

Научная статья

УДК 621.316

DOI: 10.26730/1816-4528-2024-2-31-38

Леонова Юлия Юрьевна, Негадаев Владислав Александрович

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

E-mail: NegadaevVA@kuzstu.ru

РАЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ВЫБОРУ КАБЕЛЕЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СЕТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**Информация о статье**

Поступила:

08 апреля 2024 г.

Одобрена после

рецензирования:

30 апреля 2024 г.

Принята к печати:

15 мая 2024 г.

Опубликована:

06 июня 2024 г.

Ключевые слова:

кабель, медная жила, пластмассовая изоляция, площадь сечения, максимальный длительный допустимый ток, коэффициент корреляции, удельная стоимость

Аннотация.

Бесперебойное обеспечение потребителей электрической энергией надлежащего качества является основной задачей построения сети электроснабжения. Необходимый уровень качества электрической энергии достигается выбором параметров элементов сети электроснабжения, который обусловлен задачами, условно разделенными на технические и экономические. В настоящей статье представлены результаты исследований зависимостей стоимости кабеля от его параметров: площади сечения, максимального длительного допустимого тока. Определен коэффициент корреляции между стоимостью кабеля и его площадью сечения, предложены выражения, описывающие данную зависимость (в ценах 2023 года). Для нахождения уравнения линейной регрессии использован метод наименьших квадратов. Предложено использование индекса-дефлятора для прогнозирования стоимости кабеля. Рассмотрены зависимости стоимости 1 м кабеля от значения максимального длительного допустимого тока при прокладке одного кабеля и при параллельной прокладке нескольких кабелей меньшей площади сечения. По итогам исследования сделаны выводы: о существовании практически функциональной зависимости между стоимостью кабелей и площадью сечения жилы, что позволяет предсказать стоимость для кабелей; о преимуществе использования способа параллельной прокладки кабелей меньшей площади сечения по сравнению с прокладкой одного кабеля, особенно значимого для кабелей с большой площадью сечения. Отмечено, что удельные стоимости 1 мм² кабеля (в пересчете на одну жилу) имеют практически одинаковый характер для одножильных и многожильных кабелей и практически не зависят от площади сечения жилы. Установлено, что значение удельной стоимости передачи 1 А максимального длительного допустимого тока возрастает с возрастанием площади сечения для кабелей с поливинилхлоридной изоляцией.

Для цитирования: Леонова Ю.Ю., Негадаев В.А. Рациональный подход к выбору кабелей при проектировании сети электроснабжения // Горное оборудование и электромеханика. 2024. № 2 (172). С. 31-38. DOI: 10.26730/1816-4528-2024-2-31-38, EDN: KNXWPZ

Введение

Основной задачей сети электроснабжения является бесперебойное обеспечение потребителей электрической энергией надлежащего качества. В установленном режиме работы параметры элементов сети электроснабжения должны соответствовать требованиям нормативных документов, обеспечивать стабильное электроснабжение, равномерное распределение нагрузки и защиту от возможных аварий. При этом должно сохраняться равенство производимой и потребляемой энергии.

В сетях, нагрузкой которых, как правило, являются асинхронные двигатели, на устойчивость работы электропривода влияют не только механические характеристики двигателя и нагрузки, но и параметры элементов сети. Развитие промышленных предприятий обычно связано с вводом в эксплуатацию технологического оборудования или с модернизацией уже существующего, что требует решения задач по выбору оптимальных параметров сети электроснабжения для вновь вводимых технологических мощностей либо для оптимизации существующих схем электроснабжения. Одними из

основных элементов сети электроснабжения являются кабели.

Выбор оптимальных параметров кабелей обусловлен задачами, условно разделенными на технические и экономические.

Технические задачи связаны с поиском путей снижения потерь электроэнергии и падения напряжения и направлены на обеспечение надежности и эффективности электроснабжения. Поиск решения таких задач отражен в работах многих авторов. Например, в [1-9] приведены исследования проблемы оптимизации сети электроснабжения промышленных предприятий. Большое место в работах отводится построению сети с использованием нейронных сетей и генетического алгоритма [2-4]. Нелинейные уравнения потока нагрузки переменного тока и модели динамической нагрузки рассмотрены в [7]. Решение задачи нахождения полного множества допустимых конфигураций распределительной сети с помощью аппарата теории графов для нахождения предельных графов предложено в [9]. В [10-16] рассмотрены вопросы выбора оптимальных параметров кабелей распределительной системы, в том числе с использованием алгоритма оптимального выбора кабелей с радиальной топологией методом построения нелинейной модели смешанно-целочисленного программирования [10, 11] и с помощью генетического алгоритма [14].

Экономические задачи связаны с поиском оптимальных параметров элементов сети электроснабжения с учетом затрат. В работе [17] представлены результаты по анализу и оценке экономии электроэнергии в системах внутризаводского электроснабжения. В [18] использована оптимизация роя частиц в качестве подхода к экономичному выбору места ответвления кабелей.

Рост стоимости электроэнергии и элементов сети электроснабжения приводит к увеличению влияния на принятие решений при планировании экономических составляющих сетей электроснабжения. Поэтому авторами проведена работа по выявлению зависимостей между стоимостью элементов сети электроснабжения и их параметрами. Полученные выводы в дальнейшем послужат основой алгоритма выбора оптимальных параметров сети электроснабжения.

Определение зависимостей между стоимостью кабеля и его параметрами

В ходе исследования проанализирована информация о 960 типах одножильных, двухжильных, трехжильных, четырехжильных и пятижильных кабелей с медными жилами напряжением 0,66 кВ и 1 кВ с пластмассовой изоляцией (всего 6 марок: ВВГнг(А), ВВГнг(А)-LS, ВВГнг(А)-FRLS, ВВГнг(А)-LSLTx, ВВГнг(А)-FRLSLTx, ППГнг(А)-HF) и площадью сечения жилы от 1,5 до 300 мм² (всего 16 сечений).

При анализе использованы данные по максимальному длительному допустимому значению тока, сечению жилы кабеля, стоимости 1 м кабеля. Стоимость 1 м кабеля для каждого типа кабеля определена расчетным методом как значение медианы стоимостей.

Для исследования зависимостей стоимостей кабелей и некоторых удельных величин от площадей сечений жил кабелей построены графики (Рис. 1-4).

Рис. 1 и 2 построены для определения наличия зависимости между стоимостью кабеля длиной 1 м и площадью сечения. В качестве примера на Рис. 1

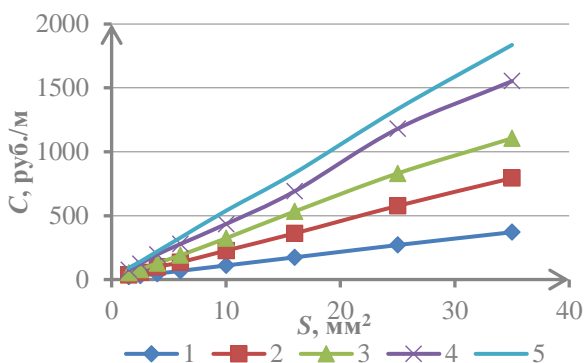


Рис. 2. Зависимость стоимости 1 м кабеля марки ВВГнг(А)-LS C от площади сечения S для кабелей с количеством жил: 1 – одна; 2 – две; 3 – три; 4 – четыре; 5 – пять

Fig. 2. The dependence of the cost of 1 m of ВВГнг(А)-LS C cable on the cross-sectional area S for cables with a number of cores: 1 – one; 2 – two; 3 – three; 4 – four; 5 – five

показаны графики для пятижильных кабелей марок ВВГнг(А)-LS, ВВГнг(А)-LSLTx, ППГнг(А)-HF, на Рис. 2 – для одножильных, двухжильных, трехжильных, четырехжильных и пятижильных кабелей марки ВВГнг(А)-LS.

Вид графиков демонстрирует наличие сильной положительной корреляции между стоимостью кабеля длиной 1 м и площадью сечения жилы. При этом из Рис. 1 заметно, что значения стоимости 1 м пятижильного кабеля марок ВВГнг(А)-LS,

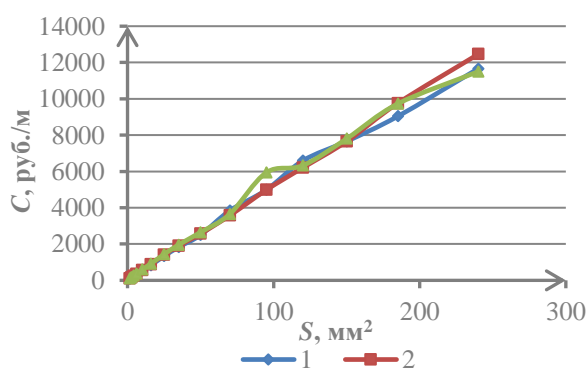


Рис. 1. Зависимость стоимости 1 м пятижильного кабеля C от площади сечения S для кабелей марок:

1 – ВВГнг(А)-LS; 2 – ВВГнг(А)-LSLTx;
3 – ППГнг(А)-HF

Fig. 1. The dependence of the cost of 1 m of a five-core cable C on the cross-sectional area S for cables of these brands: 1 – ВВГнг(А)-LS; 2 – ВВГнг(А)-LSLTx, ППГнг(А)-HF при равных площадях сечения имеют близкие значения.

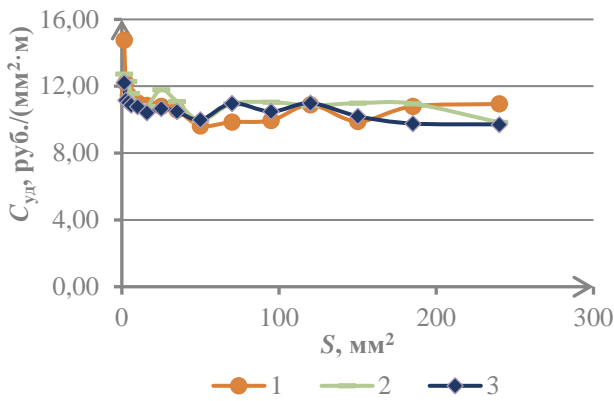


Рис. 3. Зависимость удельной стоимости 1 мм² кабеля марки ВВГнг(А)-LS длиной 1 м C_{уд} от площади сечения S (в пересчете на одну жилу): 1 – одножильный; 2 – четырехжильный; 3 – пятижильный

Fig. 3. The dependence of the unit cost of 1 mm² of ВВГнг(А)-LS C_{уд} cable with a length of 1 m on the cross-sectional area S (in terms of one core): 1 – single-core; 2 – four-core; 3 – five-core

Таблица 1. Удельная стоимость 1 мм² кабеля марки ВВГнг(А)-LS длиной 1 м (в пересчете на одну жилу)
Table 1. The unit cost of 1 mm² of ВВГнг(А)-LS cable with a length of 1 m (in terms of one core)

Площадь сечения, мм ²	Удельная стоимость, руб./мм ² ·м		
	1	4	5
1,5	14,77	12,73	12,21
2,5	12,20	12,28	11,17
4	11,47	12,29	11,02
6	11,29	11,56	10,88
10	11,01	10,86	10,77
16	10,86	10,79	10,42
25	10,80	11,80	10,67
35	10,59	11,09	10,49
50	9,63	9,95	9,99
70	9,86	10,95	10,98
95	9,96	11,05	10,49
120	10,89	10,86	10,99
150	9,90	10,99	10,21
185	10,79	10,96	9,77
240	10,94	9,84	9,72
Среднее	11,00	11,20	10,65

Для определения характера связи между стоимостью 1 м кабеля для одножильных, двухжильных, трехжильных, четырехжильных и пятижильных кабелей и площадью сечения кабеля рассчитан коэффициент корреляции. При этом стратификация исходных данных по типу изоляции не проводилась: в качестве исходных данных о стоимости 1 м кабеля для кабелей с одинаковым количеством жил учитывались стоимости кабелей с различным типом изоляции. Рассчитанный коэффициент корреляции

лежит в пределах от 0,993 до 0,999, что указывает на наличие практически функциональной зависимости. Таким образом, сделан вывод, что в формировании окончательной стоимости кабеля значительную долю вклада вносит стоимость меди, при этом вкладом материала изоляции в формировании окончательной стоимости можно пренебречь.

Для нахождения уравнения линейной регрессии использован метод наименьших квадратов. Коэффициенты *a* и *b* оптимальной функции найдены как решение системы:

$$\begin{cases} a \sum x_i^2 + b \sum x_i = \sum x_i y_i \\ a \sum x_i + b n = \sum y_i \end{cases}$$

где *x_i* – площадь сечения кабеля; *y_i* – стоимость 1 м кабеля, *n* – количество значений *x_i*.

Для решения системы уравнений применен метод Крамера:

$$\Delta = \begin{vmatrix} \sum x_i^2 & \sum x_i \\ \sum x_i & n \end{vmatrix},$$

$$\Delta_a = \begin{vmatrix} \sum x_i y_i & \sum x_i \\ \sum y_i & n \end{vmatrix},$$

$$\Delta_b = \begin{vmatrix} \sum x_i^2 & \sum x_i y_i \\ \sum x_i & \sum y_i \end{vmatrix},$$

$$a = \frac{\Delta_a}{\Delta},$$

$$b = \frac{\Delta_b}{\Delta}.$$

В результате вычислений для одножильных – пятижильных кабелей зависимости имеют следующий вид соответственно:

$$y = 10,253x + 18,580, \quad (1)$$

$$y = 22,206x - 14,905, \quad (2)$$

$$y = 34,274x - 14,187, \quad (3)$$

$$y = 41,728x - 59,853, \quad (4)$$

$$y = 51,106x - 97,439. \quad (5)$$

Полученные выражения описывают зависимость стоимости от площади сечения в ценах 2023 года. Для прогнозирования стоимости в последующие годы необходимо умножить полученную стоимость на индекс-дефлятор.

График на Рис. 3 на примере кабеля марки ВВГнг(А)-LS показывает зависимость удельной стоимости 1 мм² кабеля длиной 1 м от площади сечения (в пересчете на одну жилу).

Величины удельной стоимости 1 мм² кабеля определены путем деления стоимости кабеля длиной 1 м на площадь сечения жилы кабеля и количество жил и приведены в Таблице 1.

Из анализа зависимостей можно сделать вывод, что на интервале значений площадей сечений жил кабеля от 16 до 240 мм² значение удельной стоимости практически не меняется. Максимальное значение удельная стоимость принимает при значении площади сечения 1,5 мм².

Таблица 2 содержит данные об удельной стоимости 1 мм² и удельной стоимости передачи 1 А максимального длительного допустимого тока пятижильного кабеля марки ВВГнг(А)-LS при различных значениях площади сечения кабеля, определенные путем деления стоимости кабеля длиной

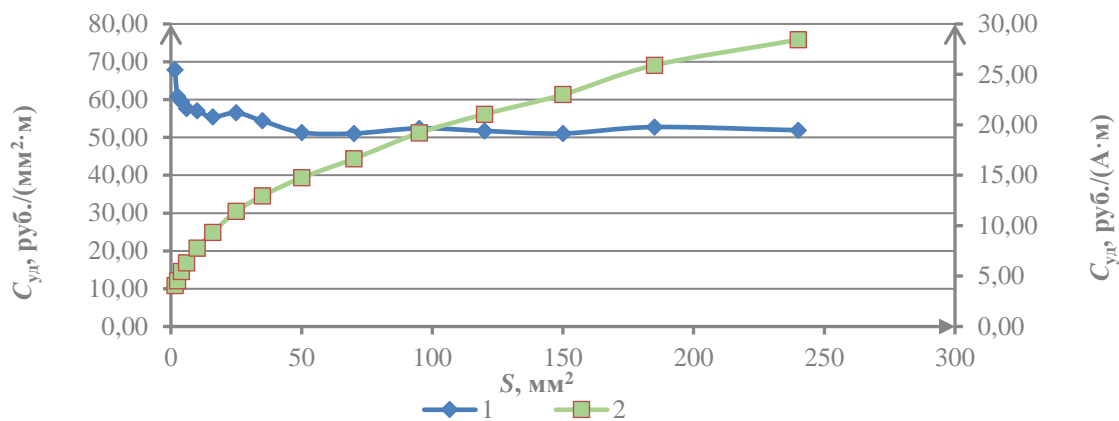


Рис. 4. Зависимости некоторых удельных стоимостей пятижильного кабеля марки ВВГнг(А)-LS от площади сечения S : 1 – удельная стоимость 1 мм² кабеля $C_{уд1}$, руб./мм²·м; 2 – удельная стоимость передачи 1 А максимального длительного допустимого тока $C_{уд2}$, руб./А·м

Fig. 4. The dependences of some unit costs of a five-core ВВГнг(А)-LS cable on the cross-sectional area S : 1 – the unit cost of 1 mm² cable $C_{уд1}$, rub./mm²·m; 2 – the unit cost of transmitting 1 A of the maximum long-term allowable current $C_{уд2}$, rub./A·m

Таблица 2. Удельная стоимость 1 мм² и удельная стоимость передачи 1 А максимального длительного допустимого тока пятижильного кабеля марки ВВГнг(А)-LS длиной 1 м

Table 2. The unit cost of 1 mm² and the unit cost of transmitting 1 A of the maximum long-term allowable current of a five-core ВВГнг(А)-LS cable with a length of 1 m.

Площадь сечения, мм ²	Удельная стоимость кабеля, руб./мм ² ·м	Удельная стоимость передачи, руб./А·м
1,5	67,87	4,05
2,5	60,86	4,54
4	59,49	5,44
6	57,65	6,30
10	57,06	7,77
16	55,39	9,34
25	56,51	11,42
35	54,39	12,96
50	51,30	14,70
70	51,05	16,63
95	52,42	19,19
120	51,72	21,05
150	51,05	23,00
185	52,74	25,91
240	51,90	28,44

1 м на площадь сечения и значение максимального длительного допустимого тока соответственно.

На основании данных, представленных в Таблице 2, построены графики зависимостей удельной стоимости 1 мм² и удельной стоимости передачи 1 А максимального длительного допустимого тока от площади сечения (Рис. 4).

Из рис. 4 видно: несмотря на то, что значение удельной стоимости 1 мм² пятижильного кабеля остается практически на неизменном уровне, зна-

чение удельной стоимости передачи 1 А максимального длительного допустимого тока возрастает с возрастанием площади сечения. При этом удельная стоимость передачи 1 А максимального длительного допустимого тока $C_{уд}$ пропорциональна квадратному корню из площади сечения S :

$$C_{уд} \sim \sqrt{S}.$$

Такой вид графика для удельной стоимости передачи 1 А максимального длительного допустимого тока объясняется следующим образом. Ранее было показано, что стоимость 1 м кабеля прямо пропорционально зависит от площади сечения. В свою очередь максимальный длительный допустимый ток связан с площадью сечения в соответствии с формулой:

$$I_d = AS^{3/4}, \quad (6)$$

где I_d – максимальный длительный допустимый ток; A – константа, зависящая от кабеля; S – площадь сечения жил.

Таким образом, из формулы (6) видно, что максимальный длительный допустимый ток возрастает медленнее, чем площадь сечения проводника, из-за того, что площадь сечения возведена в степень $3/4$.

Так, для кабеля длиной 1 м с площадью сечения 50 мм² удельная стоимость 1 мм² кабеля составляет 51,3 руб., а стоимость передачи 1 А максимального длительного допустимого тока – 14,7 руб. При площади сечения 240 мм² 1 мм² и 1 А максимального длительного допустимого тока стоят 51,9 и 28,4 руб. соответственно.

Так как максимальный длительный допустимый ток определяется исходя из площади сечения, материала жилы, материала изоляции, при больших значениях максимального длительного допустимого тока рассмотрена возможность применения нескольких кабелей меньшей площади сечения параллельно.

Для исследования возможности выбора нескольких параллельно соединенных кабелей меньшей площади сечения построены зависимости стоимости кабелей для разных значений максимального длительного допустимого тока (Рис. 5).

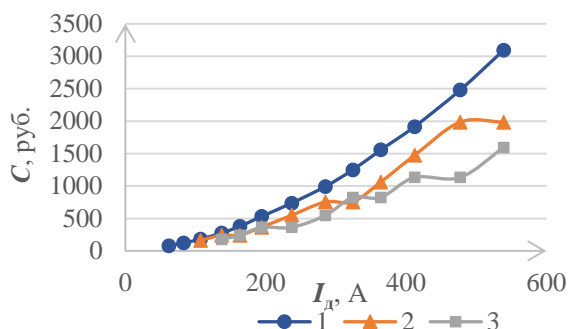


Рис. 5. Зависимость стоимости 1 м кабеля C от значения максимального длительного допустимого тока I_d : 1 – при прокладке одного кабеля; 2 – при параллельной прокладке двух кабелей; 3 – при параллельной прокладке трех кабелей

Fig. 5. The dependence of the cost of 1 m of the cable on the value of the maximum long-term allowable current I_d : 1 – when laying one cable; 2 – when laying two cables in parallel; 3 – when laying three cables in parallel

Учитывая, что удельная стоимость 1 мм² кабеля одножильных и многожильных кабелей (в пересчете на одну жилу) практически не меняется, для построения использованы стоимости, определенные в соответствии с выражением (1).

Из Рис. 5 следует наличие степенной зависимости между стоимостью 1 м кабеля C и максимальным длительным допустимым током I_d :

$$C \sim I_d^x,$$

где $x > 1$.

Кроме того, из Рис. 5 видно: чем больше значение максимального длительного допустимого тока, тем более существенная разница наблюдается в стоимости 1 м кабеля при прокладке одного кабеля и при прокладке нескольких кабелей меньшей площади сечения. Учитывая, что помимо затрат на покупку кабеля необходимо предусмотреть затраты на прокладку и техническое обслуживание, окончательный вывод о возможности применения нескольких кабелей меньшей площади сечения можно будет сделать только после учета указанных затрат.

3. Выводы

По итогам проведенного анализа сделаны выводы:

а) существует практически функциональная зависимость между стоимостью кабелей и площадью сечения жилы, следовательно, возможно предсказать стоимость для кабелей, у которых она неизвестна, для чего необходимо воспользоваться выражениями (1)-(5) с применением индекса-дефлятора.

б) удельные стоимости 1 мм² кабеля (в пересчете на одну жилу) имеют практически одинаковый характер для одножильных и многожильных кабелей и практически не зависят от площади сечения жилы;

в) значение удельной стоимости передачи 1 А максимального длительного допустимого тока воз-

растает с возрастанием площади сечения для кабелей с поливинилхлоридной изоляцией;

г) стоимость 1 м кабеля при параллельной прокладке нескольких кабелей меньшей площади сечения меньше, чем при прокладке одного кабеля, при этом разница в стоимости возрастает с увеличением значения максимального длительного допустимого тока. На данном этапе исследования очевидно преимущество использования способа параллельной прокладки кабелей меньшей площади сечения, однако окончательный вывод возможно сделать только после учета затрат на прокладку и техническое обслуживание кабелей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ерхан Ф. М., Войнеско Д. А., Лупушор И. Н., Банташ Р. Г. Принципы разработки алгоритмов оптимизации функциональной надежности распределительных систем с учетом влияния вероятностных факторов // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2014. № 2. С. 40–50.
2. Негадаев В. А. Построение и оптимизация распределительных сетей электроснабжения // Горное оборудование и электромеханика. 2019. № 4 (144). С. 56–62.
3. Негадаев В. А. Оптимизация магистральной сети электроснабжения ограниченной мощности // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2017. № 3 (121). С. 143–154.
4. Семенова Н. Г., Чернова А. Д. Выбор предпочтительного решения по развитию электрических сетей на основе нейросетевых технологий // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. 2018. Т. 18. № 3. С. 38–45.
5. Грачева Е. И., Алимова А. Н. Влияние компоновки оборудования схем на потери электроэнергии в цеховых сетях // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2018. № 3 (39). С. 80–92.
6. Садков Е. В. Оптимизация структуры системы электроснабжения промышленного предприятия за счет комплексного учета параметров и характеристик ее элементов // Энергобезопасность и энергосбережение. 2006. № 3. С. 6–10.
7. Farrag M. A., Khalil A. H., Omran S. Optimal conductor selection and capacitor placement in radial distribution system using nonlinear AC load // Int. Trans. Electr. Energy Syst. 2020. Vol. 30. №. 5. P. 1–19.
8. Гребенюк Г. Г., Крыгин А. А. Методы поиска конфигураций распределительных сетей // Автоматика и телемеханика. 2021. № 5. С. 35–44.
9. Бабанова И. С., Соловьев С. С. Повышение энергоэффективности и надежности горных предприятий на основе анализа графиков электрических нагрузок // Вести высших учебных заведений Черноморья. 2023. Т. 19. № 1 (71). С. 28–44.
10. Montoya O. D., Gil-González W., Grisales-Noreña L. F. On the mathematical modeling for optimal selecting of calibers of conductors in DC radial

distribution networks: An MINLP approach // Electr. Power Syst. Res. 2021. Vol. 194.

11. Gallego Pareja L. A., López-Lezama J. M., Carmona O. G. Optimal Integration of Distribution Network Reconfiguration and Conductor Selection in Power Distribution Systems via MILP // Energies. 2023. № 16.

12. Гладышева М. М., Ильина Е. А., Дьяконов Н. А., Маврина К. С., Шишиморов А. П. Анализ технико-экономических показателей и обоснование экономической целесообразности автоматизированной системы для выбора кабельных линий промышленных предприятий // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2018. № 6. С. 44–51.

13. Joshi D., Burada S., Mistry K. D. Distribution system planning with optimal conductor selection // Proc. Recent Develop. Control Autom. Power Eng. (RDCAPE). 2017. Oct. P. 263–268.

14. Sharma D., Jha P., Vidyasagar S. Optimal conductor selection using genetic algorithm // Int. J. Eng. Res. Technol. 2013. Vol. 2. № 4. P. 660–664.

15. Meier B. R., Chowdhury B. A simple approach to conductor sizing and prolonging the thermal life of electrical cables below 1000 V for industrial and commercial applications // IEEE Trans. Ind. Appl. 2019. Vol. 55. № 5. P. 4507–4514.

16. Montoya. O. D., Garces A., Castro C. A. Optimal conductor size selection in radial distribution networks using a mixed-integer non-linear programming formulation // IEEE Latin Amer. Trans. 2018. Vol. 16. № 8. P. 2213–2220.

17. Грачева Е. И., Горлов А. Н., Шакурова З. М. Анализ и оценка экономии электроэнергии в системах внутриводского электроснабжения // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22. № 2. С. 65–74.

18. Kumari M., Ranjan R. Economical Selection of Conductor in Radial Distribution System using PSO. // J. Inst. Eng. India Ser. 2022. № 103. P. 1105–1114.

© 2024 Автор. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Леонова Юлия Юрьевна, ассистент, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), LeonovaYuYu@kuzstu.ru.

Негадаев Владислав Александрович, доцент, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), кандидат технических наук, NegadaevVA@kuzstu.ru.

Заявленный вклад авторов:

Леонова Юлия Юрьевна – постановка исследовательской задачи, научный менеджмент, обзор соответствующей литературы, концептуализация исследования, сбор и анализ данных, обзор соответствующей литературы, выводы, написание текста.

Негадаев Владислав Александрович – постановка исследовательской задачи, научный менеджмент, обзор соответствующей литературы, концептуализация исследования, сбор и анализ данных, обзор соответствующей литературы, выводы, написание текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

DOI: 10.26730/1816-4528-2024-2-31-38

Yuliya Yu. Leonova, Vladislav A. Negadaev

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

*E-mail: NegadaevVA@kuzstu.ru

RATIONAL APPROACH TO CABLE SELECTION WHEN DESIGNING A POWER SUPPLY NETWORK



Abstract.

Uninterrupted provision of consumers with electrical energy of appropriate quality is the main task of building a power supply network. The required level of electricity quality is achieved by choosing the parameters of the

Article info

Received:

08 April 2024

Accepted for publication:

30 April 2024

Accepted:

15 May 2024

Published:

06 June 2024

Keywords: cable, copper core, plastic insulation, cross-sectional area, maximum allowable long-term current, correlation coefficient, unit cost.

elements of the power supply network, which is conditioned by tasks conditionally divided into technical and economic ones. This article presents the results of studies of the dependencies of the cost of the cable on its parameters: the cross-sectional area, the maximum allowable long-term current. The correlation coefficient between the cost of the cable and its cross-sectional area is determined, expressions describing this dependence are proposed (in prices of 2023). The method of naming squares was used to find the linear regression equation. The use of a deflator index to predict the cost of a cable is proposed. The dependences of the cost of 1 m of cable on the value of the maximum allowable long-term current when laying one cable and when laying several cables in parallel with a smaller cross-sectional area are considered. Based on the results of the study, the following conclusions were drawn: about the existence of a practically functional relationship between the cost of cables and the cross-sectional area of the core, which makes it possible to predict the cost for cables; about the advantage of using the method of parallel laying cables with a smaller cross-sectional area compared to laying one cable, which is especially significant for cables with a large cross-sectional area. It is noted that the specific costs of 1 mm² of cable (in terms of one core) are almost the same for single-core and multi-core cables and practically do not depend on the cross-sectional area of the core. It has been established that the value of the specific cost of transmitting 1 A of the maximum continuous permissible current increases with increasing cross-sectional area for cables with polyvinyl chloride insulation.

For citation: Leonova Yu.Yu., Negadaev V.A. Rational approach to cable selection when designing a power supply network. *Mining Equipment and Electromechanics*, 2024; 2(172):31-38 (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1816-4528-2024-2-31-38, EDN: KNXWPZ

REFERENCES

1. Erkhan F.M., Voinesko D.A., Lupushor I.N., Bantash R.G. Principles of developing algorithms for optimizing the functional reliability of distribution systems, taking into account the influence of probabilistic factors. *Energy. News of higher educational institutions and energy associations of the CIS*. 2014; 2:40.
2. Negadaev V.A. Construction and optimization of power distribution networks. *Mining equipment and electromechanics*. 2019; 4(144):56.
3. Negadaev V.A. Optimization of the main power supply network of limited capacity. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*. 2017; 3(121):43.
4. Semenova N.G., Chernova A.D. Selection of a preferable solution for the development of electrical networks based on neural network technologies. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Energy*. 2018; 18(3):38.
5. Gracheva E.I., Alimova A.N. The influence of circuit equipment layout on power losses in workshop networks. *Bulletin of the Kazan State Energy University*. 2018; 3(39):80.
6. Sadkov E.V. Optimization of the structure of the power supply system of an industrial enterprise through comprehensive accounting of the parameters and characteristics of its elements. *Energy safety and energy saving*. 2006; 3:6.
7. Farrag M.A., Khalil A.H., Omran S. Optimal conductor selection and capacitor placement in radial distribution system using nonlinear AC load. *Int. Trans. Electr. Energy Syst.* 2020; 30(5):1.
8. Grebenyuk G.G., Krygin A.A. Methods for searching distribution network configurations. *Automation and telemechanics*. 2021; 5:35.
9. Babanova I.S., Solovyov S.S. Increasing energy efficiency and reliability of mining enterprises based on the analysis of electrical load graphs. *News of higher educational institutions of the Chernozeem region*. 2023; 19, 1(71):28.
10. Montoya O.D., Gil-González W., Grisales-Noreña L.F. On the mathematical modeling for optimal selection of calibers of conductors in DC radial distribution networks: An MINLP approach. *Electr. Power Syst. Res.* 2021; 194.
11. Gallego Pareja L.A., López-Lezama J.M., Carmona O.G. Optimal Integration of Distribution Network Reconfiguration and Conductor Selection in Power Distribution Systems via MILP. *Energies*. 2023; 16.
12. Gladysheva M.M., Ilyina E.A., Dyakonov N.A., Mavrina K.S., Shishimorov A.P. Analysis of technical and economic indicators and justification of the economic feasibility of an automated system for selecting cable lines of industrial enterprises. *Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law*. 2018; 6: 44.
13. Joshi D., Burada S., Mistry K.D. Distribution system planning with optimal conductor selection. *Proc. Recent Develop. Control Autom. Power Eng. (RDCAPE)*. 2017; 263.
14. Sharma D., Jha P., Vidyasagar S. Optimal conductor selection using genetic algorithm. *Int. J. Eng. Res. Technol.* 2013; 2, 4:660.
15. Meier B.R., Chowdhury B. A simple approach to conductor sizing and prolonging the thermal life of

electrical cables below 1000 V for industrial and commercial applications. *IEEE Trans. Ind. Appl.* 2019; 55, 5:4507.

16. Montoya. O.D., Garces A., Castro C.A. Optimal conductor size selection in radial distribution networks using a mixed-integer non-linear programming formula. *IEEE Latin Amer. Trans.* 2018; 16, 8:2213.

17. Gracheva E.I., Gorlov A.N., Shakurova Z.M. Analysis and assessment of energy savings in in-plant power supply systems. *News of higher educational institutions. Energy problems.* 2020; 22, 2:65.

18. Kumari M., Ranjan R. Economical Selection of Conductor in Radial Distribution System using PSO. *J. Inst. Eng. India Ser.* 2022; 103:1105.

© 2024 The Author. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the authors:

Yuliya Yu. Leonova, Assistant, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, street Vesennaya, Kemerovo, 650000, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9199-2772>, Russia, LeonovaYuYu@kuzstu.ru

Vladislav A. Negadaev, C. Sc. (Engineering), Associate Professor, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, street Vesennaya, Kemerovo, 650000, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4649-4053>, NegadaevVA@kuzstu.ru

Contribution of the authors:

Yuliya Yu. Leonova – research problem statement; scientific management, reviewing the relevant literature; conceptualisation of research, data collection, data analysis, reviewing the relevant literature, drawing the conclusions, writing the text.

Vladislav A. Negadaev – research problem statement; scientific management, reviewing the relevant literature; conceptualisation of research, data collection, data analysis, reviewing the relevant literature, drawing the conclusions, writing the text.

All authors have read and approved the final manuscript.

