

УДК 621.31

С.А. Кундель, Б.С. Компанеец

Алтайский Государственный Технический Университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул,
Российская Федерация

Расчет потерь электроэнергии при колебаниях нагрузок

Аннотация. В данной работе рассматривается структура потерь электрической энергии в электрической сети, и расчет на примере сетей тягового электроснабжения железных дорог согласно методике Минэнерго РФ. При этом отмечено, что в действующей методике не учитывается целый ряд факторов, одним из которых являются колебания нагрузок.

В работе проведена оценка влияния колебания нагрузок на точность расчета потерь электрической энергии и проанализирована возможность сокращения периода усреднения данных, за счет применения современных приборов учета.

Произведенные расчеты показывают, что погрешность расчета потерь электрической энергии, вызванная колебаниями нагрузок, при сокращении периода усреднения данных с 60 минут до 15 минут снижается более чем в 2 раза.

Ключевые слова: Суточный график электрических нагрузок, приборы учета, период сбора данных, эксплуатация электрических сетей, силовой трансформатор, переходные процессы.

S.A. Kundel, B.S. Kompaneets

Altai State Technical University named after I. I. Polzunova, Barnaul, Russian Federation

Calculation of energy losses during load fluctuations

Annotation. This paper examines the structure of electrical energy losses in the electrical network, and the calculation using the example of traction power supply networks of railways according to the methodology of the Ministry of Energy of the Russian Federation. At the same time, it was noted that the current methodology does not take into account a number of factors, one of which is load fluctuations.

The work evaluates the impact of load fluctuations on the accuracy of calculating electrical energy losses and analyzes the possibility of reducing the data averaging period through the use of modern metering devices.

The calculations show that the error in calculating electrical energy losses caused by load fluctuations decreases by more than 2 times when the data averaging period is reduced from 60 minutes to 15 minutes.

Key words: Daily schedule of electrical loads, metering devices, data collection period, operation of electrical networks, power transformer, transients.

Производство, распределение и потребление электроэнергии всегда сопряжено с потерями, которые определяются техническими параметрами оборудования. Проблема потерь энергии при передаче особенно актуальна для сети тягового электроснабжения железных дорог, это связано со значительной протяженностью данных линий и большой потребляемой мощностью подвижного состава [3-6].

Потери электроэнергии различают по месту возникновения и режиму работы, структура потерь представлена на рисунке 1.

Анализируя структуру потерь электроэнергии можно выделить, что технологические потери электроэнергии по большей части состоят из нагрузочных потерь в проводах ЛЭП и потерь в трансформаторах. Общая доля данных потерь составляет примерно 83,5 %. Остальные потери в структуре являются незначительными и составляют 16,5 % [8-9].

Структура потерь и методика их расчета регламентируется приказом Минэнерго РФ от 30.12.2008 N 326 с прилагающейся к нему инструкцией. На основании приказа структура потерь складывается из нескольких составляющих: технических потерь, обусловленных физическими процессами, происходящими при передаче электроэнергии по элементам сети, включая вышеупомянутые переходные процессы, а также расход электроэнергии на собственные нужды подстанций [1,10].



Рисунок 1 – Структура потерь электроэнергии в электрической сети

Согласно данной методике ведется учет и расчет потерь в настоящее время, однако в действующей методике не учитывается целый ряд факторов, одним из которых являются колебания нагрузок, которые могут происходить в достаточно широком диапазоне в течение периода сбора данных. Такие колебания нагрузок остаются, как правило, неучтенными, исходя из этого, появляются неточность в расчете потерь. В данной работе будет проверена целесообразность и необходимость рассмотрения данного аспекта, а также предложено решение по минимизации неточностей при рассмотрении изменения нагрузки в течение суток.

Данные нагрузок, для упрощения дальнейшей работы, формируются в суточные и годовые графики. Графики электрических нагрузок позволяют правильно подойти к выбору основного оборудования подстанций — трансформаторов, компенсирующих устройств, кабелей и наметить наиболее экономичный режим их работы. Суточные графики отражают изменение мощности нагрузки в течение суток. На рисунке 2 приведены летний и зимний суточные графики активной и реактивной нагрузки. Годовой график строится на основе характерных суточных графиков за весенне-летний и осенне-зимний периоды.

В проектировании используют типовые суточные графики. Для построения конкретного суточного графика необходимо знать максимальную нагрузку и иметь типовой суточный график [2]. Согласно существующей методике расчетов, интервал времени рассмотрения нагрузок равен одному часу. Однако, в течение этого часа нагрузка совершает колебания. Диапазоны таких колебаний могут быть достаточно широкими - эти значения при таком рассмотрении усредняются, как продемонстрировано на рисунке 3, где мы видим фактическую нагрузку в течение 2 часов и ее усреднение.

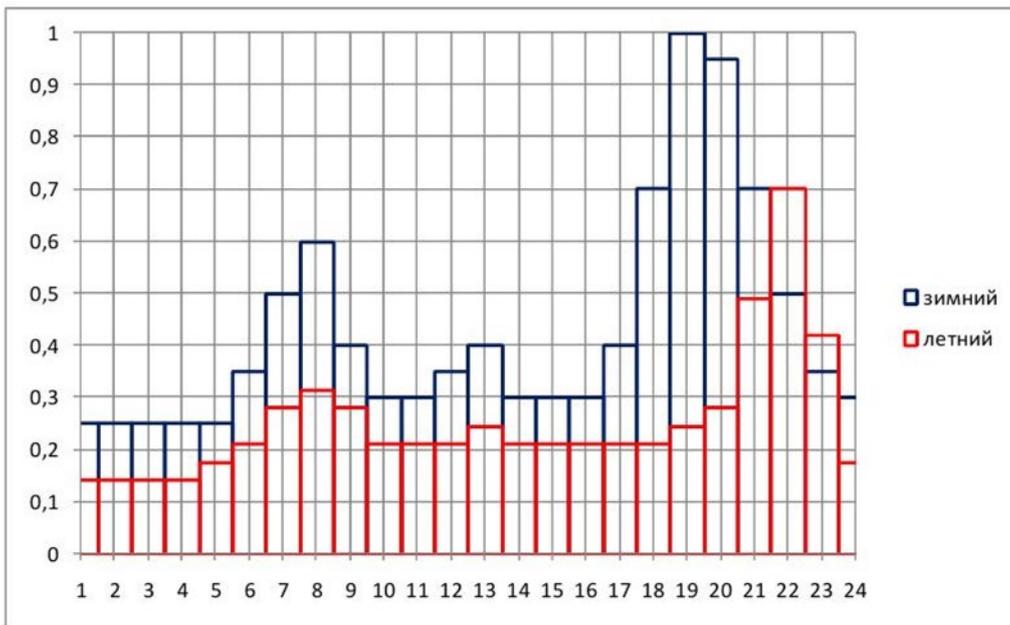


Рисунок 2- Типовой суточный график

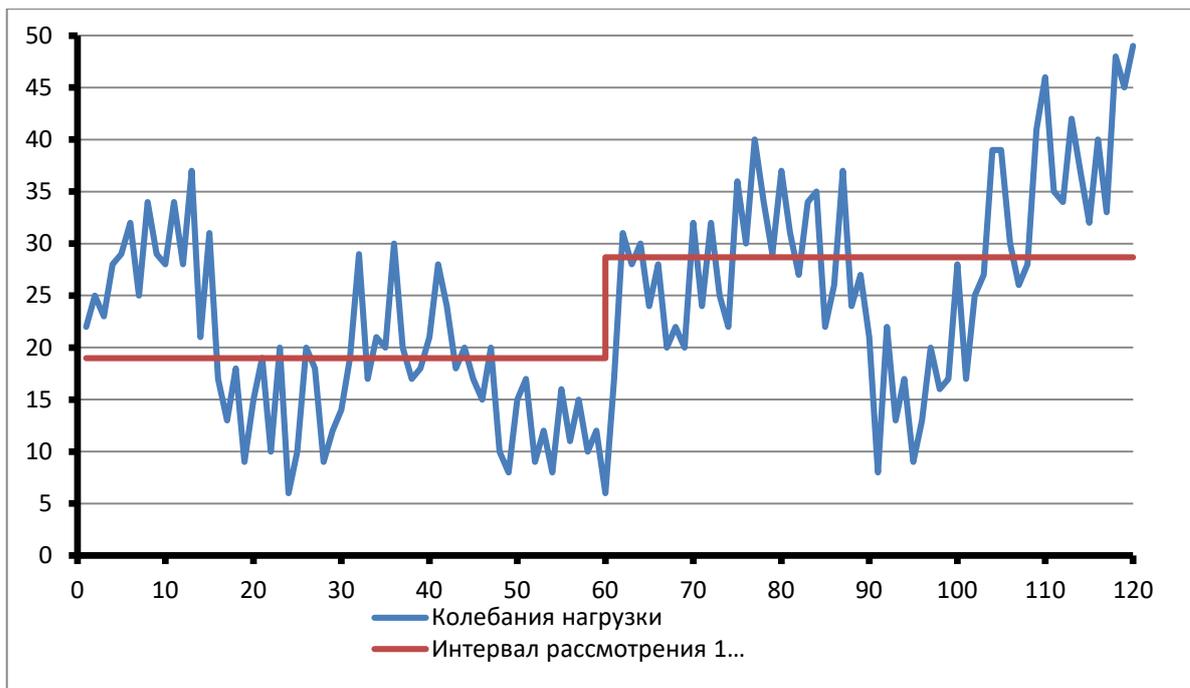


Рисунок 3 – Колебания нагрузки

Такие колебания присутствуют в интервалах рассмотрения всегда, соответственно они влияют на точность. Усредненное значение нагрузки дает среднюю мощность, переданную за интервал времени, посредством этого можно найти только значение тока, протекающего за данный временной интервал, так как нагрузочные потери пропорциональны квадрату тока, то потери, рассчитанные на основании среднего значения тока, не будут достоверны, и всегда будут меньше фактических потерь. Данное отклонение при расчете будет зависеть от разброса нагрузок и характеризуется параметром среднеквадратичного отклонения.

При помощи современных приборов учета интервал рассмотрения можно сократить для того, чтобы картина изменения нагрузки была более объективной, при этом данное решение не повлечет за собой большей энергоемкости процесса. Согласно руководству

пользования счетчиком марки «Матрица», период сбора данных может составлять 1, 5, 10, 15, 30 минут, час, сутки, месяц [7]. Следовательно, сокращая этот период, возможно повысить точность суточного графика нагрузок, расчета потерь и режимов работы электрической сети. На рисунке 4 представлен график нагрузки на примере сокращения интервала рассмотрения до 15 минут.



Рисунок 4 – Сокращенный интервал рассмотрения

На основании представленных графиков нагрузки были проведены расчеты потерь электроэнергии, согласно которым можно сказать, что сокращение интервала позволит учитывать колебания нагрузки, которые принять во внимание в течение интервала рассмотрения, составляющего один час, не представлялось возможным. Погрешность расчета потерь при интервале усреднения изменения нагрузки, длительностью в 1 час, составляет примерно 11%, по сравнению с фактическим значением потерь, в то же время при сокращении интервала до 15 минут, позволяет уменьшить погрешность расчета потерь до 5%. Таким образом сокращение интервала учета электрической энергии позволяет уменьшить погрешность при расчете потерь более чем в 2 раза. Однако, несмотря на уменьшение интервала сбора данных, остается неравномерность нагрузки по времени внутри интервала, исходя из этого, некоторая погрешность будет сохраняться.

Уменьшение интервалов учета потребления электрической энергии является технической особенностью настройки прибора учета, и не подразумевает усложнение системы учета электроэнергии, при автоматической обработке данных приборов учета, сокращение интервала по большому счету не увеличивает трудоемкость процесса, но позволяет повысить точность расчетов дополнительных параметров. Таким образом целесообразно применять данный подход при сборе и обработке данных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А.Н. Алюнов. Оптимизация режимов работы силовых трансформаторов. / А. Алюнов, В.А. Бабарушкин.- М.: «Neftegaz.RU».
2. В.И. Идельчик. Электрические системы и сети: Учебник для вузов.- М.: Энергоатомиздат,1989, - 592 с: ил.
3. Е.Н. Гончарова. Расчет потерь электроэнергии в тяговой сети участка Саянская-Ирбейская.: изд. Красноярский ин-т железнодорожного транспорта - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Иркутский государственный университет путей сообщения". 2020. – 31-35 с.
4. И.С. Сажнев. Расчет потерь электроэнергии в тяговой сети переменного тока. Мероприятия по минимизации потерь. / И.С. Сажнев, А. С. Дмитриев , В. О. Колмаков. / изд.: Красноярский ин-т железнодорожного транспорта Филиал Иркутского гос. ун-та путей сообщения. 2020. – 47-53 с.
5. П.А. Капранов. Реконструкция районов электрических сетей с целью снижения потерь мощности. / П.А. Капранов, Е.Ю. Пузина. / Изд.: Ростовский государственный университет путей сообщения (Ростов-на-Дону). 2020. – 113-116 с.
6. Р.В. Беляевский. Повышение энергоэффективности территориальных сетевых организаций при оптимизации потребления реактивной мощности.: Кузбас. гос. техн. ун-т.
7. Счетчики электрической энергии 7 версии руководство по эксплуатации. / ООО «Матрица» 2014. – 144с.
8. Т.А. Титова. Анализ потерь электроэнергии в распределительных сетях. / Титова Т.А., Б.С. Компанец. / изд.: Алтайский гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова.
9. Т.А. Титова. Расчет потерь электроэнергии в распределительных сетях. / Т.А. Титова., Б.С. Компанец. / изд.: Алтайский гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова.
10. Ю.В. Хрущев. Переходные процессы в электроэнергетических системах. / Ю.В. Хрущев, К.И. Заповодников, А.Ю. Юшков. / М.: изд. Юрайт, 2019. – 153 с.

REFERENCES

1. A. N. Alyunov. Optimization of operating modes of power transformers. / A. Alyunov, V.A. Babarushkin. - M. : "Neftegaz.RU".
2. V.I. Idelchik. Electrical systems and networks: Textbook for universities. - M. : Energoatomizdat, 1989, - 592 p: ill.
3. E.N. Goncharova. Calculation of electricity losses in the traction network of the Sayanskaya-Irbeyskaya section: ed. Krasnoyarsk Institute of Railway Transport is a branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Irkutsk State Transport University". 2020.- 31-35 p.
4. I.S. Sazhnev. Calculation of electricity losses in the AC traction network. Measures to minimize losses. / I.S. Sazhnev, A.S.Dmitriev, V.O.Kolmakov. / ed. : Krasnoyarsk Institute of Railway Transport Branch of the Irkutsk State. university of communication lines. 2020. - 47-53 p.
- 5.P.A. Kapranov. Reconstruction of areas of electrical networks in order to reduce power losses. / P.A. Kapranov, E.Yu. Puzina. / Publisher: Rostov State Transport University (Rostov-on-Don). 2020. -- 113-116 p.
- 6.R.V. Belyaevsky. Improving the energy efficiency of territorial grid organizations while optimizing the consumption of reactive power. : Kuzbas. state tech. un-t.
7. Electricity meters 7 version of the operation manual. / LLC "Matrix" 2014. - 144p.
8. T.A. Titov. Analysis of electricity losses in distribution networks. / Titova T.A., B.S. Companion. / ed. : Altai State. tech. un-t them. I.I. Polzunov.
- 9.T.A. Titov. Calculation of electricity losses in distribution networks. / T.A. Titova., B.S. Companion. / ed. : Altai state. tech. un-t them. I.I. Polzunov.
10. Yu.V. Khrushchev. Transient processes in electric power systems. / Yu.V. Khrushchev, K.I. Zapodovnikov, A.Yu. Yushkov. / M. : ed. Yurayt, 2019. -- 153 p.

Информация об авторах

Кундель Сергей Алексеевич – студент, кафедры «Электрификация производства и быта» (ЭПБ) Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, serzh.kundel@mail.ru

Компанец Борис Сергеевич – к.т.н. доцент, заместитель заведующего кафедрой «Электрификация производства и быта» (ЭПБ) Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, e-mail: kompbs@mail.ru

Authors

Kundel Sergey Alekseevich - student of the department "Electrification of production and everyday life" (EPB) of the Altai State Technical University. I.I. Polzunova, Barnaul, serzh.kundel@mail.ru

Kompaneets Boris Sergeevich - Ph.D. associate professor, deputy head of the department "Electrification of production and everyday life" (EPB), Altai State Technical University named after I.I. Polzunova, Barnaul, e-mail: kompbs@mail.ru