

*Локить Константин Геннадьевич*  
*Студент группы ТСЭ-243, Российский университет транспорта (МИИТ),*  
*Россия, г. Москва*

*Щегловитова Елена Владимировна*  
*Старший преподаватель, Российский университет транспорта (МИИТ),*  
*Россия, г. Москва*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕЧЕНИЯ НИЗКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ 0,4 кВ**

В статье рассмотрены основные методы определения сечения низковольтных линий электроснабжения 0,4 кВ. Проанализированы параметры, влияющие на выбор сечения проводников, включая допустимый длительный ток, потери напряжения, условия нагрева и особенности эксплуатации электрических сетей. Изучены последствия неправильного выбора сечения ЛЭП, связанные с перегревом электропровода, снижением уровня надёжности и эффективности работы электроснабжения и повышением пожарной опасности. Особое внимание уделено требованиям нормативных документов ПУЭ и СП 256.1325800.2016, регламентирующих разработку распределительных электрических сетей.

### **ABSTRACT**

The article examines the main methods for determining the cross-section of 0.4 kV low-voltage power supply lines. The analysis included parameters influencing conductor cross-section selection, such as permissible continuous current, voltage loss, thermal conditions and conditions of network operating. The consequences associated with the incorrect selection of power line cross-section have been analyzed, including power conductor overheating, a reduction in the reliability and efficiency of power supply, and an increase in fire danger. The article provides a detailed examination of the documents and rules that regulate the design of electrical networks.

**Ключевые слова:**

Сечение кабельной линии, потеря напряжения в линии, допустимый ток, система электроснабжения 0,4 кВ, теплоотвод линий, параметры линии электропередачи, момент нагрузки, удельная электропроводность.

**Keywords:**

Cable conductor cross-section, Voltage loss, Permissible current, 0.4 kV power supply system, power conductor overheating, Transmission line parameters, Moment of load, Electrical conductivity.

В своде правил по устройству электроустановок содержатся чёткие условия для определения сечения высоковольтных линий, но отсутствует универсальная методика для определения сечения низковольтных линий. Исходя из вышесказанного, важно грамотно рассчитать его и правильно использовать различные методы, в зависимости от параметров, влияющих на работу ЛЭП. Правильность выбора сечения электропровода влияет на повышение уровня надежности и обеспечивает эффективную передачу электрической энергии в современных системах электроснабжения. Одним из основных условий выбора сечения ЛЭП является его проверка по допустимому току:

$$I_{\text{доп}} \geq I_p,$$

Поскольку, при протекании по проводнику, ток совершает работу по закону Джоуля-Ленца, в соответствии с формулой:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

Эта работа преобразуется в тепловую энергию, в результате чего проводник нагревается. Поэтому при выборе проводника важно учитывать возможную перегрузку линий. В зависимости от способа прокладки провода, а именно: в земле или по воздуху, - важен учет теплоотвода, который позволит предотвратить перегрев. Например, провод марки ПВС обладает горючей изоляцией, что ограничивает его применение в общественных и жилых зданиях

при скрытой проводке. Этот недостаток отсутствует у проводов марки «нг», которые не распространяют горение при любой прокладке.

Еще одним из основных условий выбора сечения ЛЭП является проверка по допустимым потерям напряжения:

$$\Delta U = \frac{M}{F \cdot C}$$

где:

$F$  – сечение, мм<sup>2</sup>;

$C$  – коэффициент, зависящий от материала проводника, определяющий его сопротивление;

Для алюминия принимается  $C=46$ , для меди  $C=77$ .

$\Delta U$  – потери напряжения;

При протекании тока по проводнику из-за сопротивления материала, часть напряжения  $U$  теряется. Согласно требованиям ПУЭ, суммарное отклонение напряжения у наиболее удалённых потребителей обычно не должно превышать 5 % в нормальном режиме работы.

Следует отметить, что выбор сечения линии осуществляется в зависимости от момента нагрузки:

$$M = P_p \cdot L$$

где:

$P$  – активная мощность, кВт;

$L$  – длина линии, м.

Причем, существенное значение имеет материал проводника, определяющий коэффициент  $C$ .

В вышеуказанной методике проверке по допустимой потере напряжения предшествует предварительное определение сечения в зависимости от материала по моменту нагрузки по справочным материалам. Такая методика является предварительной для определения сечения. После проверки по допустимой потере напряжения и длительно допустимому току, в случае, превышения

допустимых пределов, предварительно выбранное сечение уточняется в сторону большего значения из ряда номинальных.

Обратной методикой определения сечения низковольтных линий можно считать следующую, когда в зависимости от максимально допустимой потери напряжения определяется собственно сечение линии:

$$F = \frac{M}{\Delta U \cdot C}$$

где:

$$C = \frac{100}{U^2 \cdot \gamma}$$

$C$  – коэффициент, зависящий от материала проводника, определяющий его сопротивление

$\gamma$  – удельная электропроводность проводника,  $\frac{\text{м}}{\text{мм}^2 \cdot \text{ом}}$ .

Для алюминия  $\gamma = 35,7 \frac{\text{м}}{\text{мм}^2 \cdot \text{ом}}$ , для меди  $\gamma = 58,1 \frac{\text{м}}{\text{мм}^2 \cdot \text{ом}}$

Также немалую роль в потере напряжения играет длина линии  $L$ :

$$\Delta U = \frac{M}{F \cdot C} = \frac{P_p \cdot L}{F \cdot C}$$

где при увеличении длины линии, прямо пропорционально увеличиваются потери напряжения.

Вывод: в ходе исследования установлено, что нет четкого стандарта и правил для определения сечения низковольтных линий, как в ПУЭ для высоковольтных. Однако, в учебных пособия по электроснабжению предприятий представлены разные методики, такие как: предварительное определение сечения по моменту нагрузки, определение сечения в зависимости от удельной электропроводности материалов. И объединяющим условием этих методик является проверка по допустимой потере напряжения, которая не должна превышать 5% от номинального значения напряжения, а также проверка

по нагреву линии в зависимости от соотношения расчетного тока и допустимого длительного тока, который предоставляет завод изготовитель для конкретной марки линии и ее сечения.

Выбор сечения низковольтных линий электроснабжения 0,4 кВ оказывает существенное влияние на надёжность, й. Определено, что длительная эксплуатация проводников при превышении допустимого тока приводит к перегреву жил, ускоренному старению изоляции и снижению электрической прочности линии. Это повышает вероятность возникновения аварийных режимов, повреждения оборудования и пожароопасных ситуаций. Кроме того, на долговечность ЛЭП влияют условия эксплуатации, температура окружающей среды, качество монтажа и характеристики изоляционных материалов.

Таким образом, применение комплексного подхода к определению сечения проводников позволяет обеспечить нормальный режим работы линий электроснабжения, снизить потери электроэнергии, повысить долговечность, безопасность при эксплуатации и срок службы электрических сетей.

### **Список литературы:**

1. Правила устройства электроустановок. Утверждены Приказом Минэнерго России от 08.07.2002 № 204
2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ).
3. Межгосударственный стандарт. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам ГОСТ 2.105-95
4. ГОСТ 30331.1-2013 (IEC 60364-1:2005) Электроустановки низковольтные. Часть 1. Основные положения, оценка общих характеристик, термины и определения.
5. Л. Л. Коновалова, Л. Д. Рожкова. Электроснабжение промышленных предприятий и установок – 1989. – С.176-185.

6. Л. А. Бессонов. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. 12 - е издание, исправленное и дополненное. Москва. – 2016. – С. 28-32.
7. В.И. Идельчик. Электрические системы и сети. Изд. 2. 2022. 600 с.
8. Б.Ю. Липкин. Электроснабжение промышленных предприятий и установок – 1990. 376 с.
9. Исмоилов И.И., Грачева Е.И. Повышение управляемости энергетическими системами и улучшение качества электроэнергии // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14. №1 (53). С. 3-12.
10. Наумов И. В. О выборе допустимых сечений проводникового материала внутренних электрических сетей при строительстве индивидуальных домовладений // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 4. С. 589–599.