

**Р. А. Калиниченко,
А. Д. Курганский**

Аннотация. В статье рассмотрена математическая модель процессов теплообмена в объеме зерновой массы при вентилировании воздухом с переменными параметрами (температурой и влажностью). Путем реализации рассматриваемой математической модели в среде Mathematica исследовано влияние периодически меняющихся параметров воздуха на кинетику охлаждения и низкотемпературной сушки зерновой массы.

Ключевые слова: теплообмен, активное вентилирование, математическая модель

COMPUTER SIMULATION OF HEAT AND MASS TRANSFER TO THE EXTENT GRAIN MASS VENTING AIR WITH VARIABLE PARAMETERS

**V. Kovbasa,
R. Kalinichenko,
A. Kurgansky**

Annotation. In the article the mathematical model of heat and mass transfer processes in the volume of grain mass venting air from the variable parameters (temperature and moisture content). By implementation of a mathematical model in the environment of Mathematica study the effect of periodically changing the air cooling parameters on the kinetics and low-temperature drying of grain mass.

Keywords: heat and mass transfer, active ventilation, mathematical model

УДК 621.3.066.5/6:636

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ

В. В. КОРОБСЬКИЙ, кандидат технічних наук, доцент
С. О. ЛАПШИН, аспірант*

**Національний університет біоресурсів
і природокористування України**

e-mail: kor-vlad-2002@mail.ru

Анотація. Наведено результати проведення аналізу дослідження надійності електричних апаратів, як складної системи. Визначена

* * Науковий керівник – доктор технічних наук, доцент А. В. Жильцов

© В.В. Коробський, С.О.Лапшин, 2016

номенклатура загальних показників безвідмовності та довговічності для апаратів розподілу і керування.

Ключові слова: *аналіз, надійність, електричний апарат, експлуатація, відмова, зношуванн.*

Стрімкий розвиток сучасної техніки та пріоритетних напрямів в промисловості викликав необхідність проведення інтенсивних теоретичних досліджень і обумовив початок створення сучасної теорії і практики надійності. За проведення аналізу фундаментальних праць з надійності таких авторів, як Берга А. І., Бруєвича Н. Г., Сифорова В. І., Сотскова Б. С., Гнеденко В. Б., Базовського І., Дружиніна Г. В., Шора Я. Б., Барлоу Р. Е. тощо, можна простежити дві основні тенденції дослідження надійності систем і апаратів. Перша тенденція базується на вивченні статистичних, виключно ймовірнісних характеристик закономірностей появи несправностей і відмов за експлуатації або під час спеціальних досліджень. Друга тенденція ґрунтується на вивченні детерміністичного підходу до фізичної теорії надійності апаратів і встановлює закономірності протікання фізико-хімічних процесів в них, зв'язок механіко-фізичних параметрів, умов навантаження тощо з показниками надійності за результатами досліджень і вивчення механізмів відмов [2, 3, 11].

Вивчення надійності електричних контактів комутаційних апаратів є предметом досліджень багатьох авторів [4, 8]. Особливо плідно над цією проблемою працював Сотсков Б. С. [9], який акцентував увагу на визначенні показників надійності (кількісних оцінок) електричних контактів та Декабрун І. Е., Штремберг Т. К. [10], Кузнецов Р. С.

Мета досліджень – проведення аналізу методів дослідження надійності та визначення показників надійності електромагнітних пускачів, що експлуатуються в сільському господарстві.

Матеріали та методика досліджень. Для кількісного опису стану системи, апарату застосовується математичний апарат теорії ймовірностей, математичної статистики, теорії випадкових процесів [1].

Згідно вимог нормативних документів [7], визначення надійності комутаційних апаратів проводиться із застосуванням таких загальнотеоретичних методів:

- розрахункового (з використанням в основному довідкових даних);
- розрахунково-експериментального;
- експериментального.

Використовуючи положення згаданих методів за визначення показників надійності, встановлюється декілька етапів загальної методики визначення надійності комутаційних апаратів (табл. 1) [6].

Крім зазначених методів визначення надійності на практиці знайшли застосування більш спрощені інженерні методи розрахунку надійності, які використовують довідкові дані та дані експлуатації [5]:

- метод апріорно-емпіричних функцій (застосовується за об'єму вибірки $n \leq 20$);

1. Взаємозв'язок конкретних методів із загальною методикою аналізу надійності апаратів

Кількісний метод аналізу надійності						
Етап загальної методики	Аналіз характеру та наслідків відмов	Аналіз діагностичного дерева відмов	Аналіз за допомогою блок-схеми надійності	Прогнозування надійності за кількістю елементів (λ метод)	Марковський аналіз	Імовірнісно-фізичний метод аналізу надійності
1	2	3	4	5	6	7
1. Ідентифікація комутаційного апарату	Специфікація та робота елементу апарату	Функціональна схема комутаційного апарату як системи	Робота апарату і елементів	Специфікація елементів і даних про відмови	Функція елементу, функціональна схема апарату	Функціональна схема апарату, специфікація елементів і даних про відмови
2. Визначення мети аналізу	Відмова на функціональному рівні першого порядку	Небажані події	Критерії сприятливого стану (чи відмови) апарату	Відмова на функціональному у рівні першого порядку	Критерії сприятливого стану (чи відмови) апарату. Номенклатура показників надійності, що вимагаються	Критерії непрацездатного стану апарату. Номенклатура показників надійності, що вимагаються
3. Визначення вихідних даних	Стосовно елементів апарату	Стосовно підсистем апарату	Стосовно підсистем	Стосовно елементів	Стосовно підсистем	Стосовно підсистем
4. Аналіз системи: -якісний -кількісний	Індуктивний (таблиця) Аналіз важливості несправностей, оцінка критичності і імовірності відмов	Дедуктивний (аналіз діагностичного дерева відмов) Розрахунок безвідмовності і готовності	Дедуктивний (блок-схема) Розрахунок безвідмовності і готовності	Послідовна схема Розрахунок інтенсивності відмов апарату	Індуктивно-дедуктивний (діаграма змін стану) Розрахунок безвідмовності і готовності	Індуктивно-дедуктивний (СНН), переважаючий процес деградації елементу Розрахунок безвідмовності, готовності, довговічності

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
5. Оцінка результатів аналізу	Відповідність вимогам з критичності. Виявлення критичних елементів. Класифікація ТО елементів, визначення найбільш ефективного варіанту компромісних рішень	Чи відповідає ймовірність небажаної події вимогам? Виявлення типів відмов критичних підсистем. Визначення найбільш ефективних рішень, структури, ТО тощо	Відповідність вимогам безвідмовності і готовності. Виявлення критичних підсистем з безвідмовності і готовності. Визначення найбільш ефективних рішень, структури, резервування, ТО, ТР тощо	Відповідність інтенсивності відмов апарату вимогам. Визначення найбільш високої інтенсивності відмов. Вибір найбільш слабких елементів. Визначення затрат	Відповідність вимогам безвідмовності і готовності. Виявлення критичних підсистем з безвідмовності і готовності. Визначення найбільш ефективних рішень, структури, резервування, ТО, ТР	Відповідність вимогам безвідмовності, готовності, довговічності. Виявлення критичних підсистем з безвідмовності і довговічності. Визначення найбільш ефективною структури, резервування, ТО, ТР тощо

- спрощений метод розрахунку показників надійності (ПН);
- метод розрахунку за середньо-груповими значеннями інтенсивності відмов;
- метод розрахунку з використанням даних експлуатації;
- коефіцієнтний метод (ґрунтується на використанні відносних коефіцієнтів надійності).

Результати досліджень. Проблеми і аспекти фізичної природи зношування, процесу старіння електричних комутаційних апаратів та вплив окремих факторів на їх працездатність розглядалися на спеціальних нарадах та конференціях [12], але недостатньо, на нашу думку, висвітлені статистичні ймовірнісні оцінки їх надійності. В той же час Сотсков Б. С., Burkhart S., Кузнецов Р. С. і інші дослідники в своїх працях приділяли увагу визначенню кількісних оцінок надійності електричних контактів комутаційних апаратів низької напруги [9]. Дослідження в цьому напрямі проводили співробітники УНІМЕСГ Корчемний М. О. і Машевський В. П. [10], Таран В. П., Філоненко А. Ф., а також співробітники УСГА - Сагач М. Ф., Коханівський С. П. [8].

Взагалі ПН вибираються для якогось одного виду апарату залежно від конкретних задач, які вирішуються. Наслідком цього є велика різноманітність ПН (табл. 2), які вказані в нормативних документах на конкретний апарат та відсутність єдиного підходу до їхнього вибору.

2. Номенклатура загальних показників безвідмовності і довговічності для апаратів розподілу і керування

Вид апарату низької напруги	Виконувана апаратом функція		
	Φ_1^*	Φ_2^{**}	Φ_3^{***}
Контактори, командо-апарати, реостати, рубильники, пакетні вимикачі	$P_K(t), P_M(t)$ T_{PJK}, T_{PJM}	$P_\delta(t)$ $T_{P\gamma\delta}$	-
Автоматичні вимикачі	$P_K(t), P_M(t)$ T_{PJK}, T_{PJM}	$P_\delta(t)$ $T_{P\gamma\delta}$	$P_i(k)$
Запобіжники	-	$P_\delta(t)$	$P_i(k)$
Пускачі	$P_K(t), P_M(t)$ T_{PJK}, T_{PJM}	$P_\delta(t)$ $T_{P\gamma\delta}$	$P_1(k)^{****}$
Пускорегулювальні, регулювальні, навантажувальні реостати	$P_K(t), P_M(t)$ T_{PJK}, T_{PJM}	$P_\delta(t)$ $T_{P\gamma\delta}$	-
Пускові реостати	$P_K(t), P_M(t)$ T_{PJK}, T_{PJM}	-	-

Примітка. * - виконання операції комутації (увімкнення та вимкнення);

** - тривалий режим роботи під струмом;

*** - збереження працездатного стану протягом часу між увімкненням і вимкненням;

**** - оскільки пускачі призначені, для виконання тільки однієї захисної функції, то $P_1(k)$ - ймовірність безвідмовної роботи в режимі захисту двигуна від перевантаження і "втрати фази".

Висновки

Виходячи із наведених положень, основними критеріями надійності комутуючого пристрою електромагнітних пускачів будемо вважати пара-

метри: комутаційну зносостійкість (характеризується електроерозійним зносом), надійність контактування (контактний перехідний опір $R_{пер}$), а в цілому для пускачів - середній термін служби $T_{сл}$.

Список використаних джерел

1. Гнеденко Б. В. Математические методы в теории надежности / Б. В. Гнеденко, Б. К. Беляев, А. Д. Соловьев. – М.: Наука, 1965. – 524 с.
2. Гольцман Э. Р. Исследование коммутационной способности и электрической износостойкости реле РПУ-1 / Э. Р. Гольцман // Низковольтные аппараты. – М.: Информэлектро. – 1970. – вып. 2. – С.18 – 20.
3. Дружинин Г. В. Надежность автоматизированных производственных систем. – 4-е изд., перераб. и доп. / Г. В. Дружинин – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 480 с.
4. Коробський В. В. Стан експлуатації електромагнітних пускачів у сільському господарстві / В. В. Коробський, О. О. Чорнобай // Наук. вісн. НУБІП. Серія "Техніка та енергетика в АПК", Вип. №224. – 2015. – С. 139 – 144.
5. Корчемный Н. А. Повышение надежности электрооборудования в сельском хозяйстве / Н. А. Корчемный, В. П. Машевский. – К.: Урожай, 1988. – 176 с.
6. Надійність техніки. Аналіз надійності. Основні положення: ДСТУ 2861-94 – [Чинний від 1997-01-01], - К.: Держспоживстандарт України, 1996. – 76 с. – (Національний стандарт України).
7. Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними: ДСТУ 3004-95 – [Чинний від 1997-01-01], - К.: Держспоживстандарт України, 1996. – IV, 129 с. – (Національний стандарт України).
8. Сагач М. Ф. Исследование влияния эрозийного разрушения поверхности контактов на надежность и долговечность тракторных реле / М. Ф. Сагач, С. П. Кохановский // Исследования по механизации и электрификации сельского хозяйства. - К.: Издательство УСХА. – 1971. – вып. 43. – С. 147 – 151.
9. Сотсков Б. С. Основы теории и расчета надежности элементов и устройств автоматики и вычислительной техники / Б. С. Сотсков. –М.: Высшая школа, 1970. – 271 с.
10. Штремберг Т. К. Оценка надежности электрических контактов / Т. К. Штремберг // Электрические контакты. – М.: Энергия, 1967. – С. 508 – 527.
11. Шульгин Е. И. Феноменологический метод физического анализа и прогнозирования надежности / Е. И. Шульгин // Электронная техника. –1974. – Сер. 8. - Вып. 11. С. 59 – 67.
12. Электрические контакты. Пути повышения качества и надежности: Сборник научных трудов. – К.: ИПМ АН УССР, 1987. – 206 с.

References

1. Hnedenko B. V., Belyaev B. K., Solov'ev A. D. (1965). Matematycheskye metody v teoryy nadezhnosti [Mathematical methods in reliability theory]. Moscow, Russia: Science, 524.
2. Hol'tsman E. R. (1970). Yssledovanye kommutatsyonnoy sposobnosti y elektrycheskoy yznosostoykosti rele RPU-1 [Research switching capacity and electrical endurance relay RPU-1]. Low-voltage devices, Moscow, Russia: Informelectro, 2, 18 – 20.
3. Druzhynyn H. V. (1986) Nadezhnost' avtomatyzyrovannykh proyzvodstvennykh system. – 4-e yzd., pererab. y dop. [The reliability of the automated industrial systems. - 4 th ed., revised. and additiona]. Moscow, Russia: Enerhoatomyzdat, 480.

4. Korobskiy V. V., Chornobay O. O. (2015). Stan ekspluatatsii elektromahnitnykh puskachiv u sil'skomu hospodarstvi [State of electromagnetic actuators operating in agriculture]. Science visn. NUBiP. A series of "Technology and energy in agriculture", 224, 139 – 144.

5. Korchemnyi N. A., Mashevskyy V. P. (1988). Povyshenye nadezhnosti elektrooborudovanyya v sel'skom khozyaystve [Increased reliability of electrical equipment in agriculture]. Urozhai, 176.

6. Nadiinist tekhniky. Analiz nadiinosti. Osnovni polozhennia: DSTU 2861-94 – [Chynnyi vid 1997-01-01] (Natsionalnyi standart Ukrainy) [Reliability engineering. Reliability analysis. Key provisions: State Standard of Ukraine 2861-94 number] (1996), Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 76.

7. Nadiinist tekhniky. Metody otsinky pokaznykiv nadiinosti za eksperimentalnymy danymy: DSTU 3004-95 – [Chynnyi vid 1997-01-01] Natsionalnyi standart Ukrainy [Reliability engineering. Methods for assessing the performance reliability of experimental data: State Standard of Ukraine 3004-95 number] (1996). Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 129.

8. Sahach M. F., Kokhanovskyy S. P. (1971). Yssledovanye vlyyanyya erozyonnoho razrushenyya poverkhnosti kontaktov na nadezhnost' y dolhovechnost' traktornykh rele [Investigation of the influence of erosive destruction of the contact surfaces on the reliability and durability of tractor relay]. Research on mechanization and electrification of agriculture. Yzdatel'stvo USKhA, 43, 147 - 151.

9. Sotskov B. S. (1970). Osnovy teoryy y rascheta nadezhnosti elementov y ustroystv avtomatyky y vychyslytel'noy tekhniky [Fundamentals of the theory and calculation of reliability elements, and automation and computer technology devices]. Moscow, Russia: Higher School, 271.

10. Shtremberh T. K. (1967). Otsenka nadezhnosti elektrycheskykh kontaktov [Evaluation of reliability of electrical contacts]. Electrical contacts. Moscow, Russia: Energy, 7, 508 – 527.

11. Shul'hyn E. Y. (1974). Fenomenolohycheskyy metod fyzycheskoho analiza y prohnozyrovanyya nadezhnosti [The phenomenological method of physical analysis and reliability prediction]. Electronic equipment, 8, 11, 59 - 67.

12. Elektrycheskiye kontakty. Puty povyshenyya kachestva y nadezhnosti: Sbornyk nauchnykh trudov [Electrical contacts. Ways to improve the quality and reliability]. (1987). Institute for Problems of Materials Sciences of the USSR, 206.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

***В. В. Коробский,
С. А. Лапшин***

Аннотация. *Приведены результаты проведения анализа исследования надежности электрических аппаратов как сложной системы. Определена номенклатура общих показателей безотказности и долговечности для аппаратов распределения и управления.*

Ключевые слова: *анализ, надежность, электрический аппарат, эксплуатация, отказ, износ*

ANALYSIS METHODS OF INVESTIGATIONS OF RELIABILITY AND INDICATORS OF RELIABILITY FOR ELECTRICAL EQUIPMENTES

V. Korobsky,
S. Lapshin

Annotation. *Results over of realization of analysis of research of reliability of electric vehicles are brought as a difficult system. Certain nomenclature of general indexes offaultlessness and durability for the vehicles of distribution and management.*

Key words: *analysis, reliability, electrical equipment, maintenance, refuse, wear*

УДК 536.2:631.544.41

КОМП'ЮТЕРНЕ МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ГІДРОДИНАМІКИ І ТЕПЛООБМІНУ СИСТЕМИ МІКРОКЛІМАТУ У ПРОМИСЛОВІЙ ТЕПЛИЦІ

Б. В. КУЛЯК, аспірант*
В. І. ТРОХАНЯК, асистент
Національний університет біоресурсів
і природокористування України
e-mail: kul10@i.ua

Анотація. *Проведено чисельне моделювання процесів гідродинаміки і теплообміну, що протікають за взаємодії опалювальної та вентиляційної системи мікроклімату у межах виробничих приміщень промислових теплиць. Використавши програмний комплекс ANSYS Fluent для комп'ютерного математичного моделювання, були отримані поля температур, вектори швидкостей і радіаційні теплові потоки у теплиці.*

Ключові слова: *математичне моделювання, процеси гідродинаміки і теплообміну, промислова теплиця, температурно-вологісний режим, системи вентиляції та опалення*

Ріст і розвиток рослин тісно пов'язані з умовами навколишнього середовища. Вміння створювати умови, які відповідають вимогам рослин – запорука одержання високих урожаїв. Сукупність необхідних умов, а саме фізичних параметрів повітряного і прикореневого середовища в спорудах закритого ґрунту називається мікрокліматом. Він створюється узгодженою діяльністю таких основних систем технологічного устаткуван-

* Науковий керівник – кандидат технічних наук, доцент В. М. Решетюк

© Б. В. Куляк, В. І. Троханяк, 2016