

## НЕКОТОРЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ИНТЕРВАЛА НАГРУЗОК ПРОВОДНИКОВ

Быймырзаев Т.С.<sup>1</sup>, Самарбеков Э.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>аспирант МУИТ, Кыргызстан, г. Бишкек, ул. Анкара 1/17

<sup>2</sup>магистрант МУИТ, Кыргызстан, г. Бишкек, ул. Анкара 1/17, Тел: 0312-44-9903

**Аннотация:** Развитие народного хозяйства, интенсификация труда в промышленности и сельском хозяйстве требуют ускоренного развития электрических сетей различного напряжения и типа. От правильно выбранной структуры и параметров электрических сетей в существенной степени зависят технико-экономические показатели работы энергосистем и надежность электроснабжения потребителей электроэнергии.

**Ключевые слова:** нагрузка проводников, потери электроэнергии, удельное сопротивление.

## SOME METHODS FOR DETERMINING THE OPTIMAL CONDUCTOR LOAD INTERVAL

Byimyrzaev T.<sup>1</sup>, Samarbekov E.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>graduate student, INUIT, Bishkek, st. Ankara 1/17, phone: 0312-44-9903

<sup>2</sup>graduate student, INUIT, Bishkek, st. Ankara 1/17, phone: 0312-44-9903

**Abstract:** The development of the national economy, the intensification of labor in industry and agriculture require the accelerated development of electrical networks of various voltages and types. From the correctly chosen structure and parameters of electrical networks, the technical and economic performance of power systems and the reliability of electricity supply to electricity consumers depend to a great extent.

**Key words:** load of conductors, power losses, resistivity.

При передаче электроэнергии с шин трансформаторной подстанции до потребителей часть электроэнергии неизбежно расходуется на нагрев проводников, создание электромагнитных полей и другие эффекты. Использование термина «потери электроэнергии» требует внесения определенной ясности, так как и в других отраслях народного хозяйства этот термин ассоциируется с понятиями потерь от брака, от нарушения технологического процесса и т.д. Термин «потери электроэнергии» следует понимать как технологический расход электроэнергии на ее передачу.

Величина потерь электроэнергии в каком-либо элементе сети существенно зависит от характера нагрузки и ее изменения в течение рассматриваемого периода времени. В линии, работающей с постоянной нагрузкой и имеющей потери активной мощности  $\Delta P$ , потери электроэнергии ДА за время  $t$  составят

$$\Delta A = \Delta P \quad (1)$$

Если же нагрузка в течение года изменяется, то потери электроэнергии можно рассчитать различными способами. Все методы в зависимости от используемой математической модели можно разделить на две большие группы - детерминированные и вероятностно-статистические. Следует отметить, что перечисленные методы имеют множество модификаций и программных реализаций. Рассмотрим сначала детерминированные методы.

Наиболее точный метод расчета потерь электроэнергии ДА - это определение их по графику нагрузок ветви, причем расчет потерь мощности производится для каждой

ступени графика. Этот метод иногда называют методом графического интегрирования. При расчете за каждый час получается почасовой расчет потерь электроэнергии.

Передача электрической энергии по проводам и прохождение ее через трансформаторы, являющиеся последовательными звеньями сети, всегда сопровождается потерями активной мощности и энергии.

Для сетей низкого и высокого напряжений, включая сети 35 кВ, эти потери могут рассматриваться как обусловленные только нагреванием проводов при прохождении тока через активное сопротивление их.

Для сетей напряжение 110 кВ и выше кроме потерь на нагревание имеют место потери через изоляторы и потери на корону. Однако потери мощности через изоляторы по сравнению с передаваемой мощностью настолько незначительны, что учитывать их даже при очень высоком напряжении практически не имеет смысла. Потери мощности на корону, хотя и могут получиться по своей величине при известных условиях соизмеримыми с величиной передаваемой мощности, однако их также стремятся при проектировании линии электропередачи свести к нулю или к очень малой величине выбирая для линии электропередачи такой диаметр проводов, который почти или совершенно исключает появление короны.

Протекание энергии через трансформаторы вызывает также потери энергии в обмотках трансформатора и в стальном сердечнике.

Умение оценивать и определять потери энергии в отдельных звеньях электросети является одной из наиболее важных функций инженера электрика, проектирующего электрическую установку. Особое значение расчет потерь энергии получил в настоящее время в связи с необходимостью правильно расходовать цветные металлы и в связи с борьбой с потерей электроэнергии.

Используя понятие об оптимальной потере напряжения в линии, можно определить оптимальную мощность, передаваемую по данной линии, т.е. соответствующую минимуму приведенных затрат.

Значение удельной оптимальной потери напряжения в линии можно выразить как

$$\Delta U_{opt.уд.} \% = \frac{100 \cdot S_{optm} \cdot (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi)}{U_n^2}, \quad (2)$$

где  $S_{optm}$  - оптимальная мощность, кВА;

$U_n$  — номинальное напряжение линии, кВ;

$\cos \varphi$  — коэффициент мощности нагрузки;

$r_0, x_0$  — активное и реактивное удельные сопротивления проводов, Ом на 1 км.

Удельную оптимальную потерю напряжения в линии определяем по математической формуле через значения стоимостных оценок:

$$\Delta U_{opt.уд.} \% = \frac{100}{U_n} \cdot \left( \frac{S \sin \varphi}{U_n} \cdot x_0 + \cos \varphi \cdot \sqrt{\frac{p \cdot c \cdot 10^{-3}}{\tau \cdot \Pi_l}} \right), \quad (3)$$

где  $S$  - транспортируемая мощность в линии электропередачи, кВА;

$c$  — коэффициент, зависящий от сечения (сопротивления) проводов;

$\tau$  - время максимальных потерь энергии в линии, ч;

$\Pi_l$  — стоимость 1 кВтч потерянной электроэнергии.

$$p = E_H + p_a$$

где  $E_H$  — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

$p_a$  - норма амортизационных отчислений.

Приравняв выражения (2) и (3) и выполнив преобразования, можно определить значение оптимальной мощности  $S_{OPT}$ , соответствующей оптимальной потере напряжения и минимуму приведенных затрат в линии.

$$\frac{100 \cdot S_{OPT} \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi)}{U_n^2} = \frac{100}{U_H} \cdot \left( \frac{S \cdot \sin \varphi}{U_n} \cdot x_0 + \cos \varphi \cdot \sqrt{\frac{p \cdot c \cdot 10^{-3}}{\tau \cdot \Pi_l}} \right);$$

$$S_{OPT} \cdot \cos \varphi + S_{OPT} \cdot x_0 \cdot \sin \varphi = S_{OPT} \cdot x_0 \cdot \sin \varphi + U_H \cdot \cos \varphi \cdot \sqrt{\frac{p \cdot c \cdot 10^{-3}}{\tau \cdot \Pi_l}}; \quad (4)$$

$$S_{OPT} \cdot \cos \varphi = U_H \cdot \cos \varphi \cdot \sqrt{\frac{p \cdot c \cdot 10^{-3}}{\tau \cdot \Pi_l}};$$

$$S_{OPT} = \frac{U_{ном}}{r_0} \cdot \sqrt{\frac{p \cdot c \cdot 10^{-3}}{\tau \cdot \Pi_l}}.$$

Используя выражение (4), можно определить для любой линии электропередачи, любого конструктивного исполнения, с конкретным числом часов максимальных потерь и стоимостью потерь электроэнергии значение оптимальной мощности для любого сечения проводника с известным активным удельным сопротивлением  $r_0$ .

Обычно при проектировании систем электроснабжения стоит обратная задача, т.е. по известной расчетной нагрузке линии требуется определить оптимальное сечение проводников, соответствующее минимуму приведенных расчетных затрат, т.е. требуется подобрать удельное сопротивление линии  $r_0$  при котором расчетная мощность будет оптимальной. В связи с тем, что стандартный ряд сечений проводников дискретен, подобрать оптимальное сечение провода для конкретной передаваемой мощности затруднительно. Но для каждого сечения проводника с удельным сопротивлением

$r_0$  можно найти интервал мощностей, при которых приведенные затраты на линию будут минимальными по сравнению с проводниками других сечений.

Пусть имеются два проводника одинаковой длины с удельными сопротивлениями  $r_{1i}$  и  $r$ . Выражение приведенных затрат для каждого проводника без учета затрат на обслуживание и других одинаковых для обоих сечений составляющих будет иметь вид:

$$S_1 = p \cdot \frac{c}{r_{01}} + r_{01} \cdot \tau \cdot \Pi_l \cdot 10^{-3} \cdot \left( \frac{S}{U_n} \right)^2 \quad (5)$$

$$S_1 = p \cdot \frac{c}{r_{02}} + r_{02} \cdot \tau \cdot \Pi_l \cdot 10^{-3} \cdot \left( \frac{S}{U_n} \right)^2 \quad (6)$$

Приравняв выражения (5) и (6) и выполнив преобразования, можно определить границу экономических интервалов между двумя проводниками. Если  $r_{01}$  больше  $r_{02}$  для значений передаваемой мощности меньше граничного значения приведенные затраты будут меньше для провода с большим удельным сопротивлением  $r_{01}$  (с

меньшим сечением). Таким образом, граница экономических интервалов является верхним значением экономического интервала для проводника с большим значением (меньшим сечением) и одновременно нижним значением интервала экономических нагрузок для провода с меньшим удельным сопротивлением (большим сечением). Внутри экономического интервала приведенные затраты будут меньше для проводника данного сечения по сравнению с приведенными затратами для проводников других сечений.

Определим значение граничной мощности.

$$p \cdot \frac{c}{r_{01}} + r_{01} \cdot \tau \cdot \Pi_n \cdot 10^{-3} \left( \frac{S}{U_{ном}} \right)^2 = p \cdot \frac{c}{r_2} + r_{01} \cdot \tau \cdot \Pi_n \cdot 10^{-3} \left( \frac{S}{U_{ном}} \right)^2$$

$$S^2 = \frac{U_n^2 \cdot p \cdot c \cdot \left( \frac{1}{r_{02}} - \frac{1}{r_{01}} \right)}{\tau \cdot \Pi_n \cdot (r_{01} - r_{02}) \cdot 10^{-3}} \quad (7)$$

$$S = \frac{U_n}{\sqrt{(r_{01} - r_{02})}} \cdot \sqrt{\frac{p \cdot c \cdot 10^{-3}}{\tau \cdot \Pi_n}}$$

По выражению (7) можно определить границы интервалов экономических мощностей для проводников различных сечений и таким образом экономические интервалы нагрузок.

Выражением (7) можно пользоваться в тех случаях, когда проводник, имеющий большее сопротивление, имеет меньшую стоимость. Например, для кабелей одной марки при одном способе прокладки.

### Литература

1. Будыко И.А., Захарии А.Г., Эбин Л.Е., Левин М.С. Теоретические основы электроснабжения в сельском хозяйстве. - М.: Колос, 1964.
2. Левин М.С. Особенности оптимизационных задач энергетики и методы их решения. *Электричество*. - 1981. - №3. - С.147
3. Будыко И.А. Развитие электрофикации сельского хозяйства // *Электрические станции*. — 1980. — №12. — С.44-48
4. Садыков М.А., Бартиев Б.Б. Анализ возобновляемых источников электроэнергии Кыргызской Республики. *Вестник КГУСТА им. Н. Исанова*, 2016, №3(53), с. 98–101.
5. Садыков М.А. Потенциал развития малой гидроэнергетики в Кыргызской Республике, *Известия ВУЗов Кыргызстана*. 2016. № 6. С. 16-19.
6. Садыков М.А., Байышов Э.Н. Анализ возобновляемых источников электроэнергии. *Наука и инновационные технологии*. 2016. № 1 (1). С. 91-93.
7. Байышов Э.Н., Бердыбаева М.Т., Садыков М.А. Один из способов повышения энергоэффективности здания за счет использования солнечной энергии. *Наука и инновационные технологии*. 2017. № 3 (3). С. 72-77.
8. Бартиев Б.Б., Садыков М.А. Анализ возобновляемых источников электроэнергии Кыргызской Республики. *Вестник Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова*. 2016. № 3 (53). С. 98-101.
9. Садыков М.А., Кубаныбекова М.К. Использование ветроустановки в системе электроснабжения. *Наука и инновационные технологии*. 2018. № 8 (8). С. 113-114.
10. Мамыркулов К.М., Жумаев Р.Д., Садыков М.А. Учет объема потребленной электроэнергии в бытовом секторе как фактор повышения эффективности взаимодействия энергосбытовых компаний и потребителя. *Наука и инновационные технологии*. 2018. № 8 (8). С. 90-93.