в сельских электроустановках : учебное пособие / В. Я. Хорольский, М. А. Таранов, А. В. Ефанов. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 272 с. — ISBN 978-5-8114-2521-1.

References

1. Instructions for organizing work at the Ministry of Energy of the Russian Federation on calculating and justifying standards for technological losses of electricity during its transmission via electric networks//Order of the Ministry of Energy of the Russian Federation dated December 30, 2008 No. 326 "On organizing work at the Ministry of Energy of the Russian Federation to approve standards for technological losses of electricity during its transmission via electric networks."
 2. Shvedov, G.V. Losses of electricity during its transport by electric networks: calculation, analysis, rationing and reduction: a textbook for universities/G.V. Shvedov, O. V. Sipacheva, O. V. Savchenko; ed. Yu. S. Zhelezko. - Moscow: MPEI Publishing House, 2013. – 424 p. – ISBN 978-5-383-00832-4.
 3. Mitrofanov, S.V. Energy saving in energy: a textbook/S.V. Mitrofanov, O. I. Kilmetyeva. - Orenburg: OSU, 2015. - 126 p. – ISBN 978-5-7410-1371-7.
 4. Khorolsky, V. Ya. Saving electricity in rural electrical installations: a textbook/V. Ya. Khorolsky, M. A. Taranov, A. V. Efanov. – St. Petersburg: Doe, 2022. - 272 p. – ISBN 978-5-8114-2521-1.
-