

2-10-2020

SELECTION OF OPTIMAL PARAMETERS OF ELECTRIC CABLES BASED ON THE MINIMAX CRITERIA FOR UNCERTAIN CONDITIONS

A. D. Taslimov

Tashkent State Technical University named Islam Karimov, author@ferpi.uz

F. M. Rakhimov

Tashkent State Technical University named Islam Karimov, author@ferpi.uz

A. S. Berdyshev

Tashkent Institute of Irrigation and Mechanization Engineers Agriculture, author@ferpi.uz

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi>

Recommended Citation

Taslimov, A. D.; Rakhimov, F. M.; and Berdyshev, A. S. (2020) "SELECTION OF OPTIMAL PARAMETERS OF ELECTRIC CABLES BASED ON THE MINIMAX CRITERIA FOR UNCERTAIN CONDITIONS," *Scientific-technical journal*: Vol. 24 : Iss. 2 , Article 11.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi/vol24/iss2/11>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Scientific-technical journal by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

SELECTION OF OPTIMAL PARAMETERS OF ELECTRIC CABLES BASED ON THE MINIMAX CRITERIA FOR UNCERTAINTY CONDITIONSA.D. Taslimov¹, F.M. Rakhimov¹, A.S. Berdyshev²¹Tashkent State Technical University named Islam Karimov,²Tashkent Institute of Irrigation and Mechanization Engineers Agriculture**ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ КАБЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПО МИНИМАКСНЫМ КРИТЕРИЯМ**А.Д. Таслимов¹, Ф.М. Рахимов¹, А.С.Бердышев²¹Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова,²Ташкентский институт ирригации мелиорации сельского хозяйства**ЭЛЕКТР ТАРМОҚЛАРИ КАБЕЛЛАРИНИНГ ОПТИМАЛ ПАРАМЕТРЛАРИНИ НОАНИҚЛИК ШАРОИТЛАРДА МИНИМАКС МЕЪЗОНЛАР АСОСИДА ТАНЛАШ**А.Д. Таслимов¹, Ф.М. Рахимов¹, А.С.Бердышев²¹Ислом Каримов номидаги Ташкент давлат техника университети,²Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти

Abstract.: The article analyzes the optimization criteria used in uncertainty conditions. When the variation in load time is uncertain, the number and values of standard cross-sectional cables were chosen using the Wald and Sevidj minimax criteria. Recommendations on the value of optimal parameters are given.

Keywords: uncertainty, the criterion, parameter, cable section surface, method, target function, optimization.

Аннотация: в статье проводится анализ критериев оптимизации применяемых в условиях неопределенности исходной информации, осуществляется выбор количество и значений стандартных сечений кабелей в условиях неопределенности развитие нагрузки во времени с помощью минимаксных критериев Вальда и Сэвиджа, а также сформированы рекомендации по значениям оптимальных параметров.

Ключевые слова: неопределенность, критерий, параметр, сечений кабелей, методика, целевая функция, оптимизация.

Аннотация: Мақолада ноаниқлик шароитларида қўлланиладиган оптималлаш меъзонлари тахлил қилинади, юклагани вақт бўйича ўзгариши ноаниқ бўлганда кабелларнинг стандарт кесим юзалари сони ва қийматлари Вальд ва Сэвидж минимакс меъзонлари ёрдамида танлаш амалга оширилган, ҳамда оптимал параметрларнинг қийматлари бўйича тавсиялар берилган.

Таянч сўзлар: ноаниқлик, меъзон, параметр, кабель кесим юзаси, усул, мақсадли функция, оптималлаштириш.

При прогнозировании оптимального развития и построения распределительных электрических сетей (РЭС) следует учитывать технико-экономические возможности выбора оптимальных параметров при росте электрических нагрузок в достаточно широких пределах. При этом на основе математических моделей РЭС выявляются оптимальные параметры сети, соответствующие рядом изменений исходной информации и выявляется оптимальное построение РЭС для ряда параметров, что в определенном масштабе отражает развитие этой

ENERGETICS, THE ELECTRICAL ENGINEERING, ELECTRONIC DEVICES AND INFORMATION TECHNOLOGIES

сети по времени. Полученные совокупности оптимальных параметров определяют рациональное построение сети и стратегию развития параметров [1].

В этих условиях задача выбора оптимальных параметров РЭС решается с учетом неопределенности комплекса факторов, характеризующих развитие нагрузки в рассматриваемом периоде времени. Такими факторами являются: нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, коэффициент начальной нагрузки в долях от проектной, законы роста нагрузки во времени; ежегодный равномерный и неравномерный рост нагрузки; год достижения проектной нагрузки с момента ввода трансформаторной подстанции(ТП) в эксплуатацию; рассматриваемый период времени, например, расчетный срок работы проектируемой сети до ее реконструкции [2].

Согласно [3], выбор оптимальных значений параметров РЭС должно осуществляться на основе критерий оптимизации в условиях неопределенности исходной информации. В зависимости от той или иной степени неопределенности информация классифицируется «информационными ситуациями». Информационная ситуация представляет собой разделение неопределенности состояний природы из заданного множества $S = \{S_1, \dots, S_n\}$ которой имеет ЛППР в момент получения решения. Разработаны разряды информационных ситуаций и предлагается семь разрядов информационных ситуаций. Если информационная ситуация характеризуется нечетким множеством состояний природы, то задача выбора решается методами теории нечетких множеств [4]. В зависимости от принадлежности информации к определенной информационной ситуации необходимо использовать тот или иной критерий выбора решения, которые широко используются в решении практических задач [5; 6].

Когда известны вероятности всех значений неопределенного фактора(первая информационная ситуация) используются методы теории статистических решений, а именно критерия Байеса. При этом оптимальное решение соответствует максимуму (минимуму) математического ожидания вектора эффективности, взвешенному по вероятностям состояния среды. При дискретно заданных вероятностях состояний природы критерий Байеса записывается следующим образом [5]:

$$\sum_{j=1}^n (p_j \cdot Y_{jk}) \rightarrow \min ,$$

где p_j - вероятность состояния природы, причем $\sum_{j=1}^n p_j = 1$, где n - число всех рассматриваемых состояний природы; Y_{jk} – вектор эффективности (функционал) для k -й стратегии при j - ом состоянии природы.

Обычно в условиях неопределенности развития нагрузки может быть известна плотность распределения $F(\beta)$ ежегодного темпа роста нагрузки β , который рассматривается как непрерывно распределенная случайная величина. При аналитическом представлении зависимости вектора эффективности $Y(\beta)$ от случайной величины β , то критерий Байеса записывается следующим образом [5]:

$$\int_{q_{\min}}^{q_{\max}} F(\beta) \cdot Y(\beta) \cdot d\beta \rightarrow \min$$

В первой и во второй информационных ситуациях оптимальное решение выбирается на основе критерия Байеса.

В третьей информационной ситуации решение выбирается на основе теории отношений [3].

Критерий Бернулли - Лапласа применяется для выбора решения в четвертой информационной ситуации. При этом, если отсутствуют данные о состоянии природы, то

ENERGETICS, THE ELECTRICAL ENGINEERING, ELECTRONIC DEVICES AND INFORMATION TECHNOLOGIES

считается, что одно из состояний природы более вероятно, чем любое другое. Данный критерий рекомендуется как наиболее простейший для определения значений вероятностей состояния природы. Критерий Бернулли - Лапласа математически описывается в следующем образом [3]:

$$\frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n Y_{jk} \rightarrow \min$$

В пятой информационной ситуации при антагонистических интересах природы для решение применяются критерий Вальда или Сэвиджа.

Согласно критерию Вальда оптимальное решение выбирается по условию:

$$\max_j Y_{jk} \rightarrow \min$$

При применении критерия Сэвиджа используется понятие риска R_{jk} и оптимальное решение выбирается по условию [3,6]:

$$R_{jk} = Y_{jk} - \min_j Y_{jk}$$

По критерию Сэвиджа оптимальной считается та стратегия, при которой величина риска минимальна в наихудших условиях [6]:

$$\max_j R_{jk} \rightarrow \min$$

Общий недостаток выбора решения по обоим критериям, заключается в том, что полученные решения мало чувствительны к дополнительной информации о неопределенных факторах.

В шестой информационной ситуации находится критерий Гурвица. Условие выбора стратегию по данному критерию составляет [3]:

$$(\xi \cdot \max_j Y_{jk} + (1 - \xi) \cdot \min_j Y_{jk}) \rightarrow \min$$

где ξ - коэффициент пессимизма, выбираемый ЛПР между нулем и единицей.

В результате анализа и обработки дополнительной информации получены вероятности того или иного темпа роста нагрузки (состояния природы), поэтому критерием выбора решения является критерий Байеса. Но возникает вопрос о достоверности получаемых результатов: городские РЭС очень много, сооружаются они в разнообразных условиях (площадь района города, поверхностная плотность нагрузки, потребителей, градостроительные требования) и с различными параметрами (напряжение, мощность, сечение). В этих условиях невозможно достоверно определить вероятности темпов развития.

Таким образом для принятия более обоснованного решения можно предложить использовать следующий способ: в любой информационной ситуации с первой по четвертой (именно эти информационные ситуации характеризуют состояния исходной информации технической системы и, в частности, системы электроснабжения) решение определяется по трем критериям: Вальда, Сэвиджа и Бернулли-Лапласа, которые не учитывают вероятности неопределенных факторов, несмотря на то, что критерии Вальда и Сэвиджа являются критериями выбора в пятой информационной ситуации (антагонистическая природа). Если решения, полученные по трем данным критериям, совпадают, то это решение принимается за рациональное; если же полученные решения не совпадают, то рациональное решение определяется по методу районирования.

При применении минимаксных критериев задача выбора оптимального количества сечений кабелей решается в ходе «игры с природой», в которой количества сечений кабелей являются стратегиями, а законы роста нагрузки, расчетный срок, срок достижения проектной нагрузки и т.д. – неопределенными состояниями природы. Множество состояний природы

ENERGETICS, THE ELECTRICAL ENGINEERING, ELECTRONIC DEVICES AND INFORMATION TECHNOLOGIES

ограничено областью возможных значений минимального и максимального пределов изменения результирующего неопределенного фактора.

При выборе количества сечений кабелей критерия оптимизации составляет [7]:

$$Z(N_F, \Phi) = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 N_{F,i}^{-1} + \delta_4 \Phi N_F^{0,3} \quad (1)$$

$$N_F \in \{1, N\}, \quad \Phi \in S, \quad S: \Phi_{\min} \subseteq \Phi \subseteq \Phi_{\max},$$

где $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$ – постоянные составляющие критерия оптимизации;

Φ – результирующий неопределенный фактор; S – множество реализаций неопределенного фактора, соответствующие множеству сочетаний «состояний природы»; N_F – множество стратегий, соответствующее количеству сечений кабелей.

Критерий Вальда: В данном методе оптимальной является та стратегия, для которой достигается минимум максимальных значений критерия оптимизации:

$$\min_{N_F \in N} \max_{\Phi \in S} Z(N_F, \Phi)$$

Указанный выше критерий ориентируется на наиболее неблагоприятные стечения обстоятельств по неопределенному фактору. В данном случае гарантируется, что критерий оптимизации – при любом состоянии природы – не будет больше некоторой гарантированной величины.

Так как, с увеличением значения неопределенного фактора критерий оптимизации увеличивается, то имеем

$$\max_{\Phi \in S} Z(N_F, \Phi) = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 N_{F,i}^{-1} + \delta_4 \Phi_{\max} N_F^{0,3}$$

Тогда критерий Вальда принимает вид:

$$\min_{N_F \in N} \left[\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 N_{F,i}^{-1} + \delta_4 \Phi_{\max} N_F^{0,3} \right] \quad (2)$$

Таким образом, по критерию Вальда задача выбора оптимального количества сечений кабелей сводится к определению минимальных суммарных затрат при максимальном значении неопределенного фактора.

Критерий Сэвиджа: Оптимальной является та стратегия, для которой минимальна величина риска (R) от не информированности о значениях результирующего неопределенного фактора:

$$\min_{N_F \in N} \max_{\Phi \in S} R(N_F, \Phi) \quad (3)$$

$$\max_{\Phi \in S} R(N_F, \Phi) = \max_{\Phi \in S} \left[Z(N_F, \Phi) - \min_{N_F \in N} Z(N_F, \Phi) \right],$$

$$\text{где } \Phi \in S \quad \Phi \in S \quad N_F \in N$$

- максимально возможно потери относительно минимума суммарных затрат по области возможных значений Φ .

Выражение (3) можно привести к виду:

$$\min_{N_F \in N} \max_{\bar{N}_F \in N} \max_{\Phi \in S} \left[Z(N_F, \Phi) - Z(\bar{N}_F \in N) \right] \quad (4)$$

ENERGETICS, THE ELECTRICAL ENGINEERING, ELECTRONIC DEVICES AND INFORMATION TECHNOLOGIES

где \bar{N}_F - значения количества сечений, соответствующих минимуму суммарных затрат при предельных значениях Φ .

Максимум разности критерия оптимизации при использовании стратегии N_F по сравнению со стратегией $\bar{N}_F(\max_{\Phi} R_{N_F})$ зависит как от максимального, так и от минимального значений Φ .

Тогда с учетом (1), выражения (4) принимает вид:

$$\min_{N_F \in N} \max_{\bar{N}_F \in N} \max_{\Phi \in S} \left[\delta_3 (N_F^{-1} - \bar{N}_F^{-1}) + \delta_4 (N_F^{0.3} - \bar{N}_F^{0.3}) \Phi \right], \quad (5)$$

Таким образом, в задаче выбора оптимального количества сечений кабелей по критерию Сэвиджа используется метод парного сравнения стратегий [7].

Численное решение уравнений (2) и (5) дает оптимальные значения количества сечений кабелей РЭС 0,38 и 10кВ, определяемые соответственно по критериям Вальда и Сэвиджа. При принятых исходных данных [2] определенные по критериям Вальда и Сэвиджа оптимальные значения количества сечений кабелей РЭС приведены в таблице.

Как видно из таблицы влияние различных законов роста нагрузки на выбор оптимального количества сечений кабелей РЭС неодинаково при оценках по критериям Вальда и Сэвиджа. Так, по критерию Вальда оптимальные значения количества сечений кабелей составляют один или два – при равномерном законе роста нагрузки (во всем диапазоне плотности электрической нагрузки). А по критерию Сэвиджа оптимальные значения количества сечений кабелей практически не зависят от закона роста нагрузки.

Такой характер влияния законов роста нагрузки объясняется тем, что в данной задаче оптимальные по критерию Вальда значения количества сечений кабелей определяются по Φ_{max} учитывая большую роль потерь электроэнергии; последние различны для разных законов роста нагрузки. По критерию Сэвиджа оптимальные количества сечений кабелей определяются по Φ_{min} (небольшая роль потерь электроэнергии), значения которого примерно одинаковы для рассматриваемых законов роста нагрузки (таблица).

Таблица
Оптимальные по критериям Вальда и Сэвиджа количества сечений кабелей РЭС

Закон роста нагрузки	Критерии	Петлевые схемы сети	Двухлучевые схемы сети
		$\sigma < 10 \text{ мВА/км}^2$	$\sigma > 10 \text{ мВА/км}^2$
Равномерный	Вальда	2	1
	Сэвиджа	2	1
Неравномерный	Вальда	1	1
	Сэвиджа	2	1

С учетом вышесказанного и анализа результатов по минимаксным критериям, приведенных в таблице можно сделать следующие выводы.

В РЭС - при небольших плотностях электрической нагрузки (до 10-12мВА/км²), оптимальным является применение двух сечений кабелей (240 и 95 мм² или 185 и 70 мм²); - больших плотностях нагрузки (более 10-12мВА/км²) оптимальным является применение одного сечения кабелей (150 или 120мм²).

ENERGETICS, THE ELECTRICAL ENGINEERING, ELECTRONIC DEVICES AND INFORMATION TECHNOLOGIES

Проведен расчет потерь электроэнергии в кабельных линиях для реальных жилых районов города за счет применения ограниченного количества стандартных сечений кабелей. Расчеты показывают, что применение двух стандартных сечений вместо 6-8, выбранных в соответствии с действующими нормами, приводит к снижению потерь электроэнергии в кабельных линиях на 12-15% в год. При этом снижение удельных потерь электроэнергии в среднем составляет 20 кВт·ч/год на 1 кВт нагрузки на шинах трансформаторной подстанций.

References:

- [1]. A.D.Taslimov. Matematicheskie modeli v zadachax optimizatsii parametrov i struktur sistem elektrosnabjeniya gorodov // Nauchno-texnicheskij jurnal «Problemi energo-i resursosberejeniya». Tashkent, 2017. - № 3-4. S. 62-65.
- [2]. A.D.Taslimov. Unifikatsiya parametrov gorodskix raspreditel'nyx elektricheskix setey v usloviyax neopredelennosti: Monografiya. – T.: TashGTU, 2019. – 148 s.
- [3]. Truxaev R.I. Modeli prinyatiya resheniy v usloviyax neopredelennosti. - M.: Nauka, 1981. – 258 s.
- [4]. Leshinskaya T.B. Metodi mnogokriterialnoy optimizatsii sistem elektrosnabjeniya selskix rayonov v usloviyax neopredelennosti iskhodnoy informatsii. - M.: Agrokonsalt, 1998. – 120 s.
- [5]. Levin M.S., Leshinskaya T.B. Metodi teorii resheniya v zadachax optimizatsii sistem elektrosnabjeniya. - M.: Izd-vo VIESX, ch.1. 2006. - 130s.
- [6]. Venttsel Ye.S. Issledovanie operatsiy. - M.: Visshaya shkola, 2001.- 208 s.
- [7]. Taslimov A.D., Melikuziev M.V., Murodov B.K. Razrabotka tekhniko-ekonomicheskoy modeli optimizatsii parametrov raspredelitel'noy seti // Jurnal «Vestnik TashGTU». Tashkent, 2018. - № 3. S. 53-57.

Литература

- [1]. А.Д.Таслимов. Математические модели в задачах оптимизации параметров и структур систем электроснабжения городов // Научно-технический журнал «Проблемы энерго-и ресурсосбережения». Ташкент, 2017. - № 3-4. С. 62-65.
- [2]. А.Д.Таслимов. Унификация параметров городских распределительных электрических сетей в условиях неопределенности: Монография. – Т.: ТашГТУ, 2019. – 148 с.
- [3]. Трухаев Р.И. Модели принятия решений в условиях неопределенности. - М.: Наука, 1981. – 258 с.
- [4]. Лещинская Т.Б. Методы многокритериальной оптимизации систем электроснабжения сельских районов в условиях неопределенности исходной информации. - М.: Агроконсалт, 1998. – 120 с.
- [5]. Левин М.С., Лещинская Т.Б. Методы теории решения в задачах оптимизации систем электроснабжения. - М.: Изд-во ВИЭСХ, ч.1. 2006. - 130с.
- [6]. Вентцель Е.С. Исследование операций. - М.: Высшая школа, 2001.- 208 с.
- [7]. Таслимов А.Д., Меликузиев М.В., Муродов Б.К. Разработка технико-экономической модели оптимизации параметров распределительной сети // Журнал «Вестник ТашГТУ». Ташкент, 2018. - № 3. С. 53-57.

Web сайтлар

- [1]. ataslimov@mail.ru