

p-ISSN 2079-5459

e-ISSN 2413-4295

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»



ВІСНИК

Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»

Випуск
18' 2016

Харків

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

ВІСНИК

**НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"**

Серія: "Нові рішення в сучасних технологіях"

№ 18 (1190) 2016

Збірник наукових праць

Видання засновано у 1961 р.

Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2016. – № 18 (1190) – 189 с.

Державне видання
Свідоцтво Держкомітету з інформаційної політики України
КВ №5256 від 2 липня 2001 року

Збірник виходить українською, російською та англійською мовами.

Вісник Національного технічного університету «ХПІ» внесено до «Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук», затвердженого рішенням Атестаційної колегії МОН України щодо діяльності спеціалізованих вчених рад, від 15 грудня 2015 р. Наказ № 1328 (додаток 8) від 21.12.2015 р.

Координаційна рада:

Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф. (**голова**);

К. О. ГОРБУНОВ, канд. техн. наук, доц. (**секретар**);

А. П. Марченко, д-р техн. наук, проф.; Є. І. Сокол, член-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф.; Є. Є. Александров, д-р техн. наук, проф.; А. В. Бойко, д-р техн. наук, проф.; Ф. Ф. Гладкий, д-р техн. наук, проф.; М. Д. Годлевський, д-р техн. наук, проф.; А. І. Грабчєнко, д-р техн. наук, проф.; В. Г. Данько, д-р техн. наук, проф.; В. Д. Дмитриєнко, д-р техн. наук, проф.; І. Ф. Домнін, д-р техн. наук, проф.; В. В. Єпіфанов, канд. техн. наук проф.; Ю. І. Зайцев, канд. техн. наук, проф.; П.О. Качанов, д-р техн. наук, проф.; В.Б. Клепиков, д-р техн. наук, проф.; С. І. Кондрашов, д-р техн. наук, проф.; В. І. Кравченко, д-р техн. наук, проф.; Г. В. Лісачук, д-р техн. наук, проф.; О. К. Морачковський, д-р техн. наук, проф.; В. І. Ніколаєнко, канд. іст. наук, проф.; П. Г. Перерва, д-р екон. наук, проф.; В. А. Пуляев, д-р техн. наук, проф.; М. І. Рищенко, д-р техн. наук, проф.; В. Б. Самородов, д-р техн. наук, проф.; Г. М. Сучков, д-р техн. наук, проф.; Ю. В. Тимофієв, д-р техн. наук, проф.; М. А. Ткачук, д-р техн. наук, проф.

Редакційна колегія серії:

Відповідальний редактор: Є. І. Сокол, член-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф.

Відповідальний секретар: Р. С. Томашевський, канд. техн. наук, доц.,

А.В. Грабовський, канд. техн. наук.

Члени редколегії: Л. Л. Брагіна, д-р техн. наук, проф.; В. Г. Данько, д-р техн. наук, проф.; В. Т. Долбня, д-р техн. наук, проф.; В. Я. Заруба, д-р техн. наук, проф.; В. Б. Клепиков, д-р техн. наук, проф.; Б. В. Кліменко, д-р техн. наук, проф.; О. С. Куценко, д-р техн. наук, проф.; Г. І. Львов, д-р техн. наук, проф.; П. Г. Перерва, д-р екон. наук, проф.; М. І. Погорелов, канд. екон. наук, проф.; Л. Г. Раскін, д-р техн. наук, проф.; Р. Д. Ситнік, д-р техн. наук, проф.; В. І. Шустіков, д-р техн. наук, проф.; О. Ю. Заковоротний, канд. техн. наук, доц.; О. О. Ларін, канд. техн. наук, доц.; В. В. Куліченко, канд. техн. наук, доц.

Вісник Національного технічного університету «ХПІ», серія «Нові рішення в сучасних технологіях», індексується в наукометричних базах WorldCat, Google Scholar, Index Copernicus і включений у довідник періодичних видань бази даних Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA).

Рекомендовано до друку вченою радою НТУ «ХПІ»
Протокол № 6 від «01» липня 2016 р.

© Національний технічний університет «ХПІ», 2016

NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY
“KHARKIV POLYTECHNIC INSTITUTE”

BULLETIN

**OF THE NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY
“KHARKIV POLYTECHNIC INSTITUTE”**

Series: " New solutions in modern technologies"

№ 18 (1190) 2016

Collected Works

The publication was founded in 1961

Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2016, **18** (1190), 189 p.

State edition

Certificate of State Committee of Ukraine for Information Policy KB №5256 from July 2, 2001

The collection is published in Ukrainian, Russian and English.

Bulletin of the National Technical University "KhPI" added to the "List of scientific professional publications of Ukraine, which can be published results of dissertations for the degree of doctor and candidate of sciences", approved by the Certifying Board of MES of Ukraine on the activity academic councils, December 15, 2015 . Order number 1328 (appendix 8) of 12.21.2015 p.

Coordinating Board:

L. L. Tovazhnyanskyy, Dr. Tech. Sci., Prof. (**chief**);

K. A. Gorbunov, PhD. Tech. Sci., доц. (**secretary**);

A. P. Marchenko, Dr. Tech. Sci., Prof.; Ye. I. Sokol, member NAS of Ukraine, Dr. Tech. Sci., Prof.; E. E. Aleksandrov, Dr. Tech. Sci., Prof.; A. V. Boyko, Dr. Tech. Sci., Prof.; F. F. Gladkiy, Dr. Tech. Sci., Prof.; M. D. Godlevskiy, Dr. Tech. Sci., Prof.; A. I. Grabchenko, Dr. Tech. Sci., Prof.; V. G. Danko, Dr. Tech. Sci., Prof.; V. D. Dmitrienko, Dr. Tech. Sci., Prof.; I. F. Domnin, Dr. Tech. Sci., Prof.; V. V. Epifanov, PhD. Tech. Sci., Prof.; Yu. I. Zaytsev, PhD. Tech. Sci., Prof.; P. A. Kachanov, Dr. Tech. Sci., Prof.; V. B. Klepikov, Dr. Tech. Sci., Prof.; S. I. Kondrashov, Dr. Tech. Sci., Prof.; V. I. Kravchenko, Dr. Tech. Sci., Prof.; G. V. Lisachuk, Dr. Tech. Sci., Prof.; O. K. Morachkovsky, Dr. Tech. Sci., Prof.; V. I. Nikolaenko, PhD. Hist. Sci, Prof.; P. G. Pererva, Dr. Econ. Sci., Prof.; V. A. Pulyaev, Dr. Tech. Sci., Prof.; M. I. Rishchenko, Dr. Tech. Sci., Prof.; V. B. Samorodov, Dr. Tech. Sci., Prof.; G. M. Suchkov, Dr. Tech. Sci., Prof., Yu. V. Timofeev, Dr. Tech. Sci., Prof., M. A. Tkachuk, Dr. Tech. Sci., Prof.

Editorial Board:

Editor: Ye. I. Sokol, member NAS of Ukraine, Dr. Tech. Sci., Prof.

Secretary: R. S. Tomashevskiy, PhD. Tech. Sci.

A. V. Grabovskiy, PhD. Tech. Sci.

Members of the editorial board: L. L. Bragina, Dr. Tech. Sci., Prof.; V. G. Danko, Dr. Tech. Sci., Prof.; V. T. Dolbnya, Dr. Tech. Sci., Prof.; V. Y. Zaruba, Dr. Tech. Sci., Prof.; V. B. Klepikov, Dr. Tech. Sci., Prof.; B. V. Klymenko, Dr. Tech. Sci., Prof.; A. S. Kutsenko, Dr. Tech. Sci., Prof.; G. I. Lvov, Dr. Tech. Sci., Prof.; P. G. Pererva, Dr. Econ. Sci., Prof.; N. I. Pogorelov, PhD. Econ. Sci, Prof.; L. G. Raskin, Dr. Tech. Sci., Prof.; R. D. Sytnik, Dr. Tech. Sci., Prof.; V. I. Shustikov, Dr. Tech. Sci., Prof.; A. U. Zakovorotnij, PhD. Tech. Sci.; A. A. Larin, PhD. Tech. Sci.; V. V. Kulichenko, PhD. Tech. Sci.

Bulletin of the National Technical University "KPI" series "New solutions in modern technologies," scientometric databases indexed in WorldCat, Google Scholar, Index Copernicus and included in the directory of periodicals database Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA).

Recommended for publication by the Academic Council of NTU "KhPI"
Protocol number 6 of July, 01, 2016

© National Technical University "KhPI", 2016

УДК 621.311

doi:10.20998/2413-4295.2016.18.09

НОРМУВАННЯ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ КРИТЕРІАЛЬНИМ МЕТОДОМ З ЗАСТОСУВАННЯМ НЕЙРОНЕЧІТКОГО МОДЕЛЮВАННЯ

П. Д. ЛЕЖНЮК¹, О. О. РУБАНЕНКО^{2*}

¹ Кафедра електричних станцій і систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, УКРАЇНА

² Кафедра електротехнічних систем, технологій та автоматизації в АПК, Вінницький національний аграрний університет, Вінниця, УКРАЇНА

*email: lena_rubanenko@bk.ru

АНОТАЦІЯ. В статті розглянута можливість вдосконалення існуючих та розробки нових методів оптимізації режимів, коли критерієм оптимальності є втрати електроенергії під час її транспортування з врахуванням планового значення технічних втрат потужності в умовах неповноти вихідних даних. Запропоновано метод визначення нормативного значення втрат електроенергії в електричних мережах агропромислового комплексу, який полягає в уточненні коефіцієнтів при членах нормативної характеристики. В статті запропоновано три алгоритми вирішення задач високої міри складності, до яких і відноситься задача визначення планового значення технічних втрат потужності.

Ключові слова: планове значення технічних втрат потужності, нормативне значення електроенергії, нейронечітке моделювання, критеріальне програмування, критерій подібності, функція належності, впливний фактор, оптимальне керування, втрати електроенергії, міра складності.

VALUATION OF POWER LOSSES IN ELECTRICAL NETWORKS OF AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX BY CRITERION METHOD WITH USE NEURO-FUZZY MODELLING

P. D. LEZHNYUK¹, O. O. RUBANENKO^{2*}

¹ Department of electric stations and systems, Vinnytsia national technical University, Vinnytsia, UKRAINE

² Department of electrical engineering systems, technologies and automation in agriculture, Vinnytsia national agrarian University, Vinnytsia, UKRAINE

*email: lena_rubanenko@bk.ru

ABSTRACT The article considers the possibility of improving existing and developing new methods of the modes optimization, when the optimality criterion is the power losses during its transportation taking into account the planned values of power losses in conditions of incomplete initial data. Proposed method of determination normative value of power losses in electrical networks of agro-industrial complex, which is clarification coefficients from members of normative characteristic. The paper proposed three algorithms of decision of tasks of high complexity, which concerns the problem of determining the planned value of the technical power losses. The article proposes a synthesized method in which to extend the scope of criterial method uses the advantages of neural modeling. Accordingly developed: algorithm for solving problems of large complexity criterion programming by presenting the similarity criteria in the form of membership functions; the algorithm of decision of task of great complexity criterion method by using fuzzy similarity criteria; algorithm for solving problems of large complexity criterion method by using fuzzy sets of similarity criteria, which are based on the application of the Mamdani algorithm. The first algorithm is used when the known membership function of the current value of the underlying similarity criterion of the set of its allowed values that satisfy the constraint, the known values of the coefficients at the terms of the objective function and the values of the degrees of the arguments of the objective function. The advantages of the first algorithm include the ability to quickly determine the values of parameters of membership functions and ease of determining the basic similarity criteria. Due to this algorithm can easily be realized in the form of a program. The disadvantages of this algorithm include the complexity of the choice of the type of the membership function of the similarity criterion. The second algorithm requires the calculation of the fuzzy basis of the similarity criterion.

Keywords: the planned value of technical power losses, the regulatory value of electricity, neuro modeling, programming criterion, the similarity criterion, membership function, factor of the influence, optimal control, power losses, the degree of difficulty.

Вступ

Задача зменшення втрат електроенергії при її транспортуванні в електричних мережах агропромислового комплексу є актуальною. Одним із способів зменшення втрат електроенергії, який добре зарекомендував себе в розподільних мережах, є їх нормування. Для досягнення нормативного значення технічних втрат електроенергії потрібно відслідкову-

вати поточне значення втрат активної потужності. Потрібно здійснювати оптимальне керування нормальними режимами електричних мереж агропромислового комплексу таким чином, щоб поточні втрати потужності не перевищили планового їх значення. Тому при оптимальному керуванні нормальними режимами доцільно в якості критерію оптимальності використовувати втрати активної потужності і намагатись їх значення звести до планового. Це гарантує, що в

кінці звітнього періоду значення втрат електроенергії не перевищить норматив. Тому актуальною є задача вдосконалення існуючих та розробки нових методів оптимізації режимів, коли критерієм оптимальності є втрати електроенергії під час її транспортування з врахуванням планового значення технічних втрат потужності в умовах неповноти вихідних даних.

Мета роботи

Таким чином, метою даної роботи є зменшення втрат потужності за рахунок вдосконалення керування параметрами нормальних режимів в електричних мережах агропромислового комплексу з врахуванням планового значення технічних втрат потужності.

Визначення технічних втрат електроенергії критеріальним методом з застосуванням нейронечіткого моделювання.

При оптимальному керуванні нормальними режимами в електричних мережах агропромислового комплексу потрібно контролювати відхилення поточних втрат потужності від планового їх значення:

$$\Delta(\Delta P) = \Delta P - \Delta P_{\text{план}}, \quad (1)$$

де ΔP - поточні втрати потужності; $\Delta P_{\text{план}}$ - планові втрати потужності. Тоді, загальносистемний комплексний критерій оптимальності [1-3]:

$$F = f(\Delta P, \Delta P_{\text{план}}, P(\delta), P(\omega), \sum_{i=1}^q \Pi_{Ti}), \quad (2)$$

де ΔP - поточні втрати активної потужності в електричних мережах агропромислового комплексу; $P(\delta U)$ - потужність, еквівалентна збитку споживачів, обумовленому низькою якістю напруги; $P(\omega)$ - потужність, еквівалентна збитку внаслідок недовідпуску електроенергії, викликаному відмовами трансформаторів, зокрема відмовами пристроїв РПН; Π_{Ti} - штрафна функція, яка вводиться для обліку ресурсу трансформаторів, зокрема перемикачів пристроїв РПН; q - кількість регульованих трансформаторів.

Задачу керування нормальними режимами електричних мереж агропромислового комплексу можна представити в такому вигляді [2]:

мінімізувати:

$$y(x) = \sum_{i=1}^{m_1} a_i \cdot \prod_{j=1}^n x_j^{\alpha_{ji}} \quad (3)$$

за умов

$$q_k(x) = \sum_{i=m_k+1}^{m_{k+1}} a_i \prod_{j=1}^n x_j^{\alpha_{ji}} \leq G_k, \quad (4)$$

$$k = \overline{1, p}; \quad x_j > 0, \quad j = \overline{1, n},$$

де $y(x)$ - деякий узагальнений критерій оптимальності (загальносистемні втрати потужності, планові втрати

потужності); a_i, α_{ji} - постійні коефіцієнти; x_j - змінні параметри; n - кількість змінних параметрів; m - сумарна кількість членів обмежень і цільової функції; m_1 - кількість членів цільової функції; k - номер обмеження; m_k - кількість членів k -го обмеження; p - кількість обмежень.

Відповідна (1) двоїста задача може бути сформульована таким чином [3-10]:
максимізувати

$$d(\pi_o) = \prod_{i=1}^m \left(\frac{a_i}{\pi_{io}} \right)^{\pi_{io}} \prod_{k=1}^p \left(\frac{\lambda_k}{G_k} \right)^{\lambda_k} \quad (5)$$

за умов, які представлені у вигляді ортонормованої системи рівнянь

$$\begin{vmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \dots & \alpha_{1m_1} & \alpha_{1m_1+1} & \alpha_{1m_1+2} & \dots & \alpha_{1m} & \pi_1 & 0 \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \dots & \alpha_{2m_1} & \alpha_{2m_1+1} & \alpha_{2m_1+2} & \dots & \alpha_{2m} & \pi_2 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \alpha_{3m_1+1} & \alpha_{3m_1+2} & \dots & \alpha_{3m} & \pi_3 & 0 \\ \alpha_{n1} & \alpha_{n2} & \dots & \alpha_{nm_1} & \alpha_{nm_1+1} & \alpha_{nm_1+2} & \dots & \alpha_{nm} & \dots & \dots \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & \pi_m & 1 \end{vmatrix} = 0, \quad (6)$$

де $m_1 + 1$; $m_1 + 2$ і т. ін. - індекси членів системи рівнянь (4), які відповідають членам обмежень (4).

Так як матриця α , як правило, прямокутна, то система рівняння (6) формує область розв'язків двоїстої задачі критеріального програмування (КП), в якій знаходиться і оптимальний розв'язок. Розмірність області розв'язків в КП прийнято визначати мірою складності $t = m - n - 1$. Область розв'язків може бути сформована шляхом виділення базисних (незалежних) критеріїв подібності і перетворення матриці α методом Гаусса-Жордана. В результаті такого перетворення отримуються вектори нормалізації і нев'язки, які зв'язують залежні критерії подібності з базисними. В умовах невизначеності пропонується записати базисні критерії подібності через функції належності. Тоді вектор критеріїв подібності з використанням функцій належності для базисних критеріїв подібності запишеться [3]:

$$\pi_{io} = \beta_{oi} + \sum_{b=1}^t \beta_{ib} \cdot \mu_b, \quad i = \overline{1, m}, \quad (7)$$

де μ_b - функції належності для базисних критеріїв подібності;

β_{io} - елемент вектору нормалізації;

β_{ij} - елемент вектору нев'язки.

Розробка алгоритмів розв'язання задач великої міри складності

Пропонується синтезований метод, в якому для розширення області застосування критеріального методу використовуються переваги нейронечіткого моделювання [6-10].

Відповідно до цього розробляються: алгоритм розв'язання задач великої міри складності КП шляхом подання критеріїв подібності у вигляді функцій

належності (рис.1); алгоритм розв'язання задач великої міри складності критеріальним методом шляхом використання нечітких критеріїв подібності (рис. 2); алгоритм розв'язання задач великої міри складності критеріальним методом шляхом використання нечітких множин критеріїв подібності, який базується на застосуванні алгоритму Мамдані (рис. 3).

Перший алгоритм (рис. 1) використовується, коли відома функція належності поточного значення базисного критерію подібності до множини його оптимальних значень, яка задовольняє обмеження, відомі значення коефіцієнтів при членах цільової функції і значення степенів аргументів цільової функції.

До переваг першого алгоритму можна віднести можливість швидкого визначення значень параметрів функції належності і простоту визначення базисних критеріїв подібності. Завдяки цьому алгоритм може легко реалізуватись у вигляді програми.

До недоліків цього алгоритму можна віднести складність вибору типу функції належності критерію подібності.

Другий алгоритм, блок-схема якого наведена на рис. 2, передбачає розрахунок нечіткого базисного критерію подібності.

Функції належності, від значень яких залежить нечіткий базисний критерій подібності, визначаються з використанням програмного комплексу MATLAB, а саме ANFIS-редактора і реалізованого в ньому алгоритму нечіткого висновку Сугено, який дозволяє побудувати функції належності по вибірці ретроспективних даних і в разі потреби скоригувати їх параметри.

Третій алгоритм використовується тоді, коли є нечітка множина значень базисних критеріїв подібності.

До переваг цього алгоритму відноситься можливість врахування досвіду експертів. До недоліків відноситься потреба уточнювати отриманий розв'язок методами дихотомії, золотого перерізу та ін.

Третій алгоритм використовується тоді, коли є нечітка множина значень базисних критеріїв подібності. До переваг цього алгоритму відноситься можливість врахування досвіду експертів.

До недоліків відноситься потреба уточнювати отриманий розв'язок методами дихотомії, золотого перерізу та ін. Використовуючи один з алгоритмів визначаємо планові значення технічних втрат потужності:

$$\Delta P_{план} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n A_{ij} \cdot P_i P_j + \sum_{i=1}^n A_i \cdot P_i \quad (8)$$

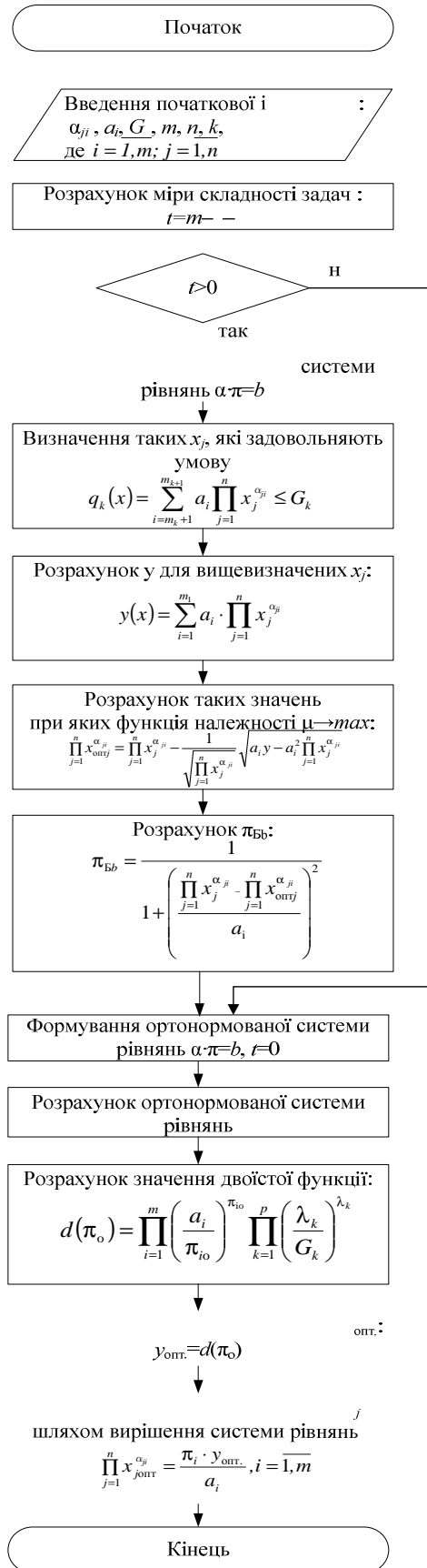


Рис. 1 – Блок-схема алгоритму розв'язання задач великої міри складності КП шляхом подання критеріїв подібності у вигляді функцій належності

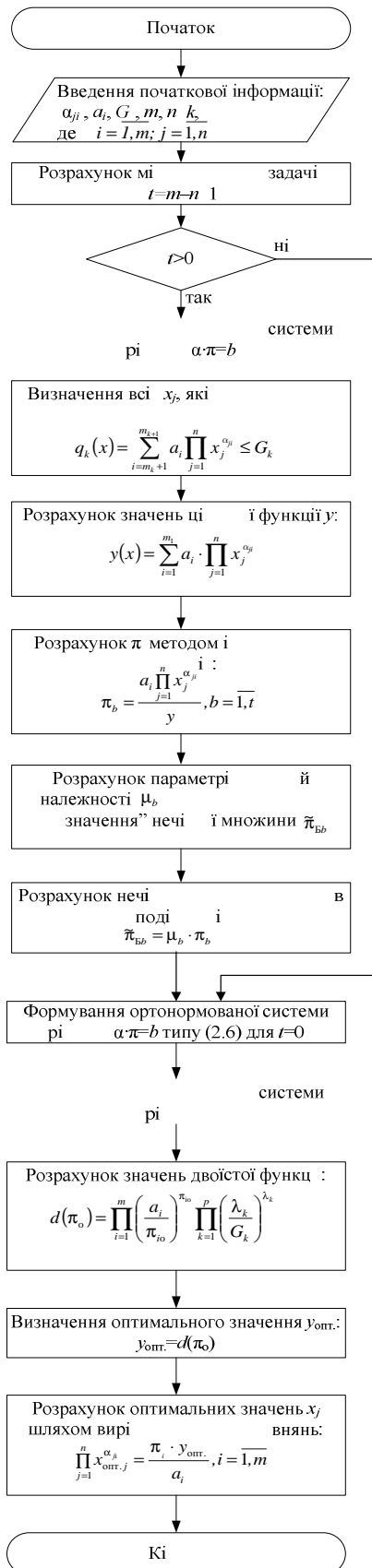


Рис. 2 – Блок-схема алгоритму розв'язання задач великої міри складності КП шляхом використання нечітких критеріїв подібності

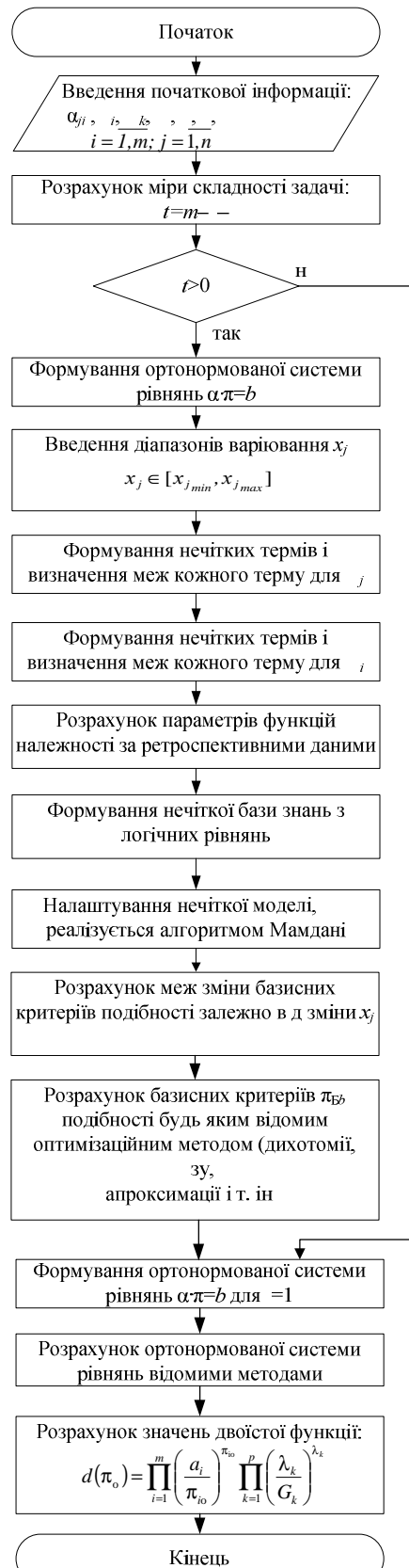


Рис. 3 – Блок-схема алгоритму розв'язання задач великої міри складності критеріальним методом шляхом використання нечітких множин критеріїв подібності

Запишемо ортонормовану систему рівнянь.
Для 4-ох впливних факторів запишеться:
мінімізувати

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{норм}} = & A_{11}P_1^2 + A_{22}P_2^2 + A_{33}P_3^2 + A_{44}P_4^2 + \\ & + A_{12}P_1P_2 + A_{13}P_1P_3 + A_{14}P_1P_4 + \\ & + A_{23}P_2P_3 + A_{24}P_2P_4 + A_{34}P_3P_4 + \\ & + B_1P_1 + B_2P_2 + B_3P_3 + B_4P_4 \end{aligned} \quad (9)$$

за умов $\frac{P_1}{P_1P_2} + \frac{P_2}{P_1P_2} + \frac{P_3}{P_1P_2} + \frac{P_4}{P_1P_2} \leq P_c$;

$P_1, P_2, P_3, P_4 > 0$, де $P_c = \frac{P_1}{\Delta P^2}$. P_1, P_2, P_3, P_4 – впливні

фактори (потужність навантаження на шинях, потужність потужного підприємства та ін.).

$$\begin{cases} 2\pi_1 & +\pi_5 & +\pi_6 & +\pi_7 & & +\pi_{11} & -\pi_{16} & & -\pi_{17} & -\pi_{18} & & =0 \\ & 2\pi_2 & & +\pi_5 & +\pi_8 & +\pi_9 & & +\pi_{12} & -\pi_{15} & +\pi_{16} & -\pi_{17} & -\pi_{18} & -\pi_{19} & =0 \\ & & 2\pi_3 & & +\pi_6 & +\pi_8 & +\pi_{10} & +\pi_{13} & & +\pi_{17} & & +\pi_{18} & & =0 \\ & & & 2\pi_4 & & +\pi_7 & +\pi_9 & +\pi_{10} & +\pi_{14} & & +\pi_{18} & & & =0 \\ \pi_4 & +\pi_5 & +\pi_6 & +\pi_7 & +\pi_8 & +\pi_9 & +\pi_{10} & +\pi_{11} & +\pi_{12} & +\pi_{13} & +\pi_{14} & +\pi_{15} & +\pi_{16} & +\pi_{17} & +\pi_{18} & +\pi_{19} & =1 \end{cases}$$

Розрахуємо нормативне значення технічних втрат електроенергії за розрахунковий період методом середніх навантажень. Метод середніх навантажень полягає в розрахунку втрат електроенергії за формулою:

$$\Delta W \neq k_{\Delta} k_{\kappa} \Delta P_{cp} T_j k_{\phi}^2, \quad (10)$$

де $k_{\Delta}=1,02$ – коефіцієнт, який враховує вплив втрат в арматурі повітряних ліній [3], ΔP_{cp} – втрати потужності в мережі при середніх за розрахунковий інтервал навантаженнях вузлів; k_{ϕ}^2 – коефіцієнт форми графіка сумарного навантаження мережі за розрахунковий інтервал; $k_{\kappa}=0,99$ – коефіцієнт, який враховує відмінність конфігурації графіків активного і реактивного навантаження різних віток мережі [3]; T_j – тривалість j -го розрахункового інтервалу, годин. Коефіцієнт форми графіка сумарного навантаження мережі за розрахунковий період розраховується за виразом:

$$k_{\phi}^2 = \sum_{i=1}^m P_i^2 \Delta t_i / (P_{cp}^2 T)$$

де P_i – значення навантаження на i -му ступені графіка навантаження тривалістю Δt_i , годин; m – число ступенів графіка за розрахунковий період; P_{cp} – середнє навантаження мережі.

Висновки

Запропоновано вирішення актуальної науково-прикладної задачі підвищення ефективності оптимального керування параметрами нормальних режимів електричними мережами агропромислового комплексу критеріальним методом з застосуванням нейронечіткого моделювання в умовах неповноти вихідних даних, що полягає у вдосконаленні математичних моделей та методів визначення ПЗТВП

для врахування їх значень при формуванні керуючих впливів.

Список літератури

- Лежнюк, П.** Оптимальне керування нормальними режимами електроенергетичних систем критеріальним методом з урахуванням планового значення технічних втрат потужності / **П. Лежнюк, О. Рубаненко** // *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. – 2011. – №1. – С. 86-90.
- Петрушенко, О. Ю.** Розв'язання двоїстої задачі оптимального керування нормальними режимами ЕС з застосуванням нейро-нечіткого моделювання / **Петрушенко О. Ю., Петрушенко Ю. В., Рубаненко О. О.** // *Праці інституту електродинаміки*. – 2012. – №2. – С. 36-37.
- Методика расчета нормативных (технологических) потерь электроэнергии в электрических сетях: утв. министерством промышленности и энергетики Российской Федерации (Минпромэнерго России) 03.02.2005 № 21. – М.: 2005. – 159 с. – (Нормативный документ Минпромэнерго России).
- Chiang, M.** Geometric programming for communication systems Electrical Engineering Department / *Foundations and Trends in Communications and Information Theory*. – Princeton University, Princeton New Jersey. – 2005. – Vol. 2. – №1/2. – P. 1-153. ISBN: 1-933019-09-3; ISSN: Paper version 1567-2190; Electronic version 1567-2328
- Boyd, S.** A tutorial on geometric programming / **Stephen Boyd, Seung-Jean Kim, Lieven Vandenberghe, Arash Hassibi** / Education section. – 2006.– Stanford. – 64 p. – doi:10.1007/s11081-007-9001-7.
- Bertsekas, D. P.** Dynamic programming and optimal control, volume 1. Athena Scientific Belmont, MA, 3 edition. – 2005. ISBNs: 1-886529-26-4 (Vol. I, 3rd Edition), 1-886529-44-2 (Vol. II, 4th Edition), 1-886529-08-6
- Powell, W. B.** Approximate Dynamic Programming: Solving the curses of dimensionality / **W. B. Powell** // *John Wiley & Sons*. – vol. 703. – 2007. ISBN: 978-0-470-60445-8
- McLeish, D. L.** Bounded relative error importance sampling and rare event simulation / **D. L. McLeish**. // *ASTIN Bulletin*. – 2010. – No 40(1).
- Grigoras, G.** An improved fuzzy method for energy losses evaluation in distribution networks / **G. Grigoras, G. Cartina, E. C. Bobric** // *MELECON 2010: 15th IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference*. – 2010. – P. 131-135. – doi:10.1109/MELCON.2010.5476324.
- Cartina, G.** Improved fuzzy load models by clustering techniques in optimal planning of distribution networks / **G. Cartina, G. Grigoras, E. C. Bobric, D. Comanescu** // *PowerTech*. – June 28 - July 29 2009. – 2009. – *IEEE*. – Bucharest. – P. 1 – 6. – doi: 10.1109/PTC.2009.5282025.

Bibliography (transliterated)

- Lezhniuk, P., Rubanenko, O.** Optymalne keruvannya normalnykh rezhymamy elektroenerhetychnykh system kryterialnym metodom z urakhuvanniam planovoho znachennia tekhnichnykh vtrat potuzhnosti [Optimal control of normal modes of electric power systems based criterion method planned value of technical power losses]. *Visnyk*

- Vinnitskoho politekhnichnoho instytutu [Bulletin Vinnitsa Polytechnic Institute], 2011, **1**, 86-90.
- 2 **Petrushenko, O. Iu. Petrushenko Iu. V., Rubanenko, O. O.** Rozv'iazannia dvoistoї zadachi optymalnogo keruvannia normalnymy rezhymamy ES z zastosuvanniam neiro-nechitkoho modeliuвання [Addressing the dual problem of optimal control ES normal modes using fuzzy modeling]. Pratsi instytutu elektrodyamiki [Proceedings of the Institute of Electrodynamics], 2012, **2**, 36-37.
 - 3 Metodyka rascheta normatyvnykh (tekhnohycheskykh) poter elektroenerhyi v elektrycheskykh setiakh: utv. mynysterstvom promishlennosti y enerhetyky Rossyiskoi Federatsyy (Mynpromenerho Rossyy) 03.02.2005 [The methodology for calculating regulatory (technological) power losses in electric networks: approved. Ministry of Industry and Energy (Ministry of Energy of Russia)]. – Moscow, 2005, **21**, 159 p.
 - 4 **Chiang M.** Geometric programming for communication systems Electrical Engineering Department / *Foundations and Trends in Communications and Information Theory*. – Princeton University, Princeton New Jersey, 2005, **1/2(2)**, 1-153. ISBN: 1-933019-09-3; ISSN: Paper version 1567-2190; Electronic version 1567-2328.
 - 5 **Boyd, S., Kim, S.-J., Vandenberghe L., Hassibi, A.** A tutorial on geometric programming. *Education section*, Stanford, 2006, 64 p., doi 10.1007/s11081-007-9001-7.
 - 6 **Bertsekas, D. P.** Dynamic programming and optimal control, volume 1. *Athena Scientific Belmont*, MA, 3 edition, 2005. ISBNs: 1-886529-26-4 (Vol. I, 3rd Edition), 1-886529-44-2 (Vol. II, 4th Edition), 1-886529-08-6
 - 7 **Powell, W. B.** Approximate Dynamic Programming: Solving the curses of dimensionality, *John Wiley & Sons*, 2007, **703**. ISBN:978-0-470-60445-8.
 - 8 **McLeish, D. L.** Bounded relative error importance sampling and rare event simulation. *ASTIN Bulletin*. 2010, **40(1)**.
 - 9 **Grigoras, G., Cartina, G., Bobric, E. C.** An improved fuzzy method for energy losses evaluation in distribution networks. *MELECON 2010: 15th IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference*. 2010, 131-135, doi:10.1109/MELCON.2010.5476324.
 - 10 **Cartina, G., Grigoras, G., Bobric, E. C., Comanescu, D.** Improved fuzzy load models by clustering techniques in optimal planning of distribution networks. *PowerTech*, June 28 - July 29 2009, *IEEE*, Bucharest, 2009, 1 - 6, doi:10.1109/PTC.2009.5282025.

Відомості про авторів (About authors)

Лежнюк Петро Дем'янович – доктор технічних наук, професор, Вінницький національний технічний університет, завідувач кафедри електричних станцій і систем, м. Вінниця, Україна; e-mail: lpd@inbox.ru.

Petro Lezhnyuk – Doctor of Technical Sciences (Ph. D.) Ph. D., Professor, Vinnytsia national technical University, head of chair of electric stations and systems. Vinnytsia, Ukraine; e-mail: lpd@inbox.ru.

Рубаненко Олена Олександрівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри електротехнічних систем, технологій та автоматизації в агропромисловому комплексі, Вінницький національний аграрний університет, Вінниця, Україна; e-mail: lena_rubanenko@bk.ru.

Olena Rubanenko – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent of Department of electrical engineering systems, technologies and automation in agriculture, Vinnytsia, Ukraine; e-mail: lena_rubanenko@bk.ru.

Будь ласка посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Лежнюк, П. Д. Нормування втрат електроенергії в мережах агропромислового комплексу критеріальним методом з застосуванням нейрон-нечіткого моделювання / **П. Д. Лежнюк, О. О. Рубаненко** // *Вісник НТУ «ХПІ»*, Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2016. – № 18 (1190). – С. 60-65. – doi:10.20998/2413-4295.2016.18.09.

Please cite this article as:

Lezhnyuk, P., Rubanenko, O. Valuation of power losses in electrical networks of agro-industrial complex by criterion method with use neuro-fuzzy modelling. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies*. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2016, **18** (1190), 60-65, doi:10.20998/2413-4295.2016.18.09.

Пожалуйста ссылайтесь на эту статью следующим образом:

Лежнюк, П. Д. Нормирование потерь электроэнергии в сетях агропромышленного комплекса критеріальным методом с использованием нейро-нечеткого моделирования / **П. Д. Лежнюк, Е. А. Рубаненко** // *Вестник НТУ «ХПИ»*, Серія: Новые решения в современных технологиях. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2016. – № 18 (1190). – С. 60-65. – doi:10.20998/2413-4295.2016.18.09.

АННОТАЦІЯ В статтє рассмотрена возможность усовершенствования существующих и разработки новых методов оптимизации режимов, когда критерием оптимальности являются потери электроэнергии во время ее транспортирования (передачи) с учетом планового значения потерь мощности в условиях неполноты исходных данных. Предложен метод определения нормативного значения потерь электроэнергии в электрических сетях агропромышленного комплекса, который заключается в уточнении коэффициентов при членах нормативной характеристики. В статтє предложено три алгоритма решения задач высокой меры сложности, к которым и относится задача определения планового значения технических потерь мощности.

Ключевые слова: плановое значение технических потерь мощности, нормативное значение электроэнергии, нейронечеткое моделирование, критеріальное программирование, критерий подобия, функция принадлежности, влияющий фактор, оптимальное управление, потери электроэнергии, степень сложности.

Надійшла (received) 08.05.2016

ЗМІСТ

ЕНЕРГЕТИКА, МАШИНОБУДУВАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

<i>Артюх С. М.</i> Методика оцінювання показників професійної придатності операторів	5
<i>Берник І. М., Луговський О. Ф.</i> Аналіз методів визначення швидкості розповсюдження хвиль в кавітаційній області ультразвукового поля	10
<i>Бурдейна В. М., Трищ А. Р., Доценко Н. А.</i> Системи з напрямком ріжучого інструменту в операційних системах з силовою головкою і насадкою	16
<i>Грабовський А. В., Васильєв А. Ю., Ткачук М. М., Танченко А. Ю., Мартиненко О. В., Киричук Д. В., Борисенко С. В., Касай О. І.</i> Забезпечення тактико-технічних характеристик військових гусеничних і колісних машин на етапі проектних досліджень	22
<i>Зав'ялов В. Л., Костюк В. С., Бодров В. С., Костюк Є. В., Мисюра Т. Г., Запорожець Ю. В., Попова Н. В.</i> Удосконалення технології виробництва гірких настоянок за допомогою математико-статистичних методів досліджень	30
<i>Коротков О. О., Семіков А. В., Мельников Г. І.</i> Побудова та моделювання енергозберігаючого стенду на базі асинхронного генератора для випробувань двигунів внутрішнього згоряння	39
<i>Костенко, Ю. В.</i> Динамічні процеси у віброударних системах зі змінними параметрами	45
<i>Ларін, О. О., Петрова, Ю. А.</i> Експериментальні дослідження ортотропних пружних і в'язкопружних характеристик еластостійких текстильно-армованих композитів	55
<i>Лежнюк П. Д., Рубаненко О. О.</i> Нормування втрат електроенергії в мережах агропромислового комплексу критеріальним методом з застосуванням нейрон-нечіткого моделювання	60
<i>Ідан А. Ф. І., Акімов О. В., Костик К. О., Гончарук О. О.</i> Вплив попередньої термічної обробки та режимів лазерного гартування на структуроутворення сталі	66
<i>Карвацький А. Я., Лазарєв Т. В., Швачко Д. Г., Тищенко О. С.</i> Реологічні властивості вуглецевих композицій в діапазоні температури 120-170 °С	74
<i>Кузнецов Е. Г.</i> Динамічна модель імпульсного торцевого ущільнення	80
<i>Лежнюк П. Д., Гунько І. О.</i> Вплив розосереджених джерел енергії на оптимальний потікорозподіл в електричних мережах	86
<i>Лежнюк П. Д., Комар В. О., Кравчук С. В.</i> Оцінювання імовірнісних характеристик генерування сонячних електростанцій в задачі інтелектуалізації локальних електричних систем	92
<i>Моргунов, В. В., Трищ Р. М., Діденко Н. В.</i> Метод розрахунку поглиненої (еквівалентної) дози і потужності поглиненої (еквівалентної) дози іонізуючого випромінювання	101
<i>Рубаненко, О. Є.</i> Оперативне діагностування високовольтних вимірювальних трансформаторів струму	107
<i>Рудий А. В., Васильєв А. Ю., Бистрицький М. Є.</i> Моделювання зовнішніх збурень опорної поверхні під час руху військової гусеничної машини	113

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

<i>Вєрбицький Є. В., Кисельова А. Г.</i> Контекстний підхід керування системою електроживлення	123
<i>Діхтяр М. Ю., Мовсєсян Я. С., Саваневич В. Є., Хламов С. В.</i> Метод аварійного ототожнення цифрових кадрів з істотною невизначеністю їх параметрів	128
<i>Криводуб А. С.</i> Оцінка надійності діяльності операторів в системах надання доступу до ресурсів комп'ютерних мереж	140
<i>Мігущенко Р. П., Саприкіна М. І., Куштим К. Ю.</i> Перспективність FDM технологій у 3D друку	148
<i>Сергєєва О. В., Піваров О. А., Піляєв В. В.</i> Розробка системи моніторингу отримання кисневмісних сполук кобальту плазмохімічним методом	153

ХІМІЧНІ ТА ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ, ЕКОЛОГІЯ

<i>Бондар С. М., Чабанова О. Б., Трубішкова А. А.</i> Інтенсифікація біотехнологічного процесу аеробної обробки рідких субстратів	158
---	-----

<i>Дубовик Д. Д.</i> Наближена методика оцінки обсягу замулення водосховища – прототипу	164
<i>Коваленко О. А., Ковбаса В. М., Гребень Б. В., Назорний В. Ю., Купріянова Т. М.</i> Дослідження впливу осмотичного зневоднення на якість картопляних чіпсів	170
<i>Попова Н. В., Мисюра Т. Г., Рибачок А. В.</i> Удосконалення технології виробництва гірких настоянок за допомогою математико-статистичних методів досліджень	175
<i>Хохотва О. П., Кодратенко О. І., Шкель К. О.</i> Використання композиційного сорбенту цеоліт-гумінові кислоти для вилучення іонів міді з водних розчинів	180

CONTENTS

ENERGY, ENGINEERING AND STRUCTURAL MATERIALS TECHNOLOGY

<i>Artyukh S.</i> Methods of assessment of indicators of professional suitability of operators	5
<i>Bernyk I. M., Lugovskoy O. F.</i> Analysis methods of determining velocity distribution waves in the cavitation zone ultrasound field	10
<i>Burdein V., Trichsh A., Dotsenko N.</i> System with the direction of the cutting tool in operating systems with the power head and attachment	16
<i>Grabovskiy, A. V., Vasyliiev, A. Y., Tkachuk, M. M., Tanchenko, A. Y., Martynenko, O. V., Kyrychuk, D. V., Borysenko, S. V., Kasai, O. I.</i> Providing of tactical and technical characteristics of military caterpillar and wheeled vehicles on stage of design researches	22
<i>Zavialov V., Kostyuk V., Bodrov V., Kostyuk E., Misyura T., Zaporozhets Y., Popova N.</i> Features of private extraction equipment with vibrational effect workspace	30
<i>Korotkov A. O., Semikov A. V., Melnikov G. I.</i> Construction and modelling energy saving stand on the basis of the asynchronous generator for testing of internal combustion engines	39
<i>Kostenko Iu.</i> Dynamic processes in vibroimpact systems with variable parameters	45
<i>Larin O., Petrova Ju.</i> Experimental observations of orthotropic elastic and viscoelastic characteristics of the elastomeric textile reinforced composites	55
<i>Lezhnyuk P., Rubanenko O.</i> Valuation of power losses in electrical networks of agro-industrial complex by criterion method with use neuro-fuzzy modelling	60
<i>Idan Alaa Fadhil I., Akimov O., Kostyk K., Goncharuk O.</i> The influence of pre-heat treatment and laser hardening on the steel structure formation	66
<i>Kuznetsov E.</i> Dynamic model of pulse mechanical seal	74
<i>Larin, O., Petrova, Ju.</i> Experimental observations of orthotropic elastic and viscoelastic characteristics of the elastomeric textile reinforced composites	80
<i>Lezhniuk I., Hunko S.</i> The impact of distributed power sources to the best of flow in electrical networks	86
<i>Lezhniuk P., Komar V., Kravchuk S.</i> Evaluation probabilistic characteristics of solar power generation in applications of intellectualization local electric systems	92
<i>Morgunov V., Trishch R., Didenko N.</i> Calculation method of the absorbed (equivalent) dose and absorbed (equivalent) dose rate of the ionizing radiation	101
<i>Rubanenko O.</i> Operational diagnostics of high voltage instrument current transformers	107
<i>Rudiy A., Vasiliev A., Bystrytsky M.</i> Modeling of the external disturbances of the ground surface during military tracking vehicles movement	113

INFORMATION TECHNOLOGY AND CONTROL SYSTEMS

<i>Verbitskyi I. V., Kyselova A. G.</i> Context approach for electric grid control	123
<i>Dikhtyar M. Movsesian Ia. Savanevych V. Khlamov S.</i> The method of emergency identification of the digital frame with substantial uncertainty of their parameters the method of emergency identification of the digital frame with substantial uncertainty of their parameters	128

- Krivodub A.** The approach to the evaluation of options of the activities of the operators technical support information services telecommunication systems 140
- Mygushchenko R. P., Oprichnina M. I., Kushtym K. Yu.** The perspective of fdm-technologies in 3D printing 148
- Sergeyeva O., Pivovarov A., Pilyaev V.** Development of monitoring system for producing oxygen-containing compounds of cobalt by plasm-chemical method 153

CHEMICAL AND FOOD TECHNOLOGY, ECOLOGY

- Bondar S., Chabanova O., Trubnikova A.** Intensification of biotechnological aerobic process of treatment of liquid substrates 158
- Dubovyk D.** Approximate method estimate of the volume of reservoir sedimentation – prototype 164
- Kovalenko E., Kovbasa V., Hreben B., Nagornyj V., Kupriyanova T.** Study of osmotic dehydration on quality potato chips 170
- Popova N., Misyura T., Rybachok A.** Improvement technology of production of bitter tinctures through the mathematical and statistical methods of researches 175
- Khokhotva O., Kondratenko O., Shkel K.** The application of composite sorbent zeolite-humic acids for the removal of copper ions from aqueous solutions 180

**ВІСНИК
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"**

Збірник наукових праць
Серія:
Нові рішення в сучасних технологіях
№ 18 (1190) 2016

Науковий редактор чл.-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф. Є. І. Сокол
Технічний редактор канд. техн. наук А. В. Грабовський

Відповідальний за випуск: канд. техн. наук, доц. Р. С. Томашевський

АДРЕСА РЕДКОЛЕГІЇ: 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21, НТУ «ХПІ».
Рада молодих вчених, тел. (057)707-69-37, e-mail: vestnik.nsmi@gmail.com

Обл.-вид. № 17-16

Підп. до друку «01» липня 2016 р. Формат 60x84 1/16. Папір офсетний. Друк цифровий.
Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 10,0. Облік.вид.арк. 10,0.
Тираж 300 прим. Зам. № . Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ «ХПІ». Свідоцтво про державну реєстрацію
суб'єкта видавничої справи ДК №3657 від 24.12.2009
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

