

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПЛАНИРОВАНИЯ
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕЖИМОВ СИСТЕМ
ПРОМЫШЛЕННОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПО
КРИТЕРИЮ МИНИМУМА ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ ПРИ
НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИНФОРМАЦИИ О НАГРУЗКАХ**

А.А. Крубцова, А.В. Малафеев

*ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова», Россия, г. Магнитогорск
anastasiya_289@mail.ru, malapheev_av@mail.ru*

Аннотация

Статья посвящена проблеме планирования эксплуатационных режимов систем электроснабжения предприятий с учетом расхода электроэнергии на выработку заказанного объема металлопродукции. Для решения поставленных задач создана методика планирования эксплуатационных режимов систем электроснабжения, базирующаяся на теории нечетких множеств и предусматривающая формирование функций принадлежности на основе обобщенных показателей графиков нагрузки.

Ключевые слова: система электроснабжения, неоднозначность информации, электрические нагрузки, нечеткие интервалы, функция принадлежности, потери мощности.

**DEVELOPMENT OF METHODS OF PLANNING OF
OPERATING MODES OF POWER SUPPLY INDUSTRIAL
SYSTEMS ON THE CRITERION OF MINIMUM POWER
LOSSES TAKING INTO ACCOUNT THE UNCERTAINTY
OF INFORMATION ABOUT LOADS**

A.A. Krubtsova, A.V. Malafeev

*Nosov Magnitogorsk State Technical University
Russia, Magnitogorsk
anastasiya_289@mail.ru, malapheev_av@mail.ru*

Abstract

Article is devoted to the problem of industrial works power supply systems operating modes scheduling taking into account the energy consumption on the production of the metal products ordered volume. To solve the problems created by the planning methodology of power supply systems operating

conditions, based on the fuzzy sets theory and provides for the formation of the membership functions on the basis of the load summary measures.

Key words: power-supply system, ambiguity of information, electrical loads, fuzzy interval, membership function, watt loss.

Актуальность работы

При планировании эксплуатационных режимов систем электропитания металлургических предприятий весьма важным является учет планового объема заказов на готовую продукцию и связанный с этим объем производства по основным переделам. Объем продукции и характер технологического процесса являются решающими факторами при формировании графиков нагрузки цеховых подстанций. При этом необходимо решение следующих задач:

- 1) сбор и анализ информации о системе электроснабжения и суточных графиках нагрузки металлургического предприятия;
- 2) исследование на соответствие нормальному закону распределения графиков нагрузки фидеров подстанций;
- 3) расчет обобщенных показателей графиков нагрузки, позволяющих выделить характер функции принадлежности без привязки к конкретному технологическому цеху;
- 4) вывод об использовании того или иного математического аппарата для моделирования электрических нагрузок;
- 5) расчет потерь активной мощности с помощью специализированного программного обеспечения.

Учет особенностей формирования суточных графиков на каждом металлургическом предприятии возможен на основе данных автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии. Исходными данными для расчета потерь активной мощности являются графики электрических нагрузок фидеров подстанций. Для расчета установившихся режимов систем электроснабжения на кафедре ЭПП МГТУ им. Г.И. Носова разработаны алгоритм и программа для решения большого количества задач. Программа может быть использована для расчета установившегося режима в разомкнутой сети.

Определение потерь по результатам расчёта установившегося режима позволяет выделить участки сети с повышенным значением потерь и разработать мероприятия по их снижению.

Графики электрических нагрузок на разных уровнях системы электроснабжения могут либо подчиняться, либо не подчиняться нормальному закону распределения. Для оценки соответствия подчинения нормальному закону распределения служат такие критерии, как критерии Шапиро-Уилка, Колмогорова-Смирнова и Лиллиефорса. Если

графики подчиняются нормальному закону распределения, то далее расчеты могут проводиться на основе их статистической обработки, если же графики нагрузки не подчиняются нормальному закону распределения, то предлагается использовать теорию нечетких множеств, в частности нечеткие интервалы.

Для задания границы нечеткого интервала будем использовать Z-образную функцию принадлежности [1]. Неопределенность информации об электрических нагрузках подстанций металлургических предприятий учтем введением лингвистической переменной «Нагрузка».

С целью планирования параметров режима электрические нагрузки целесообразно разделить на пять характерных областей, соответствующих различной производительности цехов, см. рис. 1.

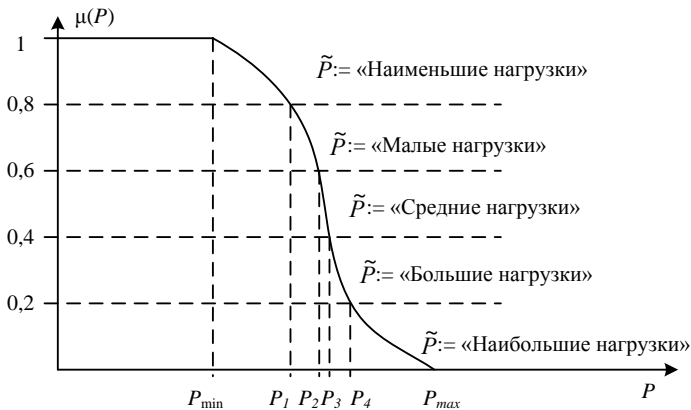


Рис. 1. Лингвистическая переменная «Нагрузка»

Конкретные числовые значения при этом следует определять, пользуясь таблицей соответствия (табл. 1), r_p – коэффициент соответствия между лингвистическими и числовыми значениями.

Таблица 1

Лингвистическое значение \tilde{P}	r_p , о.е.
«наименьшие»	0,0...0,2
«малые»	0,2...0,4
«средние»	0,4...0,6
«большие»	0,6...0,8
«наибольшие»	0,8...1,0

Для представления графиков нагрузки в виде нечетких интервалов были использованы формулы [3]:

$$\mu_Z(P_i; P_{\min}, P_{\max}) = \left\{ \begin{array}{ll} 1, & P_i \leq P_{\min} \\ 1 - 2 \left(\frac{P_i - P_{\min}}{P_{\max} - P_{\min}} \right)^2, & P_{\min} < P_i \leq \frac{P_{\min} + P_{\max}}{2} \\ 2 \left(\frac{P_{\max} - P_i}{P_{\max} - P_{\min}} \right)^2, & \frac{P_{\min} + P_{\max}}{2} < P_i < P_{\max} \\ 0, & P_{\max} \leq P_i \end{array} \right\}$$

Для расчета графиков нагрузки как нечетких интервалов была принята формула, позволяющая определить нагрузку для определенного уровня значимости:

$$P^* = P_{\min} + (P_{\max} - P_{\min}) \cdot r_p(P_i).$$

Замена реальных графиков нагрузки их вероятностными характеристиками позволяет определить вероятностные характеристики потери мощности в системе электроснабжения.

Для выявления характера функции принадлежности без привязки к конкретному технологическому процессу предлагается использовать коэффициент характера функции принадлежности:

$$k_{\text{хфп}} = k_{\text{зп}} \cdot k_{\text{фг}} = \frac{P_{\text{с.к}}}{P_{\text{max}}},$$

где $k_{\text{зп}}$ – коэффициент заполнения графика; $k_{\text{фг}}$ – коэффициент формы графика; $P_{\text{с.к}}$ – среднеквадратичная активная мощность; P_{max} – максимальная активная мощность.

Если коэффициент характера функции принадлежности больше 0,5, то для планирования электрических нагрузок активной мощности в сетях металлургических предприятий целесообразно применять Z-образную функцию принадлежности в традиционном виде [2].

Если коэффициент характера функции принадлежности меньше 0,5, то для корректного использования Z-образной функцию принадлежности при планировании графиков электрических нагрузок активной мощности целесообразно ввести коэффициент корректировки графика $k_{\text{кг}}$ с учетом 10-процентной погрешности изменения графика электрической нагрузки:

$$k_{кз} = 1,1 \left\{ \begin{array}{ll} (P_{\max} - P_{\min}) / P_{\min}, & P_{\min} < P_i < P_{\max} \\ 0, & P_i = P_{\min} \\ 0, & P_i = P_{\max} \end{array} \right\}.$$

Для расчета потерь активной мощности фидеров подстанций с различным характером нагрузок предлагается использовать программный комплекс КАТРАН, разработанный на кафедре ЭПП МГТУ.

По истечении планового периода персоналу предприятия для оценки адекватности используемых математических моделей необходимо оценить сформированные функции принадлежности путем сравнения расчетных потерь, определяемых по замеренным графикам нагрузки, и графикам нагрузки, заданных с использованием предложенного математическим аппаратом. Проведенное сравнение позволит сделать вывод о необходимости корректировки принятых коэффициентов функции принадлежности.

Таким образом, методика планирования эксплуатационных режимов систем электроснабжения промышленного предприятия по критерию минимума потерь активной мощности с учетом неопределенности информации о нагрузках включает в себя:

- 1) анализ системы электроснабжения и регистрацию данных о суточных графиках нагрузок фидеров подстанций металлургического предприятия;
- 2) расчет обобщенных показателей графиков нагрузки;
- 3) формирование функций принадлежности;
- 4) разработку вариантов возможных эксплуатационных схем;
- 5) определение лингвистической переменной «Нагрузка» и соответствующих числовых значений;
- 6) расчет потерь активной мощности для намеченных вариантов с учетом прогнозных значений нагрузки;
- 7) выявление наиболее целесообразного по технико-экономическим показателям варианта.

Список литературы

1. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 168 с.
2. Коньшева Л.К., Назаров Д.М. Основы теории нечетких множеств: Учебное пособие / Л.К. Коньшева, – СПб.: Питер, 2011. – 192 с.
3. Малафеев А.В., Антоненко А.А. Математическое представление электрических нагрузок промышленных предприятий в задаче оп-

ределения потерь электроэнергии с использованием аппарата теории нечетких множеств // Промышленная энергетика. – 2013. – №1. – С. 9-13.

УДК 621.3.052

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ И СИСТЕМЫ ОГРАНИЧЕНИЙ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ГРАФИКОВ РЕМОНТА ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

С.В. Беляев, А.В. Малафеев

*ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова», Россия, г. Магнитогорск
met321@pochta.ru, malapheev_av@mail.ru*

Аннотация

В статье дано обоснование выбора метода оптимизации и системы ограничений при построении и корректировке графиков ремонтов. Показана многокритериальность поставленной задачи. Описана система ограничений, использование которых необходимо при формировании алгоритма.

Ключевые слова: график ремонта, оптимизация, метод ветвей и границ, системная надежность, загрузка персонала, многокритериальная задача.

DEFINITION OF THE OBJECTIVE FUNCTION AND CONSTRAINT SYSTEM IN THE OPTIMIZATION OF REPAIRS SCHEDULES OF POWER SUPPLY EQUIPMENT

Sergey V. Beljaev, Alexey V. Malafeev

*Nosov Magnitogorsk State Technical University
Russia, Magnitogorsk
met321@pochta.ru, malapheev_av@mail.ru*

Abstract

The article gives a rationale for the choice of optimization method and constraints system in the construction and adjustment of repairs schedules. Shown multicriteriality task. A system of restrictions, the use of which is necessary for the formation of the algorithm.

Key words: repairs schedule, optimization, branch and bound algorithm, system reliability, staff time, multicriteria problem.