

Міністерство аграрної політики України



ПРАЦІ
Таврійського державного
агротехнологічного університету

Випуск 11 Том 3

Наукове фахове видання

Мелітополь – 2011 р.

УДК 621.311:631**ПЗ.8**

Праці / Таврійський державний агротехнологічний університет. – Вип. 11. Т. 3. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – 180 с.

Друкується за рішенням Вченої Ради ТДАТУ,
Протокол № 11 від 26 квітня 2011 р.

У випуску наукових праць друкуються матеріали учасників щорічної науково-технічної конференції, співробітників та аспірантів Таврійського державного агротехнологічного університету. Представлено результати досліджень у галузі енергетики, електротехнології, автоматизації процесів сільськогосподарського виробництва.

Випуск призначений для науковців, інженерів, аспірантів, магістрів і студентів технічних та сільськогосподарських спеціальностей.

Редакційна колегія праць ТДАТУ:

Кюрчев В.М. – к.т.н., професор, ректор ТДАТУ (головний редактор);
Надикто В.Т. – чл.-кор. НААНУ, д.т.н., професор (заст. головного редактора);
Діордієв В.Т. – к.т.н., професор, (відповідальний секретар);
Дідур В.А. – д.т.н., професор; Кушнарьов А.С. – чл.-кор. НААН України, д.т.н., професор; Найдиш А.В. – д.т.н., професор; Никифорова Л.Є. – д.т.н., професор, Овчаров В.В. – д.т.н., професор; Панченко А.І. – д.т.н., професор; Рогач Ю.П. – к.т.н., професор; Скляр О.Г. – к.т.н., доцент; Тарасенко В.В. – д.т.н., професор; Шацький В.В. – д.т.н., професор; Ялпачик Ф.Ю. – к.т.н., професор.

Відповідальний за випуск – д.т.н., професор Овчаров В.В.
(кафедра «Теоретична і загальна електротехніка»)

Адреса редакції: ТДАТУ
Просп. Б. Хмельницького 18,
м. Мелітополь, Запорізька обл.,
72312 Україна

ISSN 2078-0877

© **Таврійський державний
агротехнологічний університет, 2011.**

УДК 631.53.027.34

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РЕЖИМ ЛАЗЕРНОЇ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ СОНЯШНИКУ

Никифорова Л.Є., д.т.н.,

Богатирьов Ю.О., інженер,

Сергеев В.Ю., магістр.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-23-41

Анотація - в роботі приведені передумови вивчення технологічного режиму лазерної передпосівної обробки насіння методом планування повного факторного експерименту.

Ключові слова - лазерний пристрій, соняшник, насіння, імпульсне опромінення, фактори, точки оптимуму.

Постановка проблеми. Визначення технологічного режиму лазерної передпосівної обробки насіння соняшнику методом математичного планування експерименту другого порядку є достатньо перспективним напрямком. Від вибору факторів та рівнів їх варіювання залежить надалі значимість факторів. Може виявитися так, що важливий за значущістю фактор згідно розрахунків може не робити ніякого впливу на процес, якщо рівні варіювання були визначені невірно. Це може привести до того, що побудована модель процесу буде неточно описувати технологічний режим.

Аналіз останніх досліджень. На сьогоднішній день розроблені різноманітні плани повного-факторного експерименту. Великий вклад в розробку методики планування експерименту в дослідженнях сільськогосподарських процесів зробили С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Роцин, Ф.Г. Гусейнов, О.С. Мамедяров. [1,2]

Ціль дослідження. Обґрунтувати передумови вивчення технологічного режиму лазерної передпосівної обробки насіння соняшнику методом планування експерименту.

Основна частина. Для проведення експерименту технологічного режиму лазерної передпосівної обробки насіння соняшнику, були обрані фактори та рівні їх варіювання (табл. 1).

З метою скорочення загального обсягу дослідів ставиться експеримент з відсіювання.

Матриця планування експерименту з відсіювання другого порядку базується на трьох факторах.

Таблиця 1 – Фактори та рівні їх варіювання

Фактор	Одиниця виміру	Рівні варіювання факторів				Позначення
		-1	0	+1	Δ_i	
Кількість днів від опромінення до початку визначення посівних якостей насіння (ПЯН)	днів	3	9	15	6	X_1
Кількість імпульсів	тис. шт.	2	5	8	3	X_2
Щільність енергії	мВт/см ²	0,5	3,25	6	2,75	X_3

Це дозволяє отримати лінійні рівняння регресії у загальному вигляді. Матриця планування експерименту має вигляд

$$X := \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1.215 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.476225 & 0 & 0 \\ 1 & -1.215 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.476225 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1.215 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.476225 & 0 \\ 1 & 0 & -1.215 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.476225 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1.215 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.476225 \\ 1 & 0 & 0 & -1.215 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.476225 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad Y := \begin{pmatrix} 95 & 95 \\ 85 & 87 \\ 84 & 86 \\ 80 & 79 \\ 91 & 93 \\ 84 & 86 \\ 89 & 89 \\ 82 & 79 \\ 81 & 80 \\ 92 & 94.2 \\ 82 & 81 \\ 80 & 79 \\ 81 & 80 \\ 82 & 83 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Модель другого порядку визначається за виразом

$$\tilde{y} = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{j,i=1}^n b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_i^2. \quad (1)$$

Коефіцієнти регресії кожного фактору за проведеними дослідями розраховуються за формулами:

$$b_0 = \frac{\sum_{u=1}^N y_u}{N} ; \quad \text{або} \quad B = (X^T X)^{-1} X^T Y. \quad (2)$$

Помилка експерименту розраховується за формулою

$$s_{b_i}^2 = \frac{s_0^2}{\sum x_{iu}^2}, \quad (3)$$

де s_0^2 – помилка дослідів, яка дорівнює

$$s_0^2 = \frac{1}{N_0 - 1} \sum_{k=1}^{N_0} (y_{0k} - \bar{y}_0)^2, \quad (4)$$

де N_0 – кількість дослідів у центрі плану.

Для математичної моделі виду

$$y_i = B_0 + B_1 z_1 + B_2 z_2 + B_3 z_3 + B_{12} z_1 z_2 + B_{13} z_1 z_3 + B_{23} z_2 z_3 + B_{11} z_1^2 + B_{22} z_2^2 + B_{33} z_3^2 \quad (5)$$

визначаються дисперсії відтворюваності за критерієм Кохрена: $G_p = 0,251 < 0,499$ ($G_m(\alpha = 0,05; 1,25)$) на підставі яких можна сказати, що відтворюваність дослідів добра.

За критерієм Стюдента визначаються коефіцієнти поліноміальної регресії.

За критерієм Стюдента $t_p = 1,746$. Таким чином, коефіцієнти B_3, B_{12}, B_{13} є незначущими і їх можна відкинути.

Отримане рівняння поверхні другого порядку має вигляд

$$y_i = 31,462 + 4,137 z_1 + 1,969 z_2 + 1,125 z_3 + 23,505 z_1^2 + 19,237 z_2^2 + 19,914 z_3^2, \quad (6)$$

Для визначення адекватності моделі, порівняємо критичне і розрахункове значення критерію Фішера

$$1,987 < 2,397.$$

Таким чином, отримана нелінійна модель є адекватною, тобто її можна використовувати при побудові області оптимуму і визначення його координат.

Розкодована нелінійна модель має вигляд

$$y_i = 125,63 - 11,063x_1 - 0,02x_2 - 17,54x_3 + 0,00021x_2x_3 + 0,653x_1^2 + 0,000005x_2^2 + 2,63x_3^2$$

Розглянемо можливі двомірні значення, які мають найбільше практичне значення.

1) Двомірний переріз поверхні відгуку, побудований за рівнянням

$$y_i = 125,63 - 0,02x_2 - 17,54x_3 + 0,00021x_2x_3 + 2,63x_3^2 + 0,000005x_2^2,$$

при $x_1 = 0$, зображено на рис. 1.

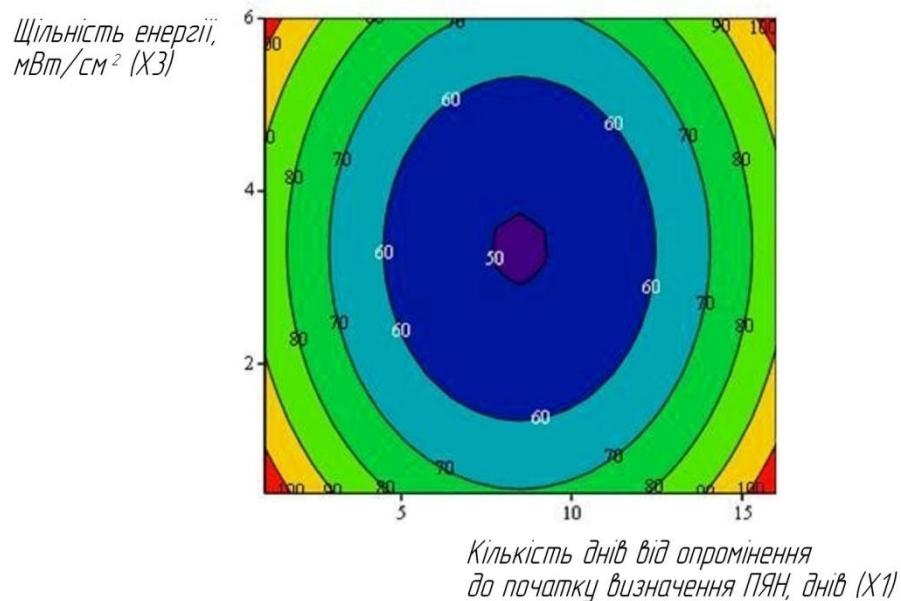


Рис. 1. Поверхня та лінії рівнів функції відгуку ($x_1 = 0$).

2) Двомірний переріз поверхні відгуку, побудований за рівнянням

$$y_i = 125,63 - 11,063x_1 - 17,54x_3 + 2,63x_3^2 + 0,653x_1^2,$$

при $x_2 = 0$, зображено на рис. 2.

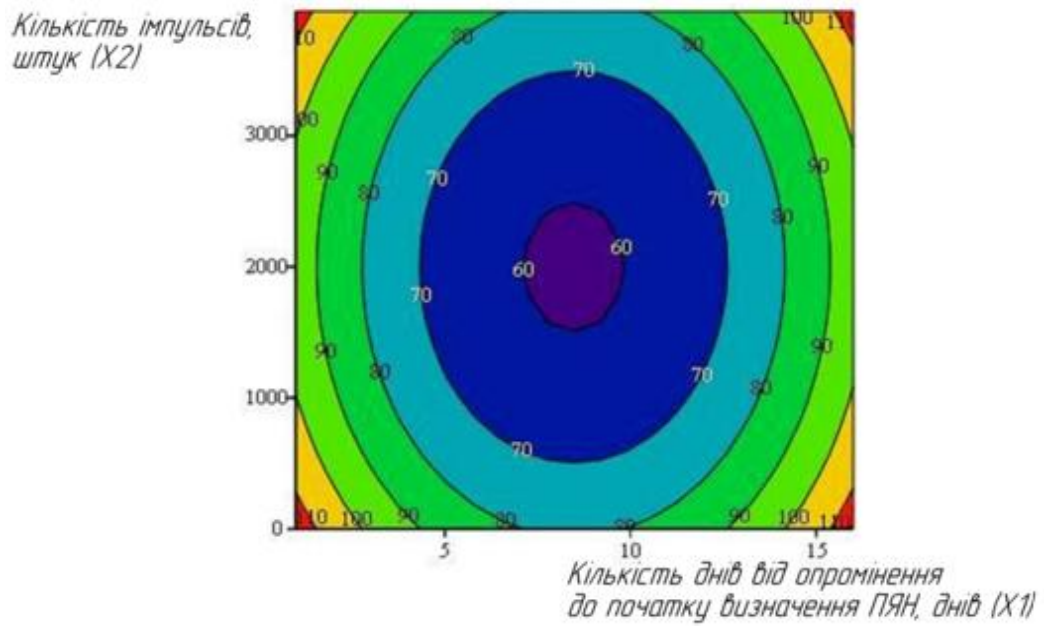


Рис. 2. Поверхня та лінії рівнів функції відгуку ($x_2 = 0$).

3) Двомірний переріз поверхні відгуку, побудований за рівнянням

$$y_i = 125,63 - 0,02x_2 - 11,063x_1 + 0,653x_1^2 + 0,000005x_2^2,$$

при $x_3 = 0$, зображено на рис. 3.

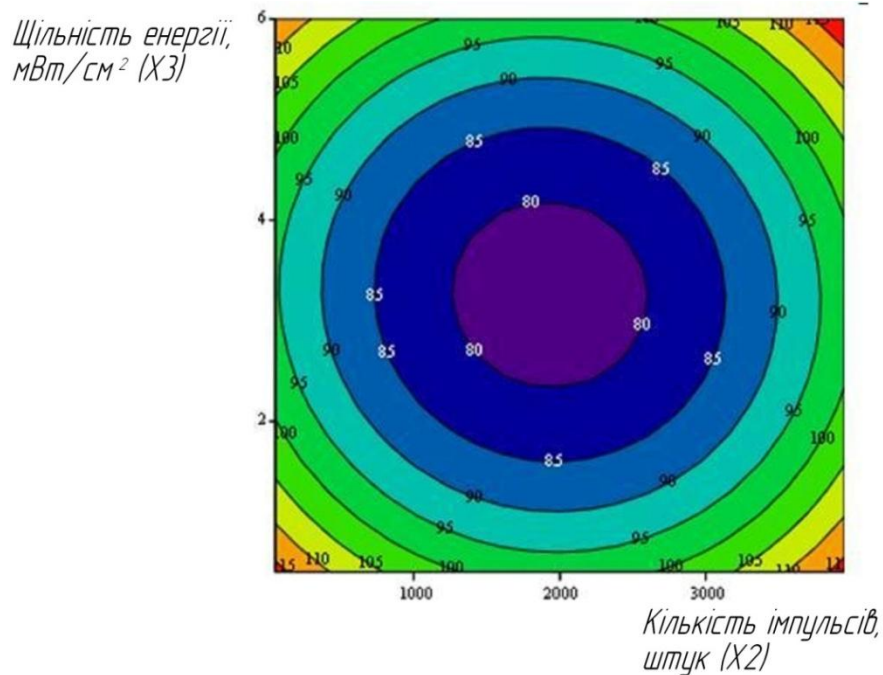


Рис. 3. Поверхня та лінії рівнів функції відгуку ($x_3 = 0$).

Висновки:

1. З метою реалізації плану повного факторного експерименту визначені фактори та рівні їх варіювання, визначена матриця планування експерименту.

2. Запропоновано рівняння моделі, що описують вплив факторів на критерій оптимізації дозволили визначити технологічний режим лазерної передпосівної обробки насіння соняшнику, а саме: кількість днів від опромінення до початку визначення посівних якостей насіння (ПЯН) – 8,47 днів; кількість імпульсів – 1931 штук; щільність енергії – 3,25 мВт/см².

3. Побудовано графіки, які дають змогу визначити залежність зміни ПЯН, від щільності енергії, кількості імпульсів та днів від опромінення до початку визначення ПЯН.

Література

1. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Роцин // 2-е изд. перераб. и доп. – Л.: Колос, 1980. – 168 с

2. Гусейнов Ф.Г. Планирование эксперимента в задачах электроэнергетики / Ф.Г. Гусейнов, О.С. Мамедяров. – М.: Энергоиздат, 1988. – 151 с.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ЛАЗЕРНОЙ ПЕРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА

Никифорова Л.Е., Богатырев Ю.О., Сергеев В.Ю.

Аннотация

В работе приведены предпосылки изучения технологического режима лазерной передпосевной обработки семян подсолнечника методом планирования полного факторного эксперимента.

TECHNOLOGICAL MODE OF LASER PROCESSING OF SEEDS OF SUNFLOWER

L. Nikiforowa, Y. Bogatyrew, W. Sergieiew

Summary

In work preconditions of studying of a technological mode of laser processing of seeds of sunflower are resulted by a method of planning of full factorial experiment.

УДК [631.361]

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВИТИРАННЯ ВОРОХУ РИЦИНИ

Дідур В.А., д.т.н.,

Залеський А.В., інженер,

Зубкова К.В., інженер.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 44-02-74

Анотація – в роботі розроблено технологічну схему пристрою для витирання вороху рицини.

Ключові слова – витирання вороху, абразивний вал, дека.

Постановка проблеми. Відновлення вирощування рицини на Півдні України потребує комплексного підходу до вирішення питання механізації процесів збирання врожаю та доробки вороху [1].

Обладнання для доробки вороху рицини, як і для її збирання, в Україні і Росії не виготовляються. Та навіть при їх наявності якість врожаю зібраного відомим устаткуванням не задовольняє переробну промисловість через надмірне травмування, що призводить до підвищеної кислотності рицинової олії. Тому, актуальною проблемою є розробка обладнання для доробки вороху рицини на стаціонарі, з врахуванням фізико – механічних особливостей даної культури.

Аналіз останніх досліджень. Запропонована в роботах [2, 3, 4, 5] технологія передбачає збирання рицини методом очісування насінневих коробочок на корені з подальшою сушкою, витиранням насіння з коробочок та сепарацією (рис. 1). Тому при розробці технологій та устаткування доробки вороху на стаціонарі доцільно враховувати, що фракційний склад очосаного вороху [5] включає коробочки рицини, як цілі, так і розламані, значну масу рослинної частини: стебла і листя, та є сторонні домішки, присутність яких обумовлена станом агрофону перед збиранням врожаю рицини (рис. 2).

Формулювання цілей статті. Аналіз операцій доробки очосаного вороху рицини та розробка технологічної схеми пристрою для витирання коробочок та третинок рицини є суттю розглянутої проблеми.

Основна частина. Для кожної операції доробки вороху рицини (рис. 3) використовують окреме устаткування:

- сушіння – при необхідності здійснюється сушарними установ-

ками для доведення вороху до придатної для обробки вологості;

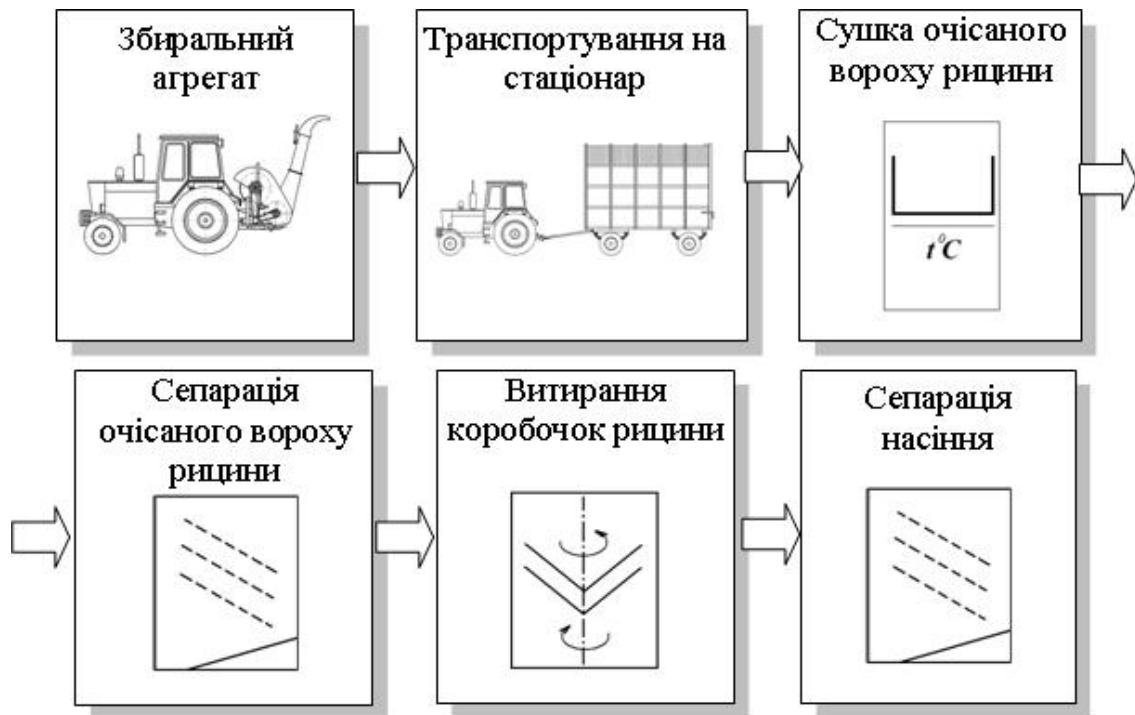


Рис. 1. Структурна схема збирання рицини з доробкою на стаціонарі.

- сортування – здійснюється на решітних машинах з метою відділення великих, дрібних домішок і виділення витертих насіння у ході збирання їх комбайном;

- витирання – процес вилучення з коробочок насіння рицини виконується на лушчільних машинах;

- очищення – вилучення витертого насіння від коробочок аеродинамічним способом в аспіраційних пристроях і пневмосепараторах;

- сортування – здійснюється з метою виділення не витертого насіння за допомогою решіт.

На основі патентно-літературного пошуку у фондах бібліотеки та в Інтернеті проведений аналіз технічних засобів доробки очоаного вороху рицини в результаті якого встановлено, що все відоме устаткування не повністю задовольняє вимогам до якості обробки вороху, його фізико-механічним характеристикам та має великі питомі енергозатрати.

Особливу увагу слід звернути на удосконалення пристрій для витирання вороху, оскільки від ефективності його роботи залежить якість насіння, що йде на переробку.

Розроблена машина являє собою вальце-дековий пристрій (з двома робочими деками) оснащений пристроєм примусової подачі, дозатором та пристроєм для розділення коробочок рицини на третинки.

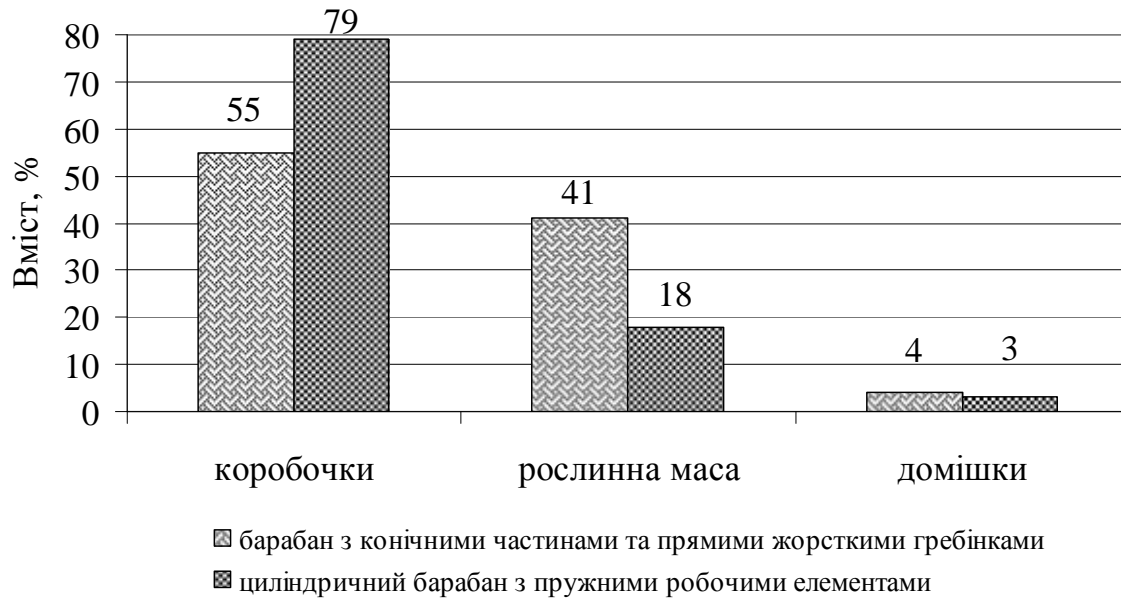


Рис. 2. Фракційний склад очосаного вороху.

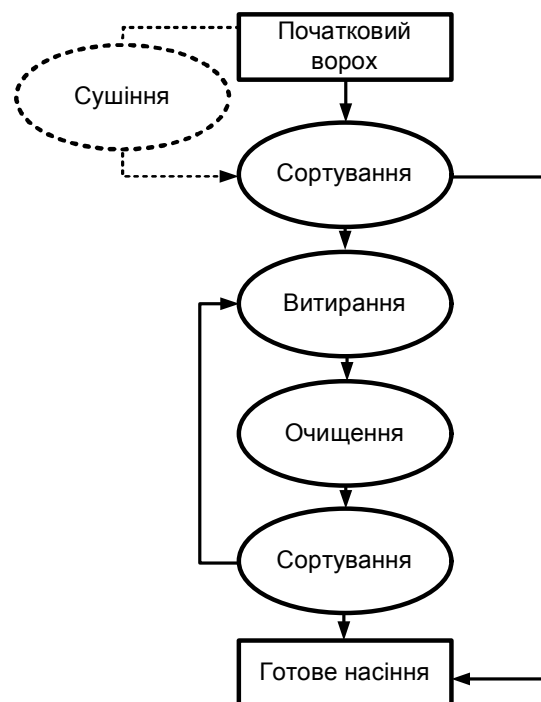


Рис. 3. Операційна схема процесу післязбиральної обробки вороху рицини.

Машина дозволяє проводити дозування, подрібнювання та витирання вороху за один етап, що дає можливість зменшити травмування

та підвищити ефективність витирання, зменшити металоємність переробних машин, знизити енерговитрати і витрати паливних матеріалів, а також сприяє зниженню втрат насіння.

Принцип дії установки полягає в наступному: початкова сировина подається в приймальний бункер пристрою примусової подачі (1) де захоплюється Г-образними лопатками, що обертаються, приймального бітера і слідує в пристрій для розділення коробочок на третинки (2).

Попавши в пристрій для розділення коробочок на третинки порція коробочок попадає в зазор між обертаючимся рифленим валком та регулюємою заслінкою де за рахунок сил стискання та здвигу, виконується розділення коробочок на третинки. Після розділення, третинки подаються гравітаційним методом в вальце-дековий станок. При попаданні в клиновий зазор, створений першою декою та абразивним валом, виконується відлучення насіння за рахунок сил тертя, деформацій стискання та здвигу. Така ж процедура виконується і в клиновому зазорі між другою декою та абразивним валком.

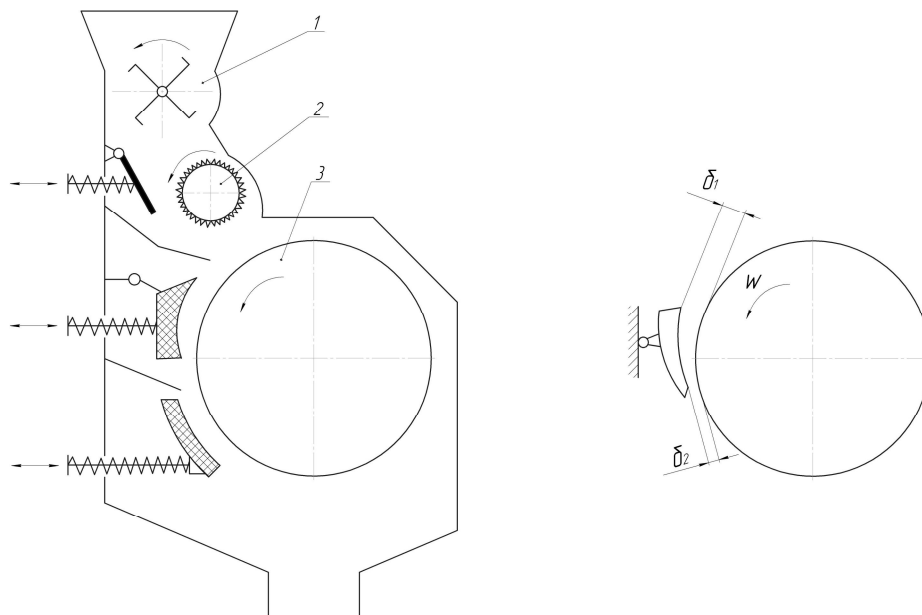


Рис. 4. Схема машини для доробки вороху рицини:

1 – приймальний бункер пристрою примусової подачі, 2 – пристрій для розділення коробочок на третинки, 3 – вальце-дековий станок.

При експлуатації установки слід врахувати необхідність регулювання зазору між декою і абразивним циліндром на вході і на виході. для верхньої і нижньої деки справедлива умова $\delta_1 > \delta_2$, крім того для верхньої деки слід врахувати, що $\delta_1 > B$, де B - найбільший розмір сировини що подається.

Висновки. Розроблена удосконалена схема машини для доробки вороху рицини, при чому доробка включає дозування, подрібнювання

та витирання вороху, що дає можливість зменшити травмування та підвищити ефективність витирання, зменшити металоємність переробних машин, знизити енерговитрати і витрати паливних матеріалів.

Література

1. Дідур В.А. Технологія безвідходної (глибокої) переробки насіння рицини/ В.А. Дідур, В.О. Ткаченко, С.М. Маркелова // Праці / Таврійська державна агротехнічна академія – Вип.15, Мелітополь: ТДАТА, 2003. – 164 с.
2. Звіт про науково-дослідну роботу таврійської державної агротехнічної академії. Номер держреєстрації: 0104V003927; м. Мелітополь 2006 р., с. 42.
3. Звіт про науково-дослідну роботу таврійського державного агротехнологічного університету. Номер держреєстрації: 0107U008952; м. Мелітополь 2009 р., с. 46.
4. В.В. Белобородов. Основные процессы производства растительных масел / В.В. Белобородов; М. – Пищевая промышленность. 1966. – 478 с.
5. Кошевой Е.П. Оборудование для производства растительных масел. / Е.П. Кошевой. – М.: Агропромиздат, 1991. – 204 с.
6. Технология производства растительных масел / [Копейковский В.М., Данильчук С.И., Гарбузова Г.И. и др.]; под ред. В.М. Копейковского и С.И. Данильчук. – М.: «Легкая и пищевая промышленность» 1982. – 416 с. – Библиогр.: с. 409.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВЫТИРАНИЯ ВОРОХА КЛЕЩЕВИНЫ

Дідур В.А., Залесский А.В., Зубкова Е.В.

Аннотация – в работе разработана технологическая схема устройства для вытирания вороха клещевины.

DEVELOPED OF TECHNOLOGICAL CHART OF DEVICE FOR DESTRUCTION CASTOR FRUIT SMALL BOXES

V. Didur, A. Zalesskiy, E. Zubkova

Summary

In work developed the technological chart of device for destruction castor fruit small boxes.

УДК631.371:612.317

ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ВПЛИВУ НИЗЬКОЕНЕРГЕТИЧНОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА СТАН БІООБ'ЄКТІВ

Мунтян В.О., д.т.н.,

Лисенко О.В., к.т.н.,

Коваль Д.М., інженер.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-11-74, 42-23-41

Анотація – розглянуто взаємодію низькоенергетичного електромагнітного опромінювання з біологічними об'єктами та на основі теоретичних досліджень отримані залежності вірогідності утворення вільних радикальних пар в насінні гороху від часу дії зовнішнього електромагнітного випромінювання.

Ключові слова – діелектрична проникність, низькоенергетичне електромагнітне випромінювання, біологічні тканини, іонізація, вільні радикальні пари.

Постановка проблеми. Економічна стабільність України залежить від кількості і якості продукції в промисловому і сільському господарстві. Кризовий стан в сільськогосподарському виробництві вимагає невідкладних заходів, пов'язаних із створенням нових електротехнологій на основі обробки біооб'єктів і інформаційними електромагнітними полями (ЕМП), з метою стимулювання їх продуктивності. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є застосування спеціальних автоматизованих систем радіохвильового контролю для оцінки стану біооб'єктів, що знаходяться під впливом ЕМП. Полегшення оцінки механізмів біологічної дії інформаційних ЕМП можливе на основі методу діелектричної радіоспектроскопії. Оскільки в даний момент відсутні теоретичні основи для розробки методів і засобів радіохвильового неруйнівного контролю біооб'єктів при їх взаємодії з низькоенергетичними ЕМП, необхідно провести теоретичний аналіз впливу низькоенергетичного ЕМП на біооб'єкти на основі квантової теорії і визначити діапазон зміни діелектричної проникності (ДП) [1].

Аналіз останніх досліджень. Найбільшого поширення набули надвисокочастотні (НВЧ) методи з діапазоном довжини хвиль від 1 до 100 мм. Використання радіохвиль дає можливість застосування особ-

ливостей низькоенергетичних (інформаційних) радіохвиль. Першим і основним завданням у області радіохвильового контролю складу і властивостей речовин є вимірювання діелектричної проникності. Більшість досліджень пов'язана з вимірюванням абсолютних значень діелектричної проникності матеріалів та полярних рідин і майже не розглянуті методи і системи вимірювань ДП біооб'єктів сільського господарства. Вимірювання змін ДП біо об'єктів під час їх взаємодії із різними фізичними факторами пов'язані із певними труднощами.

Формулювання цілей статті. Метою даної статі є проведення теоретичних досліджень взаємодії низькоенергетичного ЕМП з біологічними об'єктами сільського господарства з триманням графічних залежностей.

Основна частина. В процесі низькоенергетичного електромагнітного опромінювання біологічних тканин відбувається іонізація молекул речовини і утворення радикальних пар. Таким чином, зовнішні низькоенергетичні електромагнітні поля роблять вплив на молекулярну структуру біологічних речовин, а, отже, і на електрофізичні їх характеристики - такі, як дійсна і уявна частина діелектричної проникності. Природно, що дані зміни спричинятимуть зміни характеристик досліджуваного об'єкту. У разі додавання зовнішнього електромагнітного поля відбувається дипольно-релаксаційна поляризація.

У ізотропних діелектриків будь-якого типу дійсна частина відносної діелектричної проникності середовища ε' має вигляд

$$\varepsilon' = 1 + \chi = 1 + N \beta, \quad (1)$$

де N – число молекул в одиниці об'єму;

β – поляризуємість молекули.

Уявна частина діелектричної проникності середовища має вигляд

$$\varepsilon'' = \frac{N e^2 l}{2 m \nu \omega \varepsilon_0}, \quad (2)$$

де ω – кругова частота падаючого на середовище електромагнітного поля; e – електричний заряд іонізованих молекул; l – довжина вільного пробігу іонів до зіткнення; m – маса іона; ν – швидкість теплового руху іона.

Під впливом зовнішнього електромагнітного поля число молекул в одиниці об'єму не збільшиться, але деякі з них іонізуються, тобто їх поляризуємість зросте, а, отже, зросте поляризуємість і дипольний момент одиниці об'єму речовини, що буде еквівалентне збільшенню відносної діелектричної проникності. Те ж саме слід сказати і про уявну частину діелектричної проникності. Отже, знаючи рівень іонізації біо-

логічного середовища, можна визначити тенденції в зміні її діелектричної проникності, звідки слідують зміни в її біофізичних характеристиках. У зв'язку з цим необхідно розглянути імовірнісну модель процесів, що відбуваються в біологічних середовищах під впливом зовнішніх ЕМП, що дасть можливість визначити кількісні зміни електрофізичних характеристик біологічних тканин в результаті таких дій [1].

Середовище розглядається як система мікрочасток, що мають два енергетичних рівня W_1 і W_2 , які дорівнюють енергіям незбудженої молекули і молекули, що утворила радикальну пару, відповідно. Кожному енергетичному рівню відповідає своя населеність N_1 і N_2 , яка визначається величиною початкової концентрації C_i . Біологічний об'єкт знаходиться під впливом зовнішнього електромагнітного поля $\vec{E} = \vec{E}_0 e^{j\omega t}$ з амплітудою \vec{E}_0 і круговою частотою ω [1].

За наявності зовнішнього електромагнітного поля рівняння Шредингера, що описує стан молекули, яка знаходиться на кожному з своїх енергетичних рівнів, стає нестационарним і набуває вигляду

$$j \hbar \dot{\Psi} = \mathbf{H} \Psi, \quad (3)$$

де \mathbf{H} – гамільтоніан молекули;

\hbar – постійна Планка;

Ψ – хвильова функція даної дворівневої системи.

Рішенням рівняння (3) буде вираз

$$\Psi = C_1(t)\psi_1(\vec{r})\exp\left(-j\frac{W_1}{\hbar}t\right) + C_2(t)\psi_2(\vec{r})\exp\left(-j\frac{W_2}{\hbar}t\right), \quad (4)$$

де вірогідність знайти систему в одному із стаціонарних станів визначається квадратом модуля коефіцієнта $C_k(t)$.

Використовуючи ортогональність функцій $\psi_k(\vec{r})$, була одержана система диференціальних рівнянь для визначення коефіцієнтів $C_1(t)$ і $C_2(t)$:

$$\begin{cases} j\hbar \dot{C}_1(t) = C_2(t)H_{21} \exp(-j\omega_{21}t); \\ j\hbar \dot{C}_2(t) = C_1(t)H_{12} \exp(j\omega_{21}t), \end{cases} \quad (5)$$

де $H_{21} = \mathbf{H}_{12} - d_{21}E_0 \cos \omega t - d_{12}E_0 \cos \omega t$;

d_{12} – дипольний момент, що створюється даними енергетичними рівнями молекул.

Розв'язком системи (5) будуть наступні вирази:

$$|C_1(t)| = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB \cos \alpha t}; \quad (6)$$

$$|C_2(t)| = \frac{\hbar}{d_{21}E_0} \sqrt{A^2(\Delta\omega + \alpha)^2 + 2AB(\Delta\omega^2 + \alpha^2)\cos \alpha t + B^2(\Delta\omega + \alpha)^2}, \quad (7)$$

де:

$$A = - \left[2\sqrt{d_{21}^2 E_0^2 \hbar^6 p_1 p_2 \alpha^4 (\alpha + \Delta\omega)^2} + \right. \\ \left. + \hbar^2 \alpha (\alpha + \Delta\omega) \left[d_{21}^2 E_0^2 p_2 + \hbar^2 p_1 (\alpha^2 - \Delta\omega^2) \right] \right] \times \\ \times \sqrt{\frac{-2\sqrt{d_{21}^2 E_0^2 \hbar^6 p_1 p_2 \alpha^4 (\alpha + \Delta\omega)^2} + \hbar^2 \alpha^2 \left(d_{21}^2 E_0^2 p_2 + \hbar^2 p_1 (\alpha + \Delta\omega)^2 \right)^2}{\hbar^4 \alpha^4}} \quad (8) \\ \times \frac{1}{2\hbar^2 \alpha (\alpha + \Delta\omega) \left(-d_{21}^2 E_0^2 p_2 + \hbar^2 p_1 (\alpha + \Delta\omega)^2 \right)};$$

$$B = -\frac{1}{2} \times \\ \times \sqrt{\frac{-2\sqrt{d_{21}^2 E_0^2 \hbar^6 p_1 p_2 \alpha^4 (\alpha + \Delta\omega)^2} + \hbar^2 \alpha^2 \left(d_{21}^2 E_0^2 p_2 + \hbar^2 p_1 (\alpha + \Delta\omega)^2 \right)^2}{\hbar^4 \alpha^4}}; \quad (9)$$

$$\alpha = \sqrt{(\Delta\omega)^2 + \left(\frac{d_{21} E_0}{\hbar} \right)^2}; \quad (10)$$

$\Delta\omega$ – зсув від резонансної частоти переходу в збуджений стан;
 p_1 і p_2 – вірогідність незбудженого і збудженого стану молекули, відповідно.

Одержані вирази для $C_1(t)$ і $C_2(t)$ дозволяють знаходити вірогідність переходу молекули з незбудженого стану в іонізований p_{12} і навпаки p_{21} залежно від зсуву частоти зовнішнього електромагнітного випромінювання по відношенню до власної частоти випромінювання молекули. Тобто, (6) описує вірогідність переходу молекули з неіонізованого стану в іонізований або вірогідність зміни діелектричної проникності біоречовини від зсуву частоти зовнішнього електромагнітного випромінювання по відношенню до частоти власного випромінювання молекул [2]. Проведені чисельні розрахунки із створення вільних ради-

кальних пар в результаті дії зовнішнього низькоенергетичного електромагнітного поля на насіння гороху (рис. 1, 2).

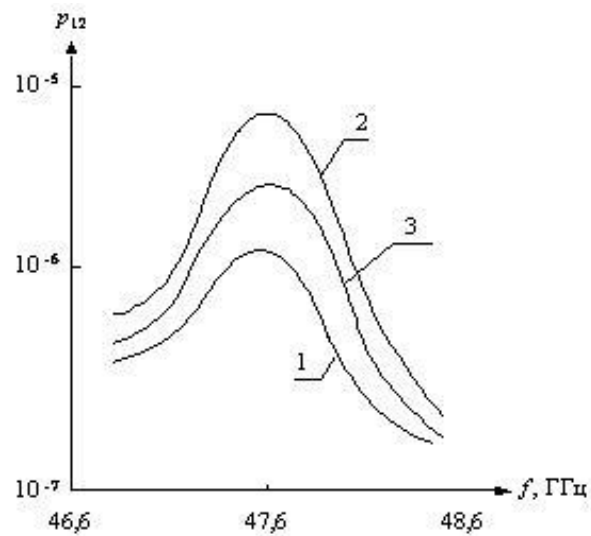


Рис. 1. Залежність вірогідності утворення вільних радикальних пар p_{12} для насіння гороху від частоти зовнішнього ЕМВ при $t = 10$ хв.:
1 – $P = 5$ мкВт/см²; 2 – $P = 12$ мкВт/см²; 3 – $P = 20$ мкВт/см².

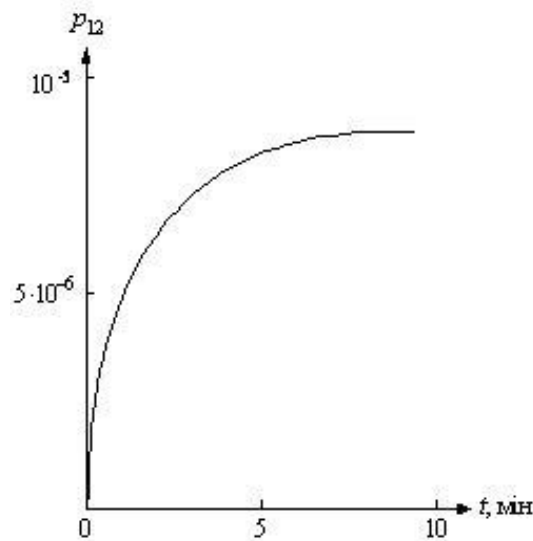


Рис. 2. Залежність вірогідності утворення вільних радикальних пар p_{12} в насінні гороху від часу дії зовнішньої ЕМВ при $P = 10$ мкВт/см², $f = 47,6$ ГГц.

Висновки. Найбільш інтенсивне утворення вільних радикальних пар в насінні гороху настає на цілком конкретних частотах низькоенергетичного електромагнітного опромінювання, що визначається їх біофізичними характеристиками. Даний процес спричиняє зміну загального дипольного моменту речовини, і для насіння гороху добавка

складає $2 \cdot 10^{-6}$ частину від загального дипольного моменту. Для визначення одержаної зміни у ε' чутливість відповідного пристрою повинна бути порядку 10^{-6} . Додаток до уявної частини відносної діелектричної постійної речовини насіння гороху дорівнює $\Delta\varepsilon'' = 0,0009$. Оскільки на розглянутих вище частотах опромінювання насіння гороху $\varepsilon'' = 1,1$, для визначення даної зміни потрібна чутливість приладу не гірше 10^{-4} .

Література

1. Хиппель А.Р. Диэлектрики и волны/ А.Р. Хиппель. – Пер. с английского. Под ред. проф. Н.Г.Дроздова. – Изд-во иностранной литературы. – Москва, 1966. – 439 с.
2. Мунтян В.А. Влияние электромагнитных излучений на образование свободных радикалов в биообъектах // Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. – Харьков: "СВЭКО". – 2006. – № 10. – С. 17 – 23.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СОСТОЯНИЕ БИООБЪЕКТОВ

Мунтян В.А., Лисенко О.В., Коваль Д.М.

Аннотация

Рассмотрено воздействие низкоэнергетического электромагнитного облучения с биологическими объектами и путем теоретических исследований получены зависимости вероятности свободных радикальных пар в семенах гороха от времени действия внешнего электромагнитного излучения

THEORETICAL ANALYSIS OF LOW-ENERGY ELECTROMAGNETIC RADIATION INTERACTION WITH BIOLOGICAL OBJECTS

V. Muntian, O. Lysenko, D. Koval

Summary

Low-energy electromagnetic radiation interaction with biological objects is considered in given article and graphical dependences of the pea seeds free radical pairs formation probability are obtained on the basis of theoretical studies.

УДК 621.311:631.3

РОЗРОБКА ОЗОНАТОРА ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ЙОГО РОБОТИ В ОВОЧЕСХОВИЩІ

Овчаров В.В., д.т.н.,

Таврійський державний агротехнологічний університет

Чапний М.В., к.т.н.,

Чернов І.І., студент.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: chapnijj@rambler.ru

Анотація – розроблена схема імпульсного іонізатора повітря з регулятором концентрації озону в овочесховищі.

Ключові слова – іонізація, озонування, автоматизація.

Постановка проблеми. Проблема отримання озону міститься в необхідності мати максимальну продуктивність іонізатора при мінімальних витратах електричної енергії. Вирішення проблеми пропонується досягти застосуванням імпульсного режиму роботи іонізатора, що особливо актуально при використанні іонізатора повітря, який використовується для великого діапазону змін температури і вологості повітря в овочесховищі.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз робіт [1–5], пов'язаних з дослідженнями іонізації повітря показав, що в імпульсному режимі іонізатори мають більшу продуктивність в порівнянні з постійно діючим струмером. Але існуючі системи іонізації не враховують зміни температурно-вологісних параметрів повітря, що іонізується для задання тривалості і частоти імпульсів.

Формулювання мети статті. Метою розробки є підвищення продуктивності іонізатора повітря та автоматизація його роботи в умовах, що складаються при зберіганні плодоовочевої продукції.

Основна частина. Відомо, що для кожного виду продукції потрібна своя технологічна схема обробки озоном. Разом з тим комплексні фундаментальні дослідження різних авторів дозволили визначити загальні закономірності дії озону на патогенну мікрофлору і на цій основі розробити ефективні методи її пригнічення. З'ясувалося, що у озону є одна особливість: його малі дози стимулюють пророщення стійких до будь-яких хімічних і фізичних впливів мікроорганізмів, наприклад «сплячих» спорових форм грибів, а високі – мають бактерицидну дію. Окрім того, озон взаємодіє тільки з поверхневими структурами клітин і не проникає в глибину. Ще було виявлено, що багато-

разові короточасні обробки різних видів плодоовочевої продукції заданими дозами озону гальмують в них обмінні процеси, підвищують стійкість до хвороб та знешкоджують їх збудників. Стає більш щільним поверхневий шар овочів та фруктів, що веде до зниження швидкості випаровування води і відповідно продукція залишається бути соковитою та довше зберігає свою біологічну цінність. Всі ці фактори дії озону збільшують термін зберігання плодоовочевої продукції та зберігають її якісні показники.

Для виробництва озону використовують іонізатори, що працюють на основі розкладу кисню повітря електричними розрядами великої напруги. Перспективним є плазмохімічний реактор на тліючому розряді від'ємної полярності при атмосферному тиску. Такі системи володіють перш за все практичними перевагами перед бар'єрним розрядом, тому що суттєво підвищують надійність та тривалість роботи озонаторів. Блок-схема отримання озону та керування його концентрацією в сховищі зображено на рис. 1.

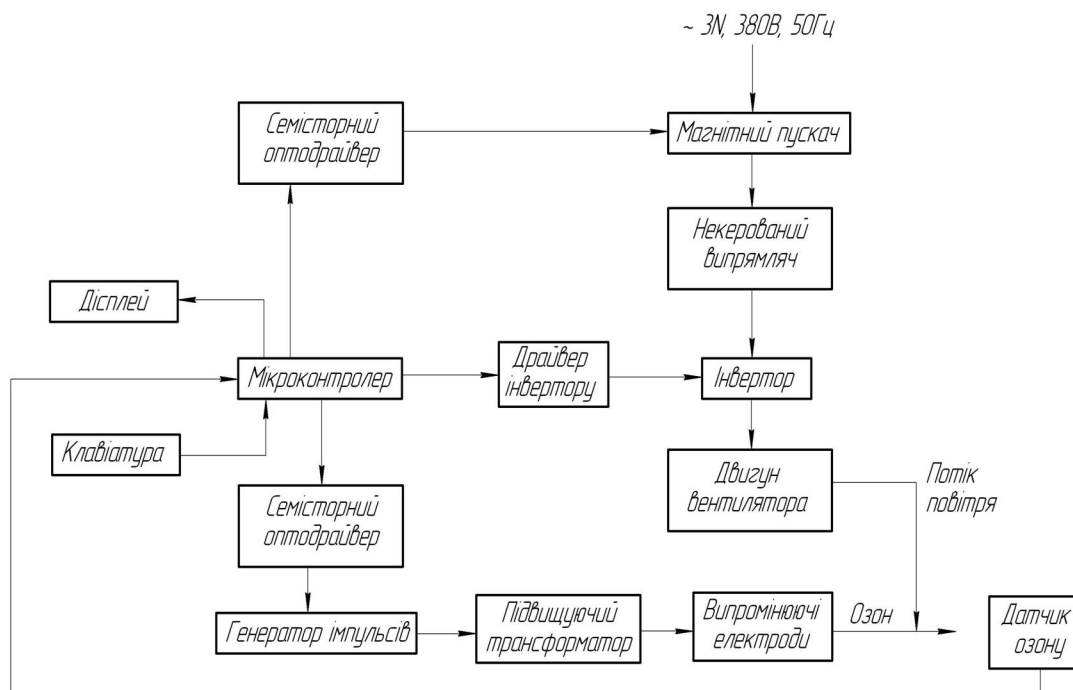


Рис. 1. Блок схема установки для продукування озону.

Схема працює таким чином. З клавіатури пристрою задається час роботи установки та бажана концентрація озону в приміщенні. Введена інформація, а також поточні дані від датчика концентрації озону відображаються на дисплеї. Мікроконтролер, керуючись програмою, вмикає симісторний оптодрайвер відповідальний за вмикання магнітного пускача, який подає змінну напругу на некерований випрямляч, а останній в свою чергу перетворює змінну напругу в пульсуючу напругу постійного струму, що подається на вхід інвертору, при цьому пуск двигуна вентилятора установки по озонуванню продукції здійснюється на номінальній частоті мережі. Роботою електродвигуна вен-

тилятора керує мікроконтролер за допомогою мікросхеми-драйвера, що комутує перемикання силових елементів інвертора.

Завдяки цим перемиканням на виході формується частота, що ґрунтується на принципі синусоїдально-керованої широтно-імпульсної модуляції, тобто тривалість періоду синусоїдальної напруги відповідає необхідній частоті вихідної напруги. В цей час інший семісторний оптодрайвер вмикає іонізатор. Він являє собою генератор імпульсів, який управляє силовим керуючим елементом, що подає напругу на високовольтний трансформатор напруги. До вторинної обмотки трансформатора приєднано випромінюючі електроди між якими і виникає електричний розряд.

Трансформатор напруги дозволяє створити на вторинній обмотці амплітуду напруги до 90000 В. Частоту та час імпульсів задають за допомогою регулюючого резистора, що входить до складу RC-ланки генератора імпульсів.

Зміна опору цього резистора прямо пропорційна зміні тривалості розряду на електродах, та зворотно пропорційна зміні частоти цих розрядів, що можна побачити з рис. 2.

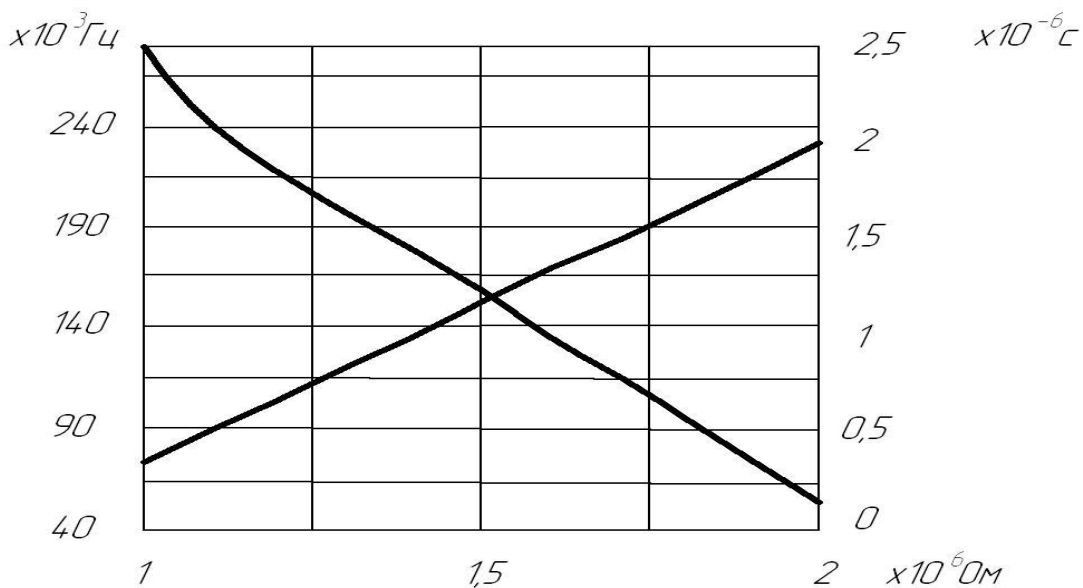


Рис. 2. Графік залежності тривалості розряду на електродах озонатора та їх частоти від опору підстроєчного резистора.

Щоб наведена на рис. 1 блок-схема при управлінні частотою і тривалістю подачі живлення на електроди іонізатора враховувала температуру повітря, що іонізується, схема RC-ланки сконструйована таким чином, що її параметри змінюються пропорційно зміні температури повітря.

Автоматична частина пристрою працює наступним чином. При відхиленні концентрації озону в просторі знаходження продукції від заданого значення, вмикається двигун вентилятора та іонізатор. Повітря проходить крізь іонізатор та утворюється озон. Суміш озону і по-

вітря подається в плодоовочеву продукцію. По інформації отриманої від датчика концентрації озону в середовищі з плодоовочевою продукцією мікроконтролером приймається рішення про режим подальшої роботи установки по озонуванню.

Збільшення або зменшення концентрації озону на вході в продукцію відбувається за рахунок варіювання швидкості обертання вентилятора.

Література

1. *Божко И.В.* Исследование разрядного промежутка для плазменно-химического реактора на положительной стримерной короне / *И.В. Божко, И.С. Петухов* // Техн. електродинаміка. – 2005. – №3. – С. 17–21.
2. *Божко И.В.* Влияние конфигурации электродной системы на образование стримеров коронного разряда / *И.В. Божко, И.С. Петухов, Н.И. Фальковский* // Пр. Ін-ту електродинаміки НАН України : зб наук. пр. – К.: ІЕД НАНУ, 2005. – №2(11). – С.41–44.
3. *Божко И.В.* Электродная система для разрядных устройств с положительной стримерной короной / *И.В. Божко, И.С. Петухов, Н.И. Фальковский* // Техн. електродинаміка. – 2006. – №3. – С. 9–12.
4. *Иноземцев Г.Б.* Установка аероіонізації плодоовочевої продукції при її збереженні / *Г.Б. Иноземцев, О.В. Окушко* // Електрифікація та автоматизація сільського господарства, 2002. – №1. – С. 49-53.
5. *Голего А.Н.* Теоретическое изучение влияния аэрозольных частиц на характеристики коронного разряда / *А.Н. Голего, В.В. Ушаков* // Сборник научных трудов. – К.: КИИГА, 1971. – Вып. 7. – С. 27-33.

РАЗРАБОТКА ОЗОНАТОРА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ЕГО РАБОТЫ В ОВОЩЕХРАНИЛИЩЕ

Овчаров В.В., Чапный М.В., Чернов І.І.

Анотація – Розробтана схема імпульсного іонізатора воздуха с регулятором концентрации озона в овощехранилище.

DEVELOPMENT OF OZONIZER AND AUTOMATION OF HIS WORK IS IN A VEGETABLE STORE

V. Ovcharov, M. Chapnij, I. Chernov

Summary

The chart of impulsive ionization of air is developed with the regulator of concentration of ozone in a vegetable store.

УДК.621.317

ВПЛИВ ПОХИБОК ВИМІРУ ВИХІДНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ТОЧНІСТЬ РОЗРАХУНКУ ЕЛЕМЕНТІВ СХЕМ

Федюшко Ю. М., д.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.+38(0619)42-11-52

Анотація – Пропонується метод оцінки впливу похибок виміру вихідних характеристик приладів на точність ідентифікації параметрів елементів схеми та запропоновані рекомендації по уточненню розрахунку.

Ключові слова – похибка виміру, вихідні характеристики, вагові коефіцієнти.

Постановка проблеми. При діагностуванні електронних схем необхідно визначити значення параметрів елементів схеми таким чином, щоб вихідні характеристики проектованого пристрою якомога краще співпадали з експериментально отриманими в точках вимірів. Цю задачу можна вирішити методом параметричної оптимізації з використанням відомого критерію мінімуму середньоквадратичної похибки [1]

$$f(q) = \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N [Y_{j^i \delta \delta i} (q) - Y_{j^i \delta i \delta} (q)]^2. \quad (1)$$

Враховуючи, що вихідні характеристики можуть бути різноманітними залежностями (напруги, струму, коефіцієнту передачі і т. п.), то доцільно в критерії (1) використовувати не абсолютні значення величин, а відносні

$$f(q) = \sum_{i=1}^M \sum_{i=1}^N \left[1 - \frac{Y_{jiiroz} (q)}{Y_{jiiou} (q)} \right]^2. \quad (2)$$

де $Y_{jiiroz} (q)$ – розрахункове значення i -тої вихідної характеристики в j -тій точці, яка залежить від вектора параметрів схеми q ;

$Y_{jiiou} (q)$ – вимірне значення i -тої вихідної характеристики в j -тій точці.

Аналіз останніх досліджень. В багатокритерійній задачі виникає необхідність об'єктивної оцінки важливості часткових критеріїв, які включені в критерій оптимальності. Оцінюють важливість часткових критеріїв за допомогою вагових коефіцієнтів, які повинні кількісно відображати важливість відповідних часткових критеріїв. Значні успіхи в останній час по логічному обґрунтуванню класично раціонального вибору та нові результати в галузі неklasичного вибору дозволяють з загальних позицій подивитись на проблему порівняння цінностей. Ця проблема в свою чергу поділяється на дві під проблеми: встановлення вигляду функції або узагальненого критерію і визначення вагових коефіцієнтів – коефіцієнтів важливості [2].

Враховуючи, що вимірювальний прилад має похибку вимірювання, критерій середньоквадратичної похибки можна записати

$$f(q) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \left[1 - \frac{Y_{jiiroz}(q)}{Y_{jii\tau u}(q) + \varepsilon_{ji}} \right]^2 = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \left[1 - \frac{Y_{jiiroz}(q)}{Y_{jii\tau u}(q) \left(1 + \frac{\varepsilon_{ji}}{Y_{jii\tau u}(q)} \right)} \right]^2, \quad (3)$$

де $Y_{jii\tau u}(q)$ – вимірне значення;

ε_{ji} – абсолютна похибка виміру в j -тій точці i -тої характеристики.

Так як абсолютна похибка вимірювання набагато менше вимірної величини з використанням розкладу в ряд Тейлора

$$\frac{Y_{jiiroz}(q)}{Y_{jii\tau u}(q) + \varepsilon_{ji}} \approx \frac{Y_{jiiroz}(q)}{Y_{jii\tau u}(q)} \left(1 - \frac{\varepsilon_{ji}}{Y_{jii\tau u}(q)} \right) = \frac{Y_{jiiroz}(q)}{Y_{jii\tau u}(q)} (1 - \gamma_{ji}), \quad (4)$$

де $\gamma_{ji} = \frac{\pm \varepsilon_{ji}}{Y_{jii\tau u}(q)}$ – відносна похибка вимірювання $Y_{jii\tau u}(q)$;

тому вираз (3) можна перетворити до вигляду

$$f(q) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \left[1 - \frac{Y_{jiiroz}(q)}{Y_{jii\tau u}(q)} (1 - \gamma_{ji}) \right]^2. \quad (5)$$

Отриманий вираз (5) можна представити в вигляді

$$f(q) = f_T(q) + \Delta f_{II}(q), \quad (6)$$

$$\text{де } f_T(q) = \sum_{i=1}^M \sum_{i=1}^N \left[1 - \frac{Y_{jii\text{роз}}(q)}{Y_{jii\text{Тев}}(q)} \right]^2;$$

$$\Delta f_{II}(q) = \sum_{i=1}^M \sum_{i=1}^N \left[1 - \frac{Y_{jii\text{роз}}(q)}{Y_{jii\text{Тев}}(q)} \gamma_{ji} \left(\gamma_{ji} + 2 - 2 \frac{Y_{jii\text{роз}}(q)}{Y_{jii\text{Тев}}(q)} \gamma_{ji} \right) \right].$$

Перший доданок виразу (6) являє собою критерій середньоквад- ратичної похибки при точних вимірюваннях, а другий доданок $\Delta f_I(q)$ визначає приріст критерію середньоквадратичної похибки за рахунок похибок вимірювань.

Для ідентифікації параметрів елементів схеми, яку розглядаємо методом оптимізації, задають мінімальне чисельне значення критерію середньоквадратичної похибки δ_f . В точці мінімуму

$$f_T(q) = \delta_f - \Delta f_{II}(q), \quad (7)$$

$\Delta f_I(q)$ може мати як додатні так і від'ємні значення.

При цьому можливі три випадки:

- 1) $\delta_f \gg \Delta f_{II}(q)$ – вплив похибки вимірювальних приладів на значення критерію $f(q)$ незначний;
- 2) $\delta_f \approx \Delta f_{II}(q)$ – значення критерію оптимізації порівняно з впливом похибок вимірювальних приладів;
- 3) $\delta_f \ll \Delta f_{II}(q)$ – вплив похибок вимірювальних приладів переважає.

Отже, якщо знаємо похибки вимірювальних приладів в точках вимірювання, можна приблизно визначити $\Delta f_{II}(q)$, вважаючи що відношення значень $Y_{jii\text{роз}}(q)$ до $Y_{jii\text{Тев}}(q)$ дорівнює одиниці, а потім задати значення $\delta_f \approx \Delta f_{II}(q)$. Значення $\delta_f \gg \Delta f_{II}(q)$ виключає вплив похибки вимірювальних приладів, але дає менш точну ідентифікацію параметрів елементів схеми.

Формулювання цілей статті. При ідентифікації параметрів елементів схеми вихідні характеристики вимірюються реальними приладами, які мають похибку вимірювання. Тому ставиться задача оцінити вплив похибки вимірювання вихідних характеристик на точність визначення параметрів елементів схеми і дати рекомендації по підвищенню точності розрахунку.

Основна частина. Зараз існує більше двох десятків груп та методів визначення коефіцієнтів важливості, що розрізняються виглядом вхідної інформації для отримання коефіцієнтів важливості. Насправді

тільки шість груп: узагальнений критерій по Подиновському; функція цінності; відхилення від "ідеальної" або точки рівноваги; трансформації частот віднесення до класу; трансформації частот переваги; випадкових векторів (рандомізації), які можна назвати методами визначення коефіцієнтів важливості критеріїв, що використовуються в узагальнених згортках.

Вагові коефіцієнти, які отримані цими методами, можна застосувати в мажоритарних вирішальних правилах, але навіть і там вони не можуть забезпечити достатню обґрунтованість операцій над молододостовірними вхідними даними (наприклад балів і операцій над ними).

Однак, основний недолік і тих, і інших засобів полягає в певній "безпідставності" в виборі вагових коефіцієнтів. Цей недолік припустимий при вирішенні, наприклад, проектних оптимізаційних задач, коли найкраще рішення може бути отримане при різноманітних значеннях варійованих параметрів. В якості міри достовірності отриманої інформації можна взяти точність вимірів, яку в свою чергу можливо розрахувати через відомі похибки вимірів реакцій кожного елемента схеми на тестові дії по кожному із доступних вузлів [2, 3].

Розглянутий критерій середньоквадратичної помилки (2) є усередненим критерієм по всіх точках виміру різних вихідних характеристик, отриманих за допомогою вимірювальних приладів, амплітудо і фазочастотних характеристик. Тому для підвищення точності розрахунку параметрів елементів схем необхідно ввести в критерій (2), визначення вагових коефіцієнтів V_{ij} точності вимірів, які враховують точність виміру вихідної характеристики $Y_{jiev}(q)$

$$f(q) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N v_{ij} \left[1 - \frac{Y_{jiripo}(q)}{Y_{jiev}(q)} \right]^2, \quad (8)$$

що забезпечить значне врахування визначених похибок, які є меншими і приведе до більш точного визначення значень характеристики в цій точці. Вирази для вагових коефіцієнтів точності будуть мати вигляд

$$v_{ij} = 1 - \delta_{ij\theta j\theta}, \quad (9)$$

де $\delta_{ij\theta j\theta}$ – відносна похибка виміру j -тої характеристики в i -тій точці.

Чим більша похибка виміру в точці, тим менше значення має ваговий коефіцієнт точності. При точних вимірах всі коефіцієнти V_{ij} рівні одиниці.

Інший підхід до формування виразу для вагового коефіцієнту точності виміру j -тої характеристики в i -тій точці може бути наступним

$$v_{ij} = \frac{1}{\sum_{i=1}^M \sum_{i=1}^N \frac{\delta_{ij\epsilon j\epsilon}}{1}}, \quad j = \overline{1, \bar{I}}; \quad i = \overline{1, \bar{N}}. \quad (10)$$

Не важко перевірити умову нормування

$$\sum_{i=1}^M \sum_{i=1}^N v_{ij} = \sum_{i=1}^M \sum_{i=1}^N v_{ij} \frac{1}{\sum_{i=1}^M \sum_{i=1}^N \frac{\delta_{ij\epsilon j\epsilon}}{1}} = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{i=1}^N \frac{1}{\delta_{ij\epsilon j\epsilon}}}{\sum_{i=1}^M \sum_{i=1}^N \frac{1}{\delta_{ij\epsilon j\epsilon}}} = 1. \quad (11)$$

Таким чином, ваговий коефіцієнт точності часткового критерію, що сформувався для першого вузла схеми, вище, і це об'єктивно характеризує більш високий ступінь довіри до першого часткового критерію.

Очевидно, якщо всі вихідні характеристики, що беруть участь в формуванні часткових критеріїв, вимірюються з однаковою точністю, то і відповідні коефіцієнти будуть рівні між собою, складаючи в сумі одиницю.

Для однозначного відображення інформативної вихідної характеристики кількість відліків на ній необхідно брати в відповідності з теоремою відліків (Котельнікова), причому не обов'язково, щоб відстань між відліками була однакова. На дільницях, де значення вихідної характеристики змінюються більш швидко, відстань між відліками доцільно зменшувати, бо ці дільниці мають більшу граничну частоту спектру. Крім того, такий підхід зменшує вплив випадкової помилки при вимірюванні значення характеристики в дискретній точці на осі часу або частоти.

Висновки. Таким чином, запропонований метод визначення мінімального чисельного значення мінімуму середньоквадратичної похибки в процесах вимірювання, за рахунок введення вагових коефіцієнтів точності в критерій середньоквадратичної похибки. Рекомендації по вибору кількості дискретних точок на вихідних характеристиках дозволяють підвищити точність ідентифікації параметрів елементів схем шляхом оптимізації.

Література

1. *Strobach P.* Linear prediction theory: a mathematical basis for adaptive systems / *P. Strobach.* – Berlin.: Springer-Verlag, 1990. P. 56 – 83.
2. *Бондаренко Б.Ф.* Применение методов функционального анализа для решения задач синтеза системы пространственно-временной обработки сигналов / *Б.Ф. Бондаренко, В.П. Прокофьев.* // Изв. вузов. № 7. Радиоэлектроника, 1982. – С. 12 – 16.
3. *Флора В.Д.* Апроксимація графіка не синусоїдальної функції за допомогою найпростіших геометричних фігур та елементарних функцій / *В.Д. Флора.* – Електротехніка та електроенергетика, №1, 1999. С. 24 – 29.

ВЛИЯНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ТОЧНОСТЬ РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ СХЕМ

Федюшко Ю.М.

Аннотация

Предлагается метод оценки влияния погрешностей измерения выходных характеристик приборов на точность идентификации параметров элементов схемы и предложены рекомендации по уточнению расчета.

INFLUENCE OF ERRORS OF MEASURING OF INITIAL PARAMETERS IS ON EXACTNESS OF CALCULATION OF ELEMENTS OF CHARTS

Yu. Fediushko

Summary

The method of estimation of influencing of errors of measuring of initial descriptions of devices is offered on exactness of authentication of parameters of elements of chart and recommendations are offered on clarification of calculation.

УДК 621.316

ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ НЕСИМЕТРІЇ НАПРУГИ В СІЛЬСЬКИХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖАХ

Мірошник О.О., к.т.н.

Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка

Тел. +38(057)712-52-45

Анотація – проведено аналіз та запропоновано заходи щодо підвищення якості електричної енергії у сільських споживачів.

Ключові слова – показники якості електричної енергії, електроприймачі, несиметрія напруг.

Постановка проблеми. Електрична енергія, що постачається енергопостачальними організаціями споживачам за договорами, виступає як товар особливого виду, характеризується збігом в часі процесів виробництва, транспортування і споживання, а також неможливістю його зберігання і повернення. Відповідно, як до товару будь-якого виду, до електроенергії може бути застосоване поняття «якість». Від систем електропостачання загального призначення живляться електроприймачі (ЕП) різного призначення – промислові та побутові.

Відхилення показників якості електроенергії (ПЯЕ) від нормованих ГОСТ 13109-97 значно погіршує умови експлуатації електрообладнання систем електропостачання і споживачів електроенергії [1]. може призвести до суттєвих збитків у промисловості та комунально-побутовому секторі, обумовлюють технологічний і електромагнітний збитки.

Аналіз останніх досягнень. Аналіз показав, що в середньому електричне навантаження сільських споживачів зросло з 3,5 кВт (1985 р.) до 7 кВт (2010 р.), розкид потужності приймачів – від 2 до 19 кВт на один двір. Слід зазначити, що значно зменшилося навантаження раніше великих споживачів свинарських і птахівницьких ферм колгоспів і радгоспів. Очікується, що в найближчі 10 років пріоритетний розвиток отримає житлово-соціальна сфера, тому що з кожним роком збільшується на 5-7 % комунально-побутове та змішане навантаження.

Постановка задачі. У зв'язку з ростом комунально-побутового та змішаного навантаження та погіршенням ПЯЕ необхідно провести аналіз та запропонувати заходи щодо підвищення якості електричної енергії у сільських споживачів.

Основна частина. На сьогоднішній день електрична мережа 0,38 кВ в Україні посідає особливе місце в розподільних мережах, тому що для неї характерні:

- нераціональна топологія: загальна довжина повітряних і кабельних ліній електропередачі всіх класів напруги в ОЕС України перевищує 1 млн. км, з них на частку 0,38 кВ припадає близько 47%.
- У Європі лінії 0,38 кВ використовуються, в основному, в якості введів в об'єкти;
- велика кількість двох і однофазних відгалужень в лініях;
- зношення обладнання (термін служби більшої частини ліній 0,38 кВ перевищує 30 років);
- наявність несанкціонованого відбору електроенергії (невраховання, неоплата, розкрадання електроенергії);
- використання переважно застарілих індукційних лічильників обліку електроенергії класу точності 2,5;
- неточність, невизначеність значної частини вихідної інформації. Білінгова система обліку електроспоживання ще не отримала широкого розповсюдження, тому спожита електроенергія оцінюється по сплачених рахунках;
- якість переданої по лініях 0,38 кВ електроенергії в більшості випадків не відповідає вимогам ГОСТ 13109-97.

З цих причин на частку мереж 0,38 кВ припадає понад 50% загальних втрат електроенергії в електричних мережах ОЕС України [2].

Знижують ефективність роботи розподільних мереж та обладнання такі фактори, як відхилення, коливання, провали, несинусоїдальність і несиметрія напруги, відхилення частоти, імпульс напруги і тимчасове перенапруження.

Сучасне електричне навантаження квартири (будинку) характеризується широким спектром побутових ЕП, які за їх призначенням і впливом на електричну мережу можна розділити на групи: пасивні споживачі активної потужності (лампи розжарення, нагрівальні елементи прасок, плит, обігрівачів); ЕП з трифазними асинхронними двигунами (привід ліфтів, насосів – в системі водопостачання та опалення тощо); ЕП з однофазними асинхронними двигунами (привід компресорів холодильників, пральних машин та ін.); ЕП з колекторними двигунами (привід пирососів, електродрилів, кухонних комбайнів, міксерів, електром'ясорубок та ін.); зварювальні агрегати змінного і постійного струму (для ремонтних робіт у майстерні тощо); випрямні пристрої (для зарядки акумуляторів та ін.); радіоелектронна апаратура (телевізори, комп'ютерна техніка, тюнери та ін.); високочастотні установки (печі СВЧ та ін.); лампи люмінесцентного освітлення, в тому числі енергозберігаючі лампи, які широко впроваджуються.

Вплив кожного окремо взятого побутового ЕП незначний, але сукупність ЕП, що підключаються до шин 0,4 кВ трансформаторної підстанції, чинить істотний вплив на живильну мережу [3].

Розглянемо детальніше вплив несиметрії напруги і струмів на елементи системи електропостачання і електроспоживачів.

Несиметричні режими в електричних мережах виникають з таких причин:

- 1) неоднакові навантаження в різних фазах,
- 2) неповнофазна робота ліній або інших елементів у мережі,
- 3) різні параметри у різних фазах ліній.

Несиметрія напруг, викликається найчастіше наявністю несиметричного навантаження. Несиметричні струми навантаження, які протікають по елементах системи електропостачання, викликають у них несиметричні коливання напруги. Внаслідок цього на виводах трифазних ЕП з'являється несиметрична система напруг. Відхилення напруги у ЕП перевантаженої фази можуть перевищити допустимі значення, в той час як відхилення напруги в інших фаз будуть знаходитися в нормованих межах. У той же час можливий варіант, коли внаслідок несиметрії навантажень фаз у споживачів найбільш завантаженої фази рівень напруги вийде за нижню допустиму межу, а у найменш завантаженої – за верхню. Крім погіршення режиму напруги у ЕП при несиметричному режимі істотно погіршуються умови роботи як самих ЕП, так і всіх елементів мережі, знижується надійність роботи електрообладнання та системи електропостачання в цілому.

У міських і сільських мережах 0,38 кВ несиметрія напруг викликається в основному підключенням однофазних освітлювальних і побутових електроприймачів малої потужності. Кількість таких однофазних ЕП велика, і їх потрібно рівномірно розподіляти по фазах для зменшення несиметрії.

Розрізняють два види несиметрії: систематичну та імовірнісну, або випадкову [4]. Систематична несиметрія обумовлена постійним в часі нерівномірним навантаженням фаз, імовірнісна несиметрія відповідає навантаженням, які змінюються в часі випадково (переміжна несиметрія).

Несиметрія напруг трифазної системи з ізольованою нейтраллю може бути представлена, як результат накладення на систему прямої послідовності напруг системи зворотної послідовності, що призводить до змін абсолютних значень фазних і міжфазних напруг.

У мережах з нульовим проводом крім несиметрії, яка спричинена напругою системи зворотної послідовності, може виникати несиметрія від напруг системи нульової послідовності. У цьому випадку відбувається зміщення нейтралі трифазної системи, виникає несиметрія фазних напруг при збереженні симетричної системи міжфазних напруг.

Несиметрію напруг характеризують такими показниками:

- коефіцієнтом несиметрії напруг за зворотною послідовністю;
- коефіцієнтом несиметрії напруг за нульовою послідовністю.

Коефіцієнт несиметрії напруг за зворотною послідовністю дорівнює, %

$$K_{2U} = \frac{U_{2(1)}}{U_{1(1)}} 100, \quad (1)$$

де $U_{2(1)}$ – діюче значення напруги зворотної послідовності основної частоти трифазної системи напруг, В;

$U_{1(1)}$ – діюче значення напруги прямої послідовності основної частоти, В.

Допускається K_{2U} обчислювати за виразом, %

$$K_{2U} = \frac{U_{2(1)}}{U_{ном.мф}} 100, \quad (2)$$

де $U_{ном.мф}$ – номінальне значення міжфазної напруги мережі, В.

Коефіцієнт несиметрії напруг за нульовою послідовністю дорівнює, %

$$K_{0U} = \frac{\sqrt{3}U_{0(1)}}{U_{1(1)}} 100, \quad (3)$$

де $U_{0(1)}$ – діюче значення напруги нульової послідовності основної частоти трифазної системи напруг у чотирипровідній мережі, В.

Допускається K_{0U} обчислювати за формулою, %

$$K_{0U} = \frac{U_{0(1)}}{U_{ном.ф}} 100, \quad (4)$$

де $U_{ном.ф}$ – номінальне значення фазної напруги, В.

Відносна похибка визначення K_{2U} і K_{0U} за формулами (3) і (4) чисельно дорівнює значенню відхилень напруги $U_{1(1)}$ від $U_{ном.}$

Нормально допустиме і гранично допустиме значення коефіцієнта несиметрії напруг за зворотною і нульовою послідовностями в точці загального приєднання до електричних мереж з номінальною напругою 0,38 кВ рівні відповідно 2,0 і 4,0%.

Несиметрія навантажень призводить до збільшення втрат електричної енергії в елементах мережі. Високі втрати в сільських мережах викликані значною довжиною ліній електропередачі, що побудовані, як правило, понад 40 років тому, а також недостатнім перерізом проводів. Тому необхідно для існуючих мереж застосовувати всілякі симетрувальні пристрої (підключення однофазного споживача до найменш навантаженої фази, застосування пристроїв транспозиції мережі, застосування симетрувальних трансформаторів) або при модернізації сільських мереж розглядати системи, відмінні від класичної трифазної чотирипровідної системи, які забезпечать більшу пропускну здатність з меншими втратами. Такою системою може стати економічно вигідна

змішана трифазно-однофазна система, яка широко використовується в США і в інших країнах. Змішана трифазно-однофазна система характеризується наявністю великої кількості однофазних трансформаторів, що понижають напругу до 0,23 кВ [5]. Споживачі отримують електроенергію від наближених до них стовпових трансформаторів, що живляться від розподільної мережі 10 кВ. Довгі розподільні мережі 0,38/0,23 кВ практично відсутні. При такій системі електропостачання проблема несиметрії навантажень у мережі істотно спрощується.

Висновок. Таким чином, з урахуванням збільшення комунально-побутового та змішаного навантаження в сільській місцевості, проблему підвищення якості електричної енергії необхідно вирішувати, використовуючи нові підходи і застосовуючи нові технічні засоби, включаючи модернізацію існуючої системи електропостачання – впровадження трифазно-однофазної системи.

Література

1. ГОСТ 13109-97. Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення.
2. Суднова В. В. Влияние качества электроэнергии на работу электроприемников – <http://www.bt.dn.ua/harm/#p41#p41>
3. Левин М. С., Лецинская Т. Б. Анализ несимметричных режимов сельских сетей 0,38 кВ // Электричество. – 1999. – №5. – С. 18 – 22.
4. Косоухов Ф. Д. Потери мощности и напряжения в сельских сетях 0,38 кВ при несимметричной нагрузке // Техника в сельском хозяйстве. – 1988. – №3. – С. 5 – 8.
5. Зотов А. А. Смешанная трехфазно-однофазная система распределения электроэнергии // Энергетик. – 2007. – №5. – С. 18 – 22.

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ НЕСИММЕТРИИ НАПРЯЖЕНИЯ В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРОСЕТЯХ

Мирошник А.А.

Аннотация

Проведен анализ и предложены мероприятия с целью повышения качества электрической энергии сельскохозяйственных потребителей.

ON THE PROBLEM OF VOLTAGE ASYMMETRY

O. Miroshnyk

Summary

The analysis and proposed measures to improve the quality of electric energy to rural consumers.

УДК 519.254.255

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ ОБЧІСУЮЧОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ З ПРУЖНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ ДЛЯ ЗБИРАННЯ РИЦИНИ

Леженкін О.М., д.т.н. (РФ),

Головін С.В., інженер.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. +38(0619) 42-14-38

Анотація – Робота присвячена обґрунтуванню оптимальних параметрів та режимів роботи обчислюючого робочого органу з пружними робочими елементами для збирання рицини.

Ключові слова – параметри, режими, обчислюючий робочий орган, рицина, збирання.

Постановка проблеми. Рицина – цінна технічна культура. Цінність визначається високим вмістом олії в насінні – 50...57%. Вона містить 81...96% гліцеридів рицинолевої кислоти, яку не виявлено в інших оліях. Рицина не висушує ґрунт, очищає поле від бур'янів. Корені і стебла швидко розкладаються, збагачуючи ґрунт органічними і мінеральними речовинами, тому вона є добрим попередником для зернових культур. Рицина досягає нерівномірно. Спочатку досягають нижні грона на головному стеблі, пізніше на розгалуженнях першого і наступного порядків. Збирати рицину починають, коли коробочки у центральних гронах стають коричневими і підсихають при вологості плодових оболонок насіння не більше 12%. Сорти, плоди яких не розтріскуються, збирають напряму спеціальними рициновими комбайнами ККС-4 і ККС-6. В результаті одержують близько 80% насіння та до 20% коробочок. Існуючі машини для збирання рицини здійснюються пропуск всієї наземної частини рослини крізь молотарку та сепаруючий пристрій, що викликає надлишок витрат енергії на деформацію стеблин і інших вегетативних частин рослин. Створення машини для збирання рицини з технологічним процесом, який передбачав би операцію обриву коробочок рицини з рослини на корені, наступне відокремлення плодів від дрібних домішків і подальшу їх доробку, дозволило б запобігти зазначених недоліків. В зв'язку з цим виникла задача

розробити та обґрунтувати робочий орган для збирання рицини методом обчісування рослин на корені.

Аналіз останніх досліджень. Розробкою технічних засобів збирання рицини займалися Черепухін В.Д. [1], Рой О.А. [2], Квач В.Г. [3] та інші. Але, дані дослідження присвячені, головним чином, комбайновій технології збирання рицини. Дослідження засобів для роздільного збирання рицини методом обчісування на корені приведені в роботах [4, 5]. Будова робочого органу для обчісування рицини приведена в [6].

Постановка завдання. В загальному вигляді математична модель має вигляд [11]

$$\begin{aligned}
 y = & b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + \\
 & + b_{14}x_1x_4 + b_{15}x_1x_5 + b_{23}x_2x_3 + b_{24}x_2x_4 + b_{25}x_2x_5 + b_{34}x_3x_4 + \\
 & + b_{35}x_3x_5 + b_{45}x_4x_5 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{44}x_4^2 + b_{55}x_5^2,
 \end{aligned} \quad (1)$$

де x_1 – частота обертання обчісуючого барабана, хв^{-1} ;

x_2 – глибина занурення обчісуючого барабану в масу, м;

x_3 – зазор між обчісуючими пальцями, м;

x_4 – довжина обчісуючих пальців, м;

x_5 – швидкість руху обчісуючого агрегату, м/с.

В конкретному випадку модель технологічного процесу обчісування рицини із застосуванням робочого органу з пружними робочими елементами має вигляд [4] (вихідна функція – втрати насіння рицини, піддон відсутній)

$$\begin{aligned}
 y = & 1,9467 + 0,036x_1 + 0,062x_2 + 0,017x_3 + 0,1x_4 - 0,136x_5 + \\
 & + 0,085x_1x_2 + 0,02x_1x_3 - 0,148x_1x_4 + 0,0375x_1x_5 - 0,083x_2x_3 + \\
 & + 0,09x_2x_4 + 0,095x_2x_5 - 0,078x_3x_4 + 0,0625x_3x_5 + 0,0725x_4x_5 + \\
 & + 0,146x_1^2 + 0,125x_2^2 + 0,092x_3^2 + 0,209x_4^2 + 0,1x_5^2.
 \end{aligned} \quad (2)$$

З метою обґрунтування параметрів та режимів роботи обчісуючого модулю необхідно визначити оптимальні їх значення.

Основна частина. Для визначення оптимальних значень вхідних параметрів вихідне рівняння (2) диференціюють по кожній незалежній змінній:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial y}{\partial x_1} &= 0.036 + 0.292 \cdot x_1 + 0.085 \cdot x_2 + 0.02 \cdot x_3 - 0.148 \cdot x_4 + 0.025 \cdot x_5; \\
\frac{\partial y}{\partial x_2} &= 0.062 + 0.085 \cdot x_1 + 0.25 \cdot x_2 - 0.083 \cdot x_3 + 0.09 \cdot x_4 + 0.095 \cdot x_5; \\
\frac{\partial y}{\partial x_3} &= 0.017 + 0.02 \cdot x_1 - 0.083 \cdot x_2 + 0.184 \cdot x_3 - 0.078 \cdot x_4 + 0.0625 \cdot x_5; \\
\frac{\partial y}{\partial x_4} &= 0.1 - 0.148 \cdot x_1 + 0.09 \cdot x_2 - 0.078 \cdot x_3 + 0.418 \cdot x_4 + 0.0725 \cdot x_5; \\
\frac{\partial y}{\partial x_5} &= -0.136 + 0.025 \cdot x_1 + 0.095 \cdot x_2 + 0.0625 \cdot x_3 + 0.0725 \cdot x_4 + 0.2 \cdot x_5.
\end{aligned} \tag{3}$$

Дорівнюючи часткові похідні до нуля одержали систему рівнянь [4]:

$$\begin{cases}
0.036 + 0.292 \cdot x_1 + 0.085 \cdot x_2 + 0.02 \cdot x_3 - 0.148 \cdot x_4 + 0.025 \cdot x_5 = 0 \\
0.062 + 0.085 \cdot x_1 + 0.25 \cdot x_2 - 0.083 \cdot x_3 + 0.09 \cdot x_4 + 0.095 \cdot x_5 = 0 \\
0.017 + 0.02 \cdot x_1 - 0.083 \cdot x_2 + 0.184 \cdot x_3 - 0.078 \cdot x_4 + 0.0625 \cdot x_5 = 0 \\
0.1 - 0.148 \cdot x_1 + 0.09 \cdot x_2 - 0.078 \cdot x_3 + 0.418 \cdot x_4 + 0.0725 \cdot x_5 = 0 \\
-0.136 + 0.025 \cdot x_1 + 0.095 \cdot x_2 + 0.0625 \cdot x_3 + 0.0725 \cdot x_4 + 0.2 \cdot x_5 = 0
\end{cases} \tag{4}$$

Перетворюючи систему (4) одержимо:

$$\begin{cases}
0.292 \cdot x_1 + 0.085 \cdot x_2 + 0.02 \cdot x_3 - 0.148 \cdot x_4 + 0.025 \cdot x_5 = -0.036 \\
0.085 \cdot x_1 + 0.25 \cdot x_2 - 0.083 \cdot x_3 + 0.09 \cdot x_4 + 0.095 \cdot x_5 = -0.062 \\
0.02 \cdot x_1 - 0.083 \cdot x_2 + 0.184 \cdot x_3 - 0.078 \cdot x_4 + 0.0625 \cdot x_5 = -0.017 \\
0.148 \cdot x_1 - 0.09 \cdot x_2 + 0.078 \cdot x_3 - 0.418 \cdot x_4 - 0.0725 \cdot x_5 = 0.1 \\
0.025 \cdot x_1 + 0.095 \cdot x_2 + 0.0625 \cdot x_3 + 0.0725 \cdot x_4 + 0.2 \cdot x_5 = 0.136
\end{cases} \tag{5}$$

При апроксимації функції відгуку поліномом другого ступеня (5) і диференціюванні його за кожною незалежною перемінною отримана система п'яти лінійних рівнянь. Знаходимо визначник цієї системи

$$\Delta = \begin{vmatrix}
0.292 & 0.085 & 0.02 & -0.148 & 0.025 \\
0.085 & 0.25 & -0.083 & 0.09 & 0.095 \\
0.02 & -0.083 & 0.184 & -0.078 & 0.0625 \\
0.148 & -0.09 & 0.078 & -0.418 & -0.0725 \\
0.025 & 0.095 & 0.0625 & 0.0725 & 0.2
\end{vmatrix} = -0.0126$$

Визначник системи не дорівнює нулю, отже поверхня відгуку має центр. Вирішуючи систему (4) знаходимо координати центра S_1 . Їх чисельні значення рівні відповідно $X_{1S} = -0,16534$, $X_{2S} = -1,27783$, $X_{3S} = -1,64695$, $X_{4S} = -0,689385$, $X_{5S} = 2,07221$.

Аналізуючи отримані координати центру маємо, що три значення $X_{2S} = -1,27783$, $X_{3S} = -1,64695$ та $X_{5S} = 2,07221$ виходять за межі вста-

новленого діапазону значень. Тому, в подальшому, користуючись рекомендаціями приймаємо максимальні значення в цих точках, а саме: $X_{2S} = -1$, $X_{3S} = -1$ та $X_{5S} = 1$.

Підставляємо величини X_{1S} , X_{2S} , X_{3S} , X_{4S} , X_{5S} і знаходимо оптимальне значення вихідного параметру (втрати коробочок): $Y_{1S} = 1,79128$.

Приймаючи почергово значення кожного фактору, маємо залежності втрат насіння рицини від вхідних параметрів:

$$\begin{aligned} Y &= 1.79688 + 0.0580289 \cdot x_1 + 0.146 \cdot x_1^2; \\ Y &= 1.81974 + 0.15194 \cdot x_2 + 0.125 \cdot x_2^2; \\ Y &= 1.91095 + 0.210151 \cdot x_3 + 0.092 \cdot x_3^2; \\ Y &= 1.83534 + 0.205797 \cdot x_4 + 0.209 \cdot x_4^2; \\ Y &= 2.04393 - 0.351132 \cdot x_5 + 0.1 \cdot x_5^2. \end{aligned} \quad (6)$$

За результатами розрахунків будемо залежності (рис. 1).

Аналіз фракційного складу проводився по аналогічній методиці. В результаті була отримана математична модель складу обчислюючого во-роху (піддон відсутній) у вигляді рівняння регресії другого порядку

$$\begin{aligned} y &= 74.49 - 2.155x_1 - 3.965x_2 + 0.6375x_3 - 2.9825x_4 + 0.825x_5 - \\ &- 2.76x_1x_2 - 1.68x_1x_3 + 3.51x_1x_4 + 2.7x_2x_4 + 2.39x_2x_5 + 2.75x_3x_4 - \\ &- 2.21x_3x_5 - 7.06x_1^2 - 5.96x_2^2 - 5.07x_3^2 - 9.67x_4^2 - 17.9967x_5^2 \end{aligned} \quad (7)$$

Після диференціювання маємо:

$$\begin{aligned} \frac{\partial y}{\partial x_1} &= -2.155 - 4.32 \cdot x_1 - 2.76 \cdot x_2 - 1.68 \cdot x_3 + 3.51 \cdot x_4; \\ \frac{\partial y}{\partial x_2} &= -3.965 - 2.76 \cdot x_1 - 11.92 \cdot x_2 + 2.7 \cdot x_4 + 0.39 \cdot x_5; \\ \frac{\partial y}{\partial x_3} &= 0.6375 - 1.68 \cdot x_1 - 10.14 \cdot x_2 + 2.75 \cdot x_4 - 2.21 \cdot x_5; \\ \frac{\partial y}{\partial x_4} &= -2.9825 + 3.51 \cdot x_1 + 2.7 \cdot x_2 + 2.75 \cdot x_3 - 19.34 \cdot x_4; \\ \frac{\partial y}{\partial x_5} &= 0.825 + 0.39 \cdot x_2 - 2.21 \cdot x_3 - 35.9934 \cdot x_4. \end{aligned} \quad (8)$$

Після перетворень знаходимо координати центра S_2 . Їх чисельні значення рівні відповідно $X_{1S} = -0,143$, $X_{2S} = -0,3507$, $X_{3S} = -0,0258$, $X_{4S} = -0,22542$, $X_{5S} = -0,002$.

Підставляємо значення X_{1S} , X_{2S} , X_{3S} , X_{4S} , X_{5S} і знаходимо оптимальне значення вихідного параметру (фракційний склад): $Y_{S2} = 75,6824$.

За результатами розрахунків будемо залежності (рис. 2).

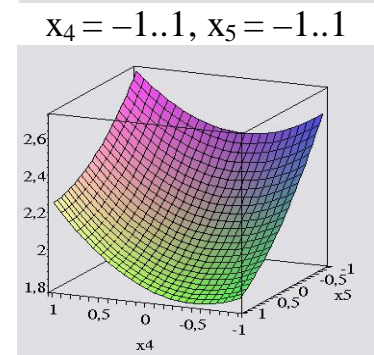
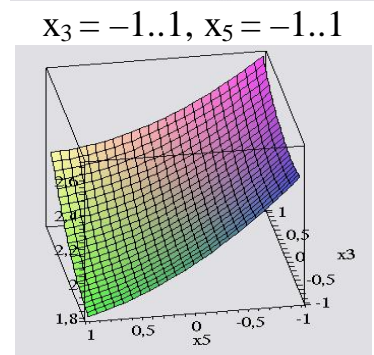
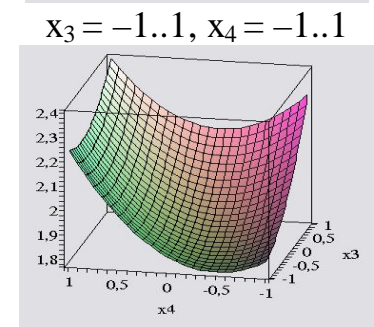
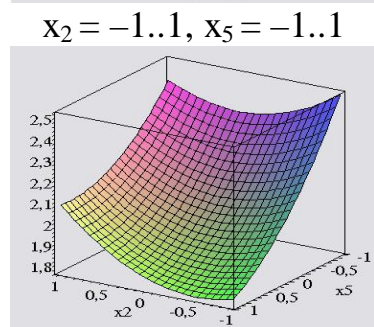
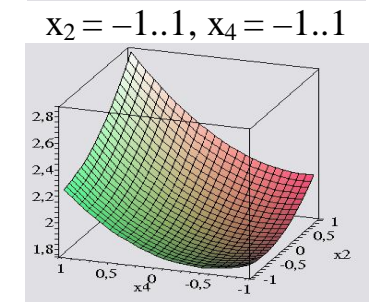
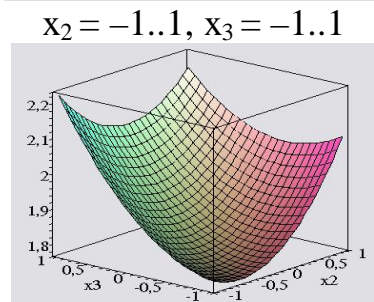
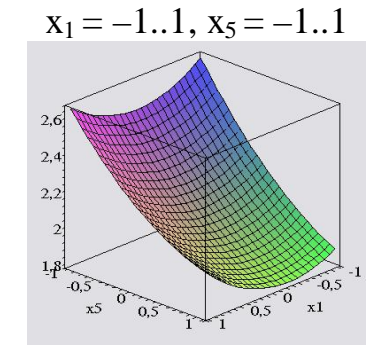
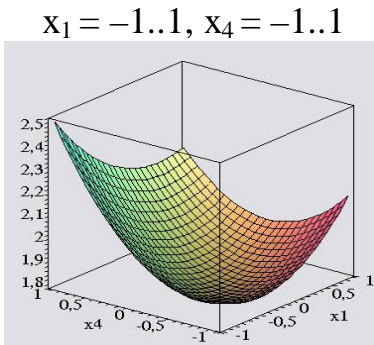
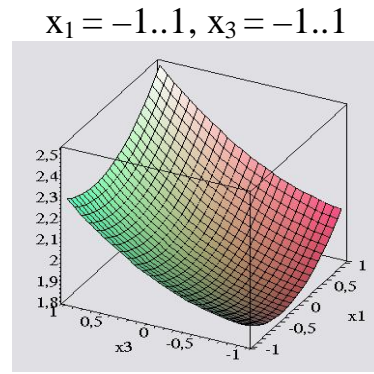
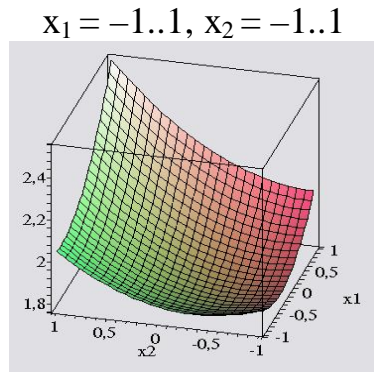


Рис. 1.

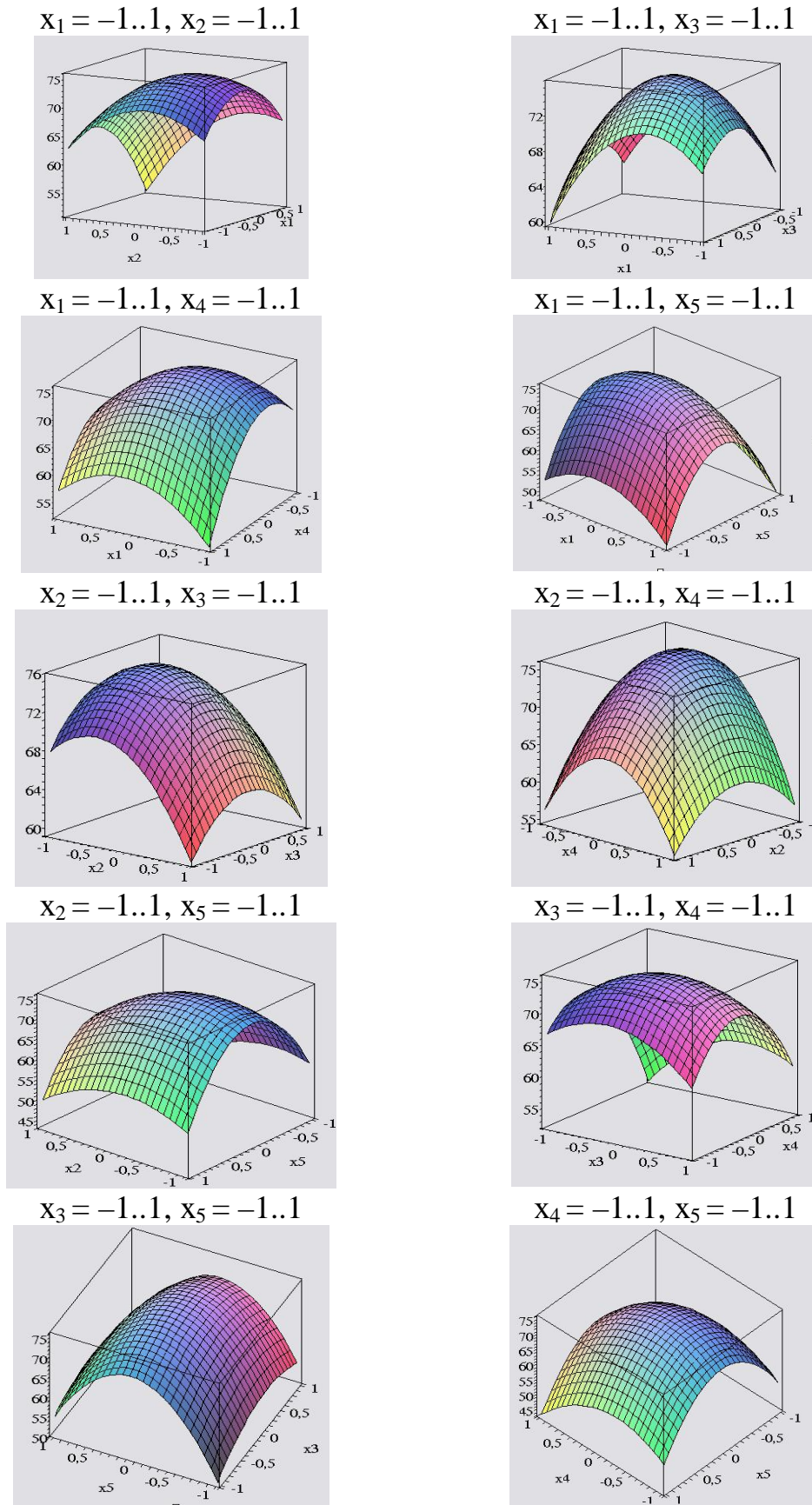


Рис. 2.

Рівняння (2) і (7) послужили основою для пошуку раціональних режимів збирання за допомогою математичного пакета програм Математика.

Встановлено, що раціональні значення $n = 373,39...374,28 \text{ хв}^{-1}$; $H = 0,82...0,911 \text{ м}$; $V = 2,87...1,828 \text{ м/с}$, $l = 0,1155...0,139 \text{ м}$; $h = 0,010...0,0151 \text{ м}$.

При цьому втрати коробочок рицини становлять 2,5%, фракційний склад – коробочки і вільне зерно з третинками становлять 63,6%, рослинна маса – 32,7%, а домішки – 3,7%.

Висновок.

1. Встановлено, що втрати коробочок при використанні обчісуючого робочого органу з пружними елементами (без піддону) дорівнюють 2,5%.

2. Виявлено, що обчісаний ворох рицини складається з коробочок і вільного зерна – 63,6%, рослинної маси – 32,7%, домішків – 3,7%.

3. В результаті проведених досліджень отримані раціональні значення параметрів та режимів роботи обчісуючого робочого органу з пружними елементами, а саме $n = 373,39...374,28 \text{ хв}^{-1}$; $H = 0,82...0,911 \text{ м}$; $V = 2,87...1,828 \text{ м/с}$, $l = 0,1155...0,139 \text{ м}$; $h = 0,010...0,0151 \text{ м}$.

Література

1. Черепухин В.Д. Физико-механические свойства вороха клещевины в связи с механизацией его очистки / В.Д. Черепухин // Науч.-техн. бюл. ВНИИ масл. культур. – 1974. – №3. – С. 60-65.

2. Рой А.А. Исследование технологического процесса обмолота клещевины / Рой Александр Андреевич: автореф. дис. д.техн. наук. - Волгоград, 1969. – 57 с.

3 Квач В.Г. Двухфазная уборка клещевины / В.Г.Квач, В.Д. Черепухин, В.В. Сайченко // Техника в сельском хозяйстве. – 1979. – №10. – С.16-18.

4. Головін С.В. Моделі регресії очисуючого модулю для збирання рицини з використанням пружних елементів / С.В.Головін. – Праці ТДАТУ / Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Моделювання технологічних процесів в АПК». – Мелітополь, 2010. – Вип.10., т. 8. – С.289-297.

5. Результати польових досліджень машини для збирання рицини методом очісування на корені / В.А. Дідур, О.М. Леженкін, С.В. Голо-

він. – Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2010. – Вип.9., т. 6.

6. Пат.50849 Україна МКІ⁷ А01D41/08 А01D45/30 Пристрій для збирання рицини / С.В. Головін, О.М. Леженкін, В.А. Дідур, ТДАТУ // Промислова власність. – 2010. – Бюл.№12.

7. Маркова Е.В., Лисенков А.Н. Планирование эксперимента в условиях неоднородностей / Е.В. Маркова, А.Н. Лисенков. – М.: Наука, 1973. – 220 с.

8. Thre Level for the Study ob Quantitative Variables. / G.E.P.Vox, D.W.BehnKen // Home New. – Technometrics, 1960, V.2, №4.

9. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экспериментальных экспериментов / В.В. Налимов, Н.А. Чернова. – М.: Наука, 1965. – 340 с.

10. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В.Маркова, Ю.В. Грановский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1976. – 279 с.

11. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Роцин. – Л.: Колос, 1980. – 165 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ОЧОСУЮЩЕГО РАБОЧЕГО ОРГАНА С УПРУГИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ДЛЯ УБОРКИ КЛЕЩЕВИНЫ

Леженкин А.Н., Головин С.В.

Аннотация

Работа посвящена обоснованию оптимальных параметров и режимов работы очосяющего рабочего органа с упругими рабочими элементами для уборки клещевины.

OPTIMIZATION OF PARAMETERS AND OPERATING MODES BREAKAGE WORKING BODY WITH ELASTIC ELEMENTS FOR CASTOR-BEAN TREE CLEANING

A. Lezhenkin, S. Golovin

Summary

Work is devoted a substantiation of optimum parameters and operating modes breakage working body with elastic working elements for castor-bean tree cleaning.

УДК 631.53.027

ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ПОЖИВНИХ РЕЧОВИН У ҐРУНТІ КОНДУКТОМЕТРИЧНИМ СПОСОБОМ

Ловейкін В.С., д.т.н,

Кушніренко Р.А., аспірант*,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Тел. (096) 759-57-38

Катюха А.А., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-31-59

Анотація – відображено методику вимірювання вмісту поживних речовин у ґрунті та встановлено залежність питомої електропровідності ґрунту від вмісту азотних, калійних речовин та вологості

Ключові слова – поживні речовини, ґрунт, питома електропровідність, азот, калій, вологості.

Постановка проблеми. Найважливішим завданням землеробства є забезпечення постійного зростання продуктивності сільськогосподарських культур, головним чином, підвищення родючості ґрунтів. Одним з основних чинників вирішення цього завдання є раціональне використання органічних і мінеральних добрив.

Важливе значення при одержанні сільськогосподарської продукції високої якості має агрохімічна характеристика ґрунтів, яка передбачає визначення вмісту основних поживних речовин азоту, фосфору, калію. Вирішенню цих питань сприяє еколого-агрохімічна паспортизація сільськогосподарських угідь, яка проводиться центром “Облдержродючість” кожні п’ять років згідно Указу Президента України “Про суцільну паспортизацію земель сільськогосподарського призначення” № 1118/95 від 2 грудня 1995 року.

Аналіз картограм забезпеченості ґрунтів гумусом, обмінним калієм (K_2O) та вмістом рухомих форм фосфору (P_2O_5) показує, що на одному полі спостерігається два-три групування за їх вмістом. Для отримання з певного поля максимальної кількості продукції, для усіх рослин необхідно створити однакові, оптимальні умови їх росту. Усі рослини повинні забезпечуватися однаковою кількістю поживних ре-

* Науковий керівник: д.т.н. В.С. Ловейкін

© д.т.н. Ловейкін В.С., аспірант Кушніренко Р.А., к.т.н. Катюха А.А.

човин. Це забезпечить зростання урожайності. В цьому напрямку є певні розробки вітчизняних науковців, але є потреба в розробці нових, значно дешевших, конкурентоздатних методів та технічних засобів для диференційного внесення мінеральних добрив, які забезпечать більш широке впровадження їх у виробництво.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В ННЦ "ІМЕСГ" розроблена двосистемна машина для диференційованого удобрення ґрунту одночасно азотними, фосфорними і калійними добривами [4].

Ця машина містить в якості приладу агрохімічного аналізу оптичний прилад, або попередньо проводять поординатний агрохімічний аналіз ґрунту, розробляють його картограму, записують її на дискету та вводять в комп'ютер. Недоліком розробленої машини є те, що оптичний прилад, перманентно визначаючий вміст азоту фосфору і калію у ґрунті за його кольором, має велику неточність у вимірюванні, похибка такого приладу становить 40%. Попереднє проведення по-координатного агрохімічного аналізу ґрунту, розробка його картограми та запис її на електронні носії громіздкі за виконанням, потребує витрати часу, приладів та коштів.

Формулювання цілей статті. Пропонується спосіб визначення вмісту поживних речовин у ґрунті за допомогою вимірювання його питомої електропровідності.

Основна частина. Вимірювання питомої електропровідності ґрунту здійснюється у відповідності до Національного стандарту України ДСТУ ISO 11265-2001 Якість ґрунту. Визначення питомої електропровідності [1]. Цей стандарт визначає інструментальний метод визначення питомої електропровідності у водяному екстракті ґрунту. Вимірювання проводять, щоб одержати показник вмісту водорозчинних електролітів у ґрунті. Цей стандарт можна застосовувати до будь-якого типу повітряно-сухих зразків ґрунту.

Зразок повітряно-сухого ґрунту екстрагується водою при температурі 20°C у співвідношенні 1:5 (г/мл). Для цього беруть 20 г лабораторного зразку, переносять у посудину для струшування і додають 100 мл води. Струшують 30 хв. Фільтрують крізь фільтрувальний папір.

Для калібрування вимірювального приладу готують три розчини хлориду калію із молярною концентрацією: 0,1; 0,02 та 0,01 моль/л.

Розчин хлориду калію з концентрацією $C(\text{KCl}) = 0,1$ моль/л готують таким чином. Розчинюють у воді 7,456 г хлориду калію, попередньо висушеного протягом 24 год. за температури $(220 \pm 10)^{\circ}\text{C}$ та доповнюють водою до 1000 мл за температури 20°C . Питома електропровідність цього розчину становить 1290 мСм/м за температури 25°C .

Розчин хлориду калію з концентрацією $C(\text{KCl}) = 0,02$ моль/л готують помістивши 200,0 мл розчину хлориду калію з концентрацією $C(\text{KCl}) = 0,1$ моль/л у мірну колбу на 1000 мл та доповнивши до поз-

начки водою за температури 20⁰С. Питома електропровідність цього розчину становить 277 мСм/м за температури 25⁰С.

Аналогічно розчин хлориду калію з концентрацією $C(\text{KCl}) = 0,01$ моль/л готують помістивши 100 мл розчин у хлориду калію з концентрацією $C(\text{KCl}) = 0,1$ моль/л у мірну колбу на 1000 мл та доповнивши до позначки водою за температури 20⁰С. Питома електропровідність цього розчину становить 141 мСм/м за температури 25⁰С.

Усі розчини хлориду калію, зберігають у щільно закупорених посудинах, з яких не вивільняються в розчин лужні чи лужноземельні катіони у такій кількості, щоб впливати на електропровідність розчинів.

Недоліком вище викладеної методики визначення питомої електропровідності ґрунту є те, що визначення проводять тільки в лабораторних умовах, із обов'язковим приготуванням водного екстракту ґрунту, що потребує значного часу та препаратів.

Для вирішення поставленої задачі по встановленню залежності питомої електропровідності ґрунту від вмісту в ньому поживних речовин, запропоновано лабораторна установка, яка приведена на рис. 1. Установка дає можливість вимірювати питому електропровідність ґрунту без приготування водного екстракту. Вона містить вимірювальну комірку (розміри указані на рис. 1) та вимірювальний прилад.

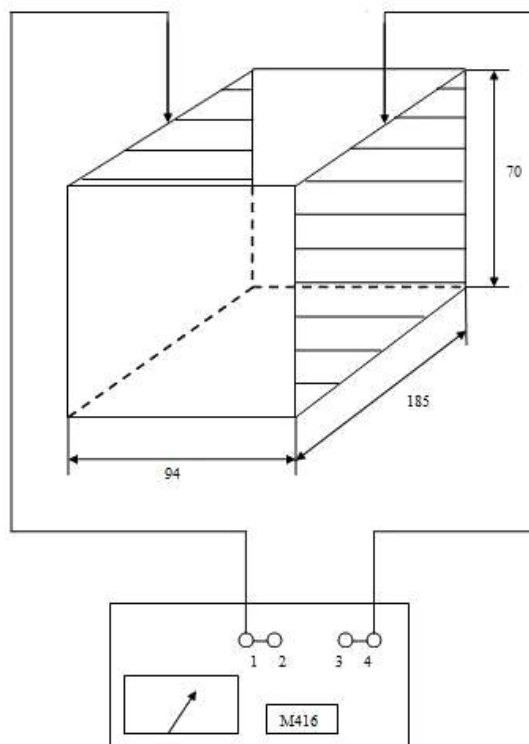


Рис. 1. Схема вимірювання питомого опору зразків ґрунту в лабораторних умовах.

Сплановано та поставлено експеримент по вивченню залежності питомої електропровідності водних розчинів та ґрунтів.

Для визначення залежності питомої електропровідності від вмісту поживних речовин у ґрунті взято зразки з поля № 2 землекористувача НАПІ, Липоврізької сільської ради, Ніжинського району, Чернігівської області одночасно при виконанні робіт по паспортизації сільськогосподарських угідь, які проводилися Чернігівським обласним державним проектно-технологічним центром охорони родючості ґрунтів і якості продукції “Облдержродючість” в 2008 році [4].

За результатами обстеження поля №2 центром “Облдержродючість”:

1. Назва ґрунтів – лучно-чорноземні піщанисто-легкосуглинкові;
2. Агрофізичні показники:
 - 2.1. Щільність ґрунту – 2,55 г/см³
 - 2.2. Максимально можливий запас продуктивної вологи (ММЗПВ) в 0...100 сантиметровому прошарку ґрунту – 198мм.
3. Фізико - хімічні та агрохімічні показники:
 - 3.1. кислотність:
 - 3.1.1. гідролітична – 0,75 мг-екв/100г ґрунту;
 - 3.1.2. обмінна, рН сол. – 7.7 (нейтральні ґрунти);
 - 3.1.3. сума ввібраних основ – 27,0 мг-екв/100г ґрунту;
 - 3.2. вміст в орному шарі ґрунту:
 - 3.2.1. гумусу – 3,58 (Тюріна);
 - 3.2.2. азоту, що легко гідролізується, N – 122 мг/кг (Корнфільда);
 - 3.2.3. рухомого фосфору – 27 мг/кг (Мачигіна);
 - 3.2.4. обмінного калію – 153 мг/кг (Мачигіна).

Сплановано двуфакторний експеримент залежності питомої електропровідності ґрунту від концентрації в ньому азоту та обмінного калію, при значеннях вологоємності $W = 60\%$, 70% та 80% .

За результатами статистичної обробки експериментальних даних побудовано графік залежності питомої електропровідності ґрунту, від концентрації в ньому азоту та обмінного калію при вологоємності $W = 60\%$, 70% та 80% , який приведено на рис. 2.

Також отримано математичну модель цієї залежності, яка має вигляд:

$$\chi(60\%) = 9.513 + 0.050C(N) + 0.010C(K_2O), \text{ мСм/м}; \quad (1)$$

$$\chi(70\%) = 15.985 + 0.0484C(N) + 0.012C(K_2O), \text{ мСм/м}; \quad (2)$$

$$\chi(80\%) = 24.761 + 0.034C(N) + 0.012C(K_2O), \text{ мСм/м}; \quad (3)$$

де $C(N), C(K_2O)$ – мг/кг;

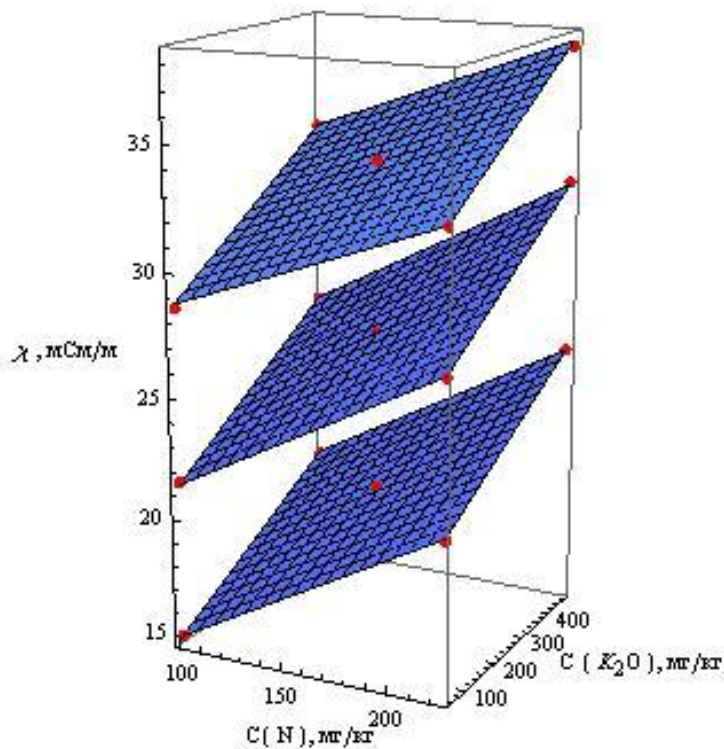


Рис. 2. Графік залежності питомої електропровідності ґрунту від забезпеченості азотними, калійними поживними речовинами та від вмісту у ньому води.

Висновки

1. Результати експериментальних досліджень показують, що питома електропровідність ґрунту в значній мірі залежать від вмісту азотних та калійних поживних речовин і змінюється при вологоємності $W = 60\%$, 70% та 80% в межах від 13,5 до 36,5 мСм/м.

2. Враховуючи той факт, що вміст у ґрунті калійних поживних речовин на протязі п'яти років майже не змінюється, то результати проведеного експерименту вказують на можливість вимірювання вмісту азотних речовин та на можливість диференційного їх внесення.

3. Кондуктометричний спосіб дозволяє здійснювати вимірювання вмісту азотних поживних речовин в польових умовах під час виконання технологічних операцій.

Література

1. Опис до патенту на корисну модель № 22211, И, МПК (2006), G 01№33/24. Спосіб визначення питомої електропровідності ґрунту / Лукач В.С., Ловейкін В.С., Ярошенко В.Ф., Кушніренко Р.А. – Опубл. 25.04.2007. Бюл. №5. – 6 с.

2. Опис до патенту на корисну модель № 22214, И, МПК (2006), G 01№33/24. Спосіб визначення питомої електропровідності ґрунту / Лукач В.С., Ловейкін В.С., Ярошенко В.Ф., Кушніренко Р.А. – Опубл. 25.04.2007. Бюл. №5. – 6 с.

3. Ткаченко В.М., Кушніренко Р.А. Вивчення стану форм цитрату заліза в розчинах для гідропоніки // Науковий вісник Національного аграрного університету / Редкол.: Д.О. Мельничук (відп. ред.) та ін. – К., 2007. – Вип. 115. – с. 13-16.

4. Ткаченко В.М., Кушніренко Р.А. Експрес методи спрощеного агрохімічного аналізу ґрунтів // Агротехнічний науково-методичний збірник / Редкол: В.С. Лукач (відп. ред.) та ін. – Ніжин: НАТІ НАУ, 2005. – с. 83-86.

5. Опис до патенту на винахід № 83998, И, МПК (2006), A01C 21/00, C05C 9/00, A01B 21/02, A01C 17/00, A01B 35/00, A01B 49/00, A01B 77/00, A01B 79/00. Спосіб визначення дози внесення мінеральних добрив і культиватор-рослинопідживлювач для його здійснення / Лукач В.С., Ловейкін В.С., Городній М. М., Ярошенко В.Ф., Кушніренко Р.А. – Опубл. 10.09.2008. Бюл. №17. – 8 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВЕ КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

Ловейкин В.С., Кушниренко Р.А., Катюха А.А.

Аннотация

Показана методика измерения содержания питательных веществ в почве и установлена зависимость удельной электропроводности почвы от содержания азотных, калийных веществ и ее влажности.

DEFINITION CONTENT NUTRIENTS IN THE SOIL BY CONDUCTOMETRIC METHOD

V. Loveykin, R. Kushnirenko, A. Katyukha

Summary

The method of measuring the content of nutrients in the soil and the dependence of conductivity of the soil content of nitrogen, potassium and substances moisture capacity.

УДК 621.3.08:537.2

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ЧИННИКІВ АНАЕРОБНОГО МЕТАНОВОГО ЗБРОДЖЕННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ БІОГАЗУ

Куценко Ю.М., к.т.н.,

Коломицев В.М., магістр.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619)42-31-59

Анотація – визначені основні чинники, які впливають на процес анаеробного збродження з метою отримання біогазу, розглянуті етапи газоутворення в залежності від температурного режиму у біореакторі

Ключові слова – біомаса, біогаз, мікроорганізми, температура, субстрат, час збродження

Постановка проблеми. Постійне зростання цін на енергоносії – лише зовнішній прояв факторів, які об'єктивно існують і не зникають з переходом від однієї суспільно-політичної формації до іншої, бо мають більш глибокий і глобальний характер. Добре відомо, що нинішній рівень споживання енергії став розмірним із запасами органічного палива – базою сучасної енергетики.

Підвищення рівня енергонезалежності – це один з головних чинників, які направлені на підтримання стабільності та подальшого розвитку народного господарства України.

З цією метою необхідно провести якісний енергетичний менеджмент, сприяти подальшому впровадженню енергоощадних технологій у сільськогосподарському виробництві, як одному із важливих гравців розвитку потенціалу держави.

Аналіз останніх досліджень. У нинішній ситуації головними чинниками ефективного розвитку сільськогосподарського виробництва повинна бути розробка і впровадження енергоощадних технологій виробництва сільськогосподарської продукції і широке використання поновлюваних джерел енергії (ПДЕ) в технологічних процесах і, в першу чергу – біомаси [1, 2].

Отримання газоподібного палива з біомаси, а саме біогазу – є більш привабливим та актуальним в умовах сільськогосподарського регіону. Найбільш привабливими у напрямку утилізації біомаси є тваринництво та птахівництво. Економічно привабливими проектами з

отримання біогазу є утилізація газу на полігонах твердих побутових відходів. Підприємства харчової промисловості та підприємства аграрного сектору (галузь переробки) мають змогу отримувати біогаз під час очистки стічних вод [3, 4].

Основним представником газоподібного палива при переробці біомаси є біогаз. Енергія, що отримується при спалюванні біогазу, може досягати від 60 до 90% тієї, якою володіє вихідний матеріал. Інша, – і дуже важливе, – гідність процесу переробки біомаси полягає в тому, що в його відходах міститься значно менше хвороботворних мікроорганізмів, ніж у вихідному матеріалі. Отримання біогазу економічно виправдано і є кращим при переробці постійного потоку відходів (стоки тваринницьких ферм, боєнь, рослинних відходів і т.д.). Економічність полягає в тому, що немає потреби в попередньому збиранні відходів, в організації та управлінні їх подачею; при цьому відомо, скільки і коли буде отримано відходів [5].

Формування цілей статті. У зв'язку з проведеним аналізом, необхідно визначити основні чинники та умови найбільш раціонального отримання біогазу.

Основна частина. Метанове зброджування представляє собою процес розкладання органічних сполук до кінцевих продуктів, в основному метану та вуглецю, у результаті життєдіяльності складного комплексу мікроорганізмів у анаеробних умовах. При оптимальних умовах ці гази можуть утворюватися у кількості приблизно рівній 90...95% біологічно розкладених сполук. Відповідно 5...10% речовини, використовуються на відтворення бактеріальних кліток.

Біогаз отримують шляхом метанового бродіння (анаеробного – без доступу повітря) біомаси органічного походження. Хімічний склад біогазу складається з метану CH_4 60...80%, вуглекислого газу CO_2 18...35% та не більш 2...5% інших хімічних сполук. Отриманий 1 м^3 біогазу еквівалентний 3...4 кВт електричної енергії або 1,5 кг кам'яного вугілля. Викид у повітря 1 м^3 газу за своїми згубними наслідками для зміни клімату еквівалентна викиду у атмосферу приблизно 12 м^3 вуглекислого газу, а викид 1 тони метану еквівалентний 21 тоні вуглекислого газу. З однієї тони біомаси отримується 350...400 м^3 біогазу з теплою згорання 23...25 МДж/ м^3 [6, 7].

Вологість суміші, що завантажується в біореактор, змінюється в залежності від співвідношення між кількостями осаду та надлишкового мулу. При цьому 60... 65% біогазу утворюється від розпаду жирів, решта 40...35% припадають приблизно порівну на частку вуглеводів і білків. Всі три зазначених компонента органічної речовини опадів зброджуються не повністю: межі їх зброджування складають 70% для жирів, 62,5% – для вуглеводів і 48% – для білків. Межі зброджування не залежать від температури, але швидкості розпаду кожного компо-

нента в термофільних умовах в 1,6...1,7 рази вище, ніж у мезофільних. Максимальною швидкістю розпаду мають білки, мінімальної - вуглеводи. Звідси випливає, що при зброджуванні опадів, що містять більше жирів, утворюється більша кількість газу, ніж при зброджуванні опадів, що містять більше білків (активний мул) і вуглеводів (гній та рослинні відходи).

Ферментація гною відбувається в анаеробних (без кисневих) умовах при температурі 30...55 °С (оптимально 40 °С). Загальна тривалість ферментації, що забезпечує знезараження гною, не менше 10 діб. ККД конверсії становить 90%. На практиці зброджування рідко ведуть до кінця, оскільки це сильно збільшує тривалість процесу. Звичайно зброджують приблизно 60% початкових продуктів. Вихід газу складає приблизно від 0,2 до 0,4 м³ на 1 кг зароджу вального сухого матеріалу при нормальних умовах і при витраті 5 кг сухої біомаси на 1 м³ води.

Метанові бактерії – які існують тільки у анаеробному середовищі впливають на швидкість протікання реакції. Швидкість анаеробного зброджування залежить від метаболічної активності метанових бактерій. На метаболічну активність впливає температура. За даними дослідів – найвища активність спостерігається при температурі біля 33 °С та 54 °С. Слід зазначити що з підвищенням температури до 54 °С – умови для утворення біогазу поліпшуються, а з пониженням до 13 °С – мікробіологічна активність майже припиняється.

Головними чинниками, які впливають на процес – є хімічний склад субстрату, температура у реакторі, вологість, час зброджування. Залежність, яка описує процес можна представити у наступному вигляді

$$B = f(\Theta, C_{жир}, C_{білк}, C_{вугл}, C_{ПАР}, W) \quad (1)$$

де Θ – температура бродіння;

$C_{жир}$ – вміст жирів, %;

$C_{білк}$ – вміст білків, %;

$C_{вугл}$ – вміст вуглеводів, %;

$C_{ПАР}$ – вміст поверхнево-активних речовин (ПАР) в осаді;

W – вологість суміші, %.

Для визначення найбільш суттєвого фактора проведено аналіз чутливості кожного фактору. На рисунку 1 – приведена діаграма аналізу параметрів. У процесі зброджування мікроорганізми адаптуються до заданого температурного режиму. При перекладі мезофільного режиму на термофільний адаптація зазвичай закінчується за 10...20 діб завдяки тому, що мезофільне біологічне співтовариство завжди включає деяку кількість (більше 10%) термофільних мікроорганізмів.

З рис. 1 видно, що вихід біогазу найбільш впливовіший до зміни температури в реакторі (45%) [1, 4].

Аналізуючи графік представлений на рис. 2, бачимо, що найбільший вихід біогазу досягається при температурах 33...34 °С. З цією метою для підвищення ефективності отримання біогазу потрібно стабілізувати температуру на рівні плюс 34 °С в діапазоні регулювання ± 1 °С.

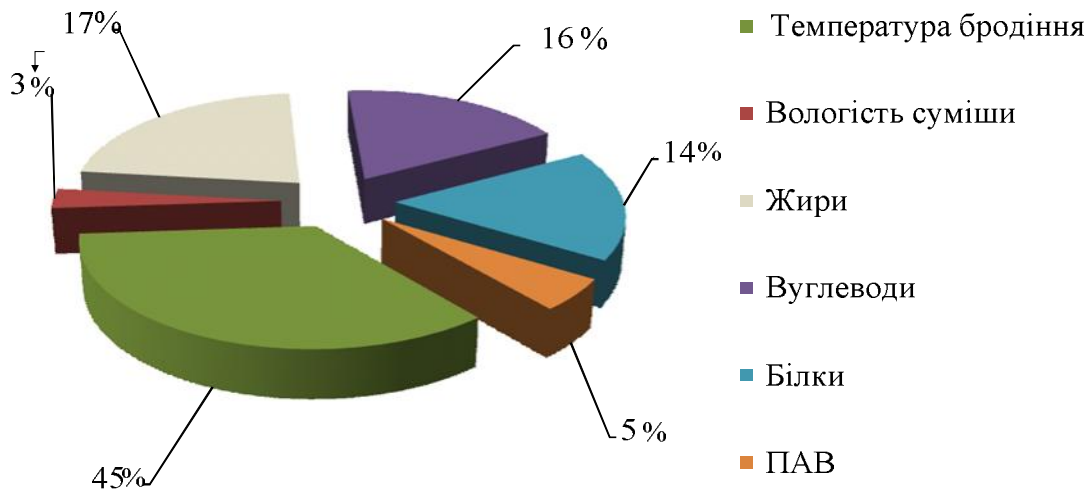


Рис.1. Діаграма впливу параметрів на вихід біогазу.

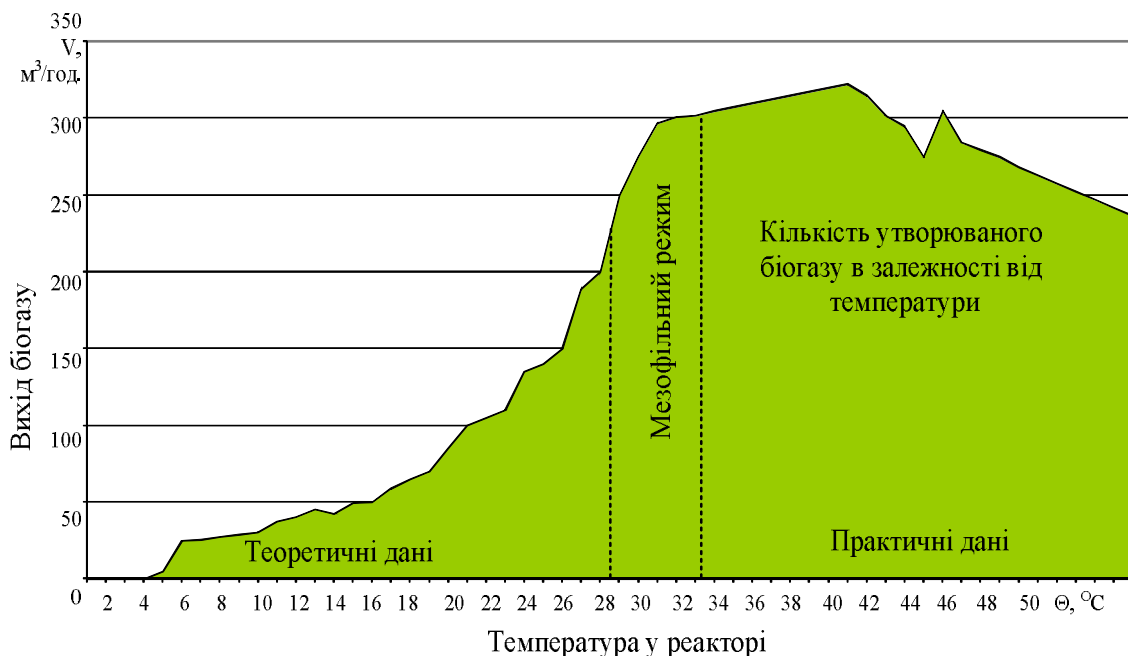


Рис. 2. Залежність виходу біогазу від температури.

Температура є одним з найважливіших факторів, що впливають на швидкість росту мікроорганізмів і основні біохімічні реакції. Діа-

пазон температур, при якому можливе анаеробне зброджування, досить широкий: у природі метан утворюється при температурах від 0 до 97 °С [3]. Розрізняють три основні температурні зони життєдіяльності мікроорганізмів: психрофільні до 20 °С, мезофільних від 20 до 40 °С і вловлювача від 50 до 70 °С; в кожній зоні біохімічні процеси здійснює своя специфічна асоціація мікроорганізмів.

Були отримані криві залежності між температурою і тривалістю процесу, необхідної для досягнення глибокого ступеня зброджування (рис. 3) [2, 5].

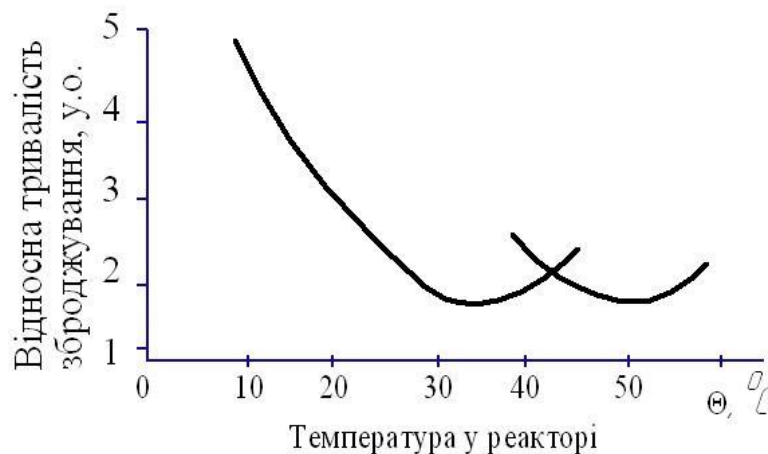


Рис. 3. Залежність відносної тривалості зброджування від температури.

Оптимальними температурами для анаеробного метанового зброджування вважаються в психрофільній зоні 15...17 °С, в мезофільній 30...35 °С і в термофільній 53...55 °С [4] (рис. 4). Однак є дані відкритого друку, що температурні оптимуми при зброджуванні різних органічних субстратів зсуваються на декілька градусів у бік зменшення чи збільшення, що потребує додаткових практичних досліджень.

Процес зброджування необхідно здійснювати при оптимальному температурному режимі, навіть короткочасне порушення якого, особливо в бік зниження температури, призводить до гальмування стадії метаногенеза, оскільки, як зазначалося вище, метанові бактерії є досить чутливими організмами. При цьому можуть активно проходити стадії гідролізу і кислотоутворення, здійснювані більш стійкими гідролітичними мікроорганізмами, що призводить до накопичення кислот та інших проміжних продуктів, порушення трофічних зв'язків у мікробному консорціумі та процесу в цілому.

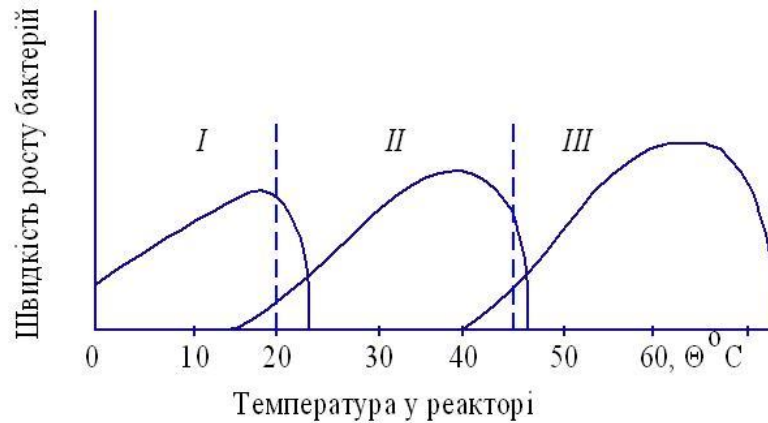


Рис. 4. Залежність швидкості росту бактерій при різних температурних режимах.

Ступінь впливу короткочасного зниження або підвищення температури на показники процесу зброджування видно з наступних прикладів. За даними Родігера, зниження температури всього на 2°C відбивається на показниках процесу. Чим вище температура зброджування, тим вже допустимі межі її коливань. При $\Theta = 38^{\circ}\text{C}$ допустиме коливання температури складає $\pm 2,8^{\circ}\text{C}$, а при $\Theta = 53 \dots 55^{\circ}\text{C}$ воно одно $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$. Зниження температури з 50 до 40°C протягом 2 діб з подальшим підвищенням на 5°C призводить до зниження виходу біогазу на 11%, а якщо вказане зниження температури відбувається протягом 5 діб, то вихід газу повністю припиняється. Зниження температури з 50 до 20°C протягом 2...5 діб призводить до повного припинення газовиділення. Є дані, що підвищення температури з 38 до 60°C протягом 12 год. з подальшим відновленням початкової температури повністю зупинило газовиділення, яке знову почалося лише на 18 добу [3,5]. Найбільше практичне застосування знайшли два температурні режими, при яких зазвичай здійснюється процес зброджування: мезофільний ($32\dots35^{\circ}\text{C}$) і термофільний ($52 \dots 55^{\circ}\text{C}$).

Висновок. Процес зброджування необхідно здійснювати при оптимальному температурному режимі, навіть короткочасне порушення якого, особливо в бік зниження температури, призводить до гальмування стадії метаногенеза, оскільки, як зазначалося вище, метанові бактерії є досить чутливими організмами.

Найбільше практичне застосування знайшли два температурні режими, при яких зазвичай здійснюється процес зброджування: мезофільний ($32\dots35^{\circ}\text{C}$) і термофільний ($52\dots55^{\circ}\text{C}$).

Температура займає до 45% віз загальних чинників, які впливають на процес зародження і за нашою думкою являється найбільш впливовим фактором для ефективного отримання біогазу.

Література

1. Биогазгенератор и применение биогаза. [электронный ресурс]. – Режим доступа: www.ecoinfo.ru/kyoto/terminy.htm.
2. Биоэнергетика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.combienergy.ru
3. Біогазові установки в Україні та Російській Федерації [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.lib.ua-ru.net/diss/cont/27700.html>.
4. *Гелетуха Г.Г.* Обзор технологии добычи и использования биогаза на свалках и полигонах твердых бытовых отходов и перспективы их развития в Украине: учеб. пос./ З.А. Маценюк. – К.: Институт теплофизики НАН Украины, 1999. – 180 с.
5. Енергоощадні технології. Біогазові установки. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.sinus.org.ua/star/index.files/alt_biogaz_fermer.htm.
6. *Блюм Я.Б.* Новітні технології біоконверсії: Монографія / Я.Б. Блюм та інші. – К.: «Аграр Медіа Груп», 2010. – 326 с.

**АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ АНАЭРОБНОГО
МЕТАНОВОГО СБРАЖИВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ
БИОГАЗА**

Куценко Ю.Н., Коломыцев В.М.

Аннотация

Определены основные факторы, влияющие на процесс анаэробного сбраживания с целью получения биогаза, рассмотрены этапы газообразования в зависимости от температурного режима в биореакторе.

**ANALYSIS OF KEY FACTORS IN ANAEROBIC
METHANE FERMENTATION FOR PRODUCTION BIOGAS**

Yu. Kutsenko, V. Kolomytsev

Summary

The main factors influencing the process of anaerobic digestion to produce biogas, we consider the stages of gas generation as a function of temperature in the bioreactor.

УДК 631.537

ЗАХИСТ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ВІД АВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ

Нестерчук Д. М., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-32-63

Анотація – робота присвячена аналізу видів захисту асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи, а також запропонована структурна схема мікропроцесорного пристрою діагностування та захисту групи асинхронних електродвигунів.

Ключові слова – асинхронний електродвигун, захист, аварійні режими роботи, мікропроцесорний пристрій діагностування та захисту.

Постановка проблеми. Переважна більшість існуючих пристроїв захисту асинхронних електродвигунів (АД) відрізняються один від одного за своїми функціональними можливостями і мають загальні недоліки: низьку точність встановлення струмів, спрацьовування за максимально допустимого струму, відсутність контролю напруги [1].

Перетворення електричної енергії в механічну за допомогою трифазних АД дозволяє легко й економічно вигідно здійснювати електропривод робочих машин технологічних ліній. Завдяки простоті конструкції, високій надійності і невисокої вартості трифазний асинхронний електродвигун з короткозамкненим ротором є найбільш поширеним електродвигуном для приводу робочих машин та механізмів. Понад 85% всіх електричних машин – це трифазні асинхронні електродвигуни. АД розрахований на термін служби до 15-20 років без капітального ремонту, за умови його відповідної експлуатації. Однак у реальному виробництві має місце значне відхилення від номінальних режимів експлуатації [1, 2]. Слід відзначити, в першу чергу, незадовільну якість напруги живлення й порушення правил технічної експлуатації: технологічні перевантаження, умови навколишнього середовища, а саме, підвищена вологість та температура, зниження опору ізоляції, порушення умов охолодження.

Наслідком таких відхилень є аварійні режими роботи АД, які призводять до підвищеного енергоспоживання з мережі, збільшення споживаної реактивної потужності [2–4]. Цілком очевидно, що впровадження надійного й ефективного захисту від аварійних режимів роботи значно скоротить кількість та частоту аварійних ситуацій і про-

довжить термін служби АД, скоротить витрати електроенергії та експлуатаційні витрати. Але для того, щоб застосовувати захист від аварійних режимів роботи, необхідно вміти обґрунтовувати, як і від чого необхідно захищати АД, а також специфіку процесів, які протікають у ньому у разі аварій.

Аналіз останніх досліджень. Надійність АД визначається надійністю їх обмоток, яка залежить від стану ізоляції. В процесі тривалої експлуатації асинхронні електродвигуни підпадають під різноманітні експлуатаційні впливи [4], характеристика яких наведена в табл. 1.

Таблиця 1 – Характеристика експлуатаційних впливів

Експлуатаційний вплив	Характеристика
Температура навколишнього середовища	Це чинник, який впливає на електричні машини, які працюють при широких діапазонах коливання як добових, так й сезонних температур.
Перевантаження електродвигунів	Це чинник, який є наслідком недосконалості конструкції робочих машин і механізмів. Перекося, знос частин, що труться, погіршення мастила ускладнюють рухливість робочих органів, збільшується їх тертя, як наслідок, виникають перевантаження електродвигунів, їх затяжні пуски та перекидання. Тому, не дивлячись на неповну завантаженість електродвигунів, значна частина їх виходить з ладу унаслідок перевантажень.
Дія надструму	Надструм є особливо небезпечним експлуатаційним чинником для ізоляції обмоток електродвигуна, довгі пуски якого, перекидання, яке виникає при зниженні напруги, неповно фазні режими, заклинювання робочих машин – все це призводить до виникнення надструмів.
Теплове перевантаження електродвигунів	Воно виникає в наслідок неповно фазних режимів, причини виникнення яких – це перегорання запобіжника на трансформаторній підстанції, обрив проводу лінії електропередачі, пошкодження контакту пускової апаратури, пошкодження контакту в коробці вводу електродвигуна, пошкодження жили кабелю, погіршення умов охолодження із – за засмічення поверхні електродвигуна продуктами переробки продукції.

Продовження таблиці 1

Експлуатаційний вплив	Характеристика
Комутаційні перенапруги	Такі перенапруги здатні досягати десятикратної величини по відношенню до номінальної, а це є безпосередньою причиною міжвиткових замикань. Комутаційні перенапруги, по суті, є істотно випадковими явищами, їх вірогідна величина залежить від числа комутаційних операцій, яке, у свою чергу, пропорційно часу роботи електричної машини.
Вібрація	Це руйнівний фактор для ізоляційної конструкції електродвигуна, який призводить до руйнування виткової ізоляції в точках доторкання сусідніх провідників.
Вологість навколишнього середовища	Вплив такого чинника призводить до зниження опору ізоляції та її електричної міцності та створюються передумови для появи струмів витoku.

Аналіз літературних джерел [1, 2, 4] показав, що аварії АД поділяються на два основних типи: механічні та електричні.

Причиною механічних аварій є радіальні вібрації через асиметрію мережі живлення, механічні перевантаження на валу електродвигуна, брак комплектуючих елементів або брак, що допущений при виробничому складанні електродвигуна. До 10% усіх аварій АД мають механічне походження. При цьому 8% цих аварій припадає на частку аварій, які пов'язані з асиметрією фаз і лише 2% на аварії, які пов'язані з механічним перевантаженням. Частка аварій, які пов'язані з браком, мала, і тому вона не враховується. Оцінка ймовірностей виникнення механічних аварій відсутня, більша їх частина носить прихований характер і виявляється тільки після відповідних випробувань або розбирання електродвигуна, однак постійний контроль напруги мережі живлення та навантаження на валу АД дозволяє, в більшості випадків, звести цю ймовірність до мінімуму.

Електричні аварії АД поділяються на три типи:

- мережеві аварії, які пов'язані з аваріями в мережі живлення;
- струмові аварії, які пов'язані з обривом провідників в обмотках статора, ротора або кабелю, через міжвиткові і міжфазні замикання обмоток, через порушення контактів і руйнування з'єднань, виконаних пайкою або зварюванням, а також аварії, що призводять до пробую ізоляції в результаті нагрівання, викликаного протіканням струмів перевантаження або короткого замикання;
- аварії, які пов'язані зі зниженням опору ізоляції, внаслідок її старіння, руйнування або зволоження.

Аналіз показників якості електричної енергії щодо умов роботи АД показує, що при зменшенні напруги в мережі зростає струм статора, що призводить до інтенсивного нагріву ізоляції АД і скорочення терміну служби внаслідок прискореного старіння ізоляції та її пробою, а підвищення напруги призводить до збільшення магнітного потоку статора, струму намагнічування, нагрівання осердя (аж до «пожежі» у сталі), до збільшення реактивної потужності, що споживається з мережі, та, що знижує коефіцієнт потужності. В табл. 2 наведено узагальнені дані щодо впливу основних показників якості електричної енергії на режими роботи АД [2].

Таблиця 2 – Узагальнені дані щодо впливу основних показників якості електричної енергії на режими роботи АД

Вид показників якості	Допустимі норми	Характер зміни показника, зміни в роботі АД	
Відхилення напруги	$\pm 10\%$	зниження на 10% від номінального значення	підвищення на 10% від номінального значення
		момент змінюється пропорційно квадрату напруги	
		Момент знижується на 10%, температура підвищується на 7 °С, збільшується час пуску, ковзання збільшується на 27%	Збільшений момент – причина перевантаження, пусковий струм збільшується на 12%, момент обертання збільшується на 21%, коефіцієнт потужності знижується на 5%
Несиметрія напруги в трьохфазній системі (перекіс фаз)	Коефіцієнти зворотної та нульової послідовностей дорівнюють 4%	Недопустимий перекіс напруги викликає ті ж процеси, що й при його відхиленні. Це призводить до виникнення зворотних обертальних магнітних полів. Кругове магнітне поле стає еліптичним, виникає вібрація та руйнування підшипників, обмоток, струмовий перекіс та нагрівання. Строк служби зменшується на 10-15%. При перекосі до 50% строк служби знижується в 5-10 разів.	
Несинусоїдальність напруги	12%	Режим впливає на стан ізоляції обмоток, що призводить до пробою на корпус. Збільшуються сумарні втрати електричної енергії, знижується коефіцієнт потужності.	

Згідно даних літературних джерел [2, 4, 5, 6] напруга на затискачах АД і фазні струми, що протікають по його обмотках, тісно взає-

мопов'язані, і будь-які, навіть невеликі, зміни напруги мережі живлення викликають значні зміни фазних струмів.

Для ефективного захисту АД необхідно вимірювати фазні струми якомога точніше. Згідно з останніми дослідженнями, тривала робота електродвигуна з струмовим перевантаженням всього лише на 5% від номінального скорочує термін його служби в 10 разів. [2].

Тому то постійний контроль фазних струмів дозволяє приймати достатньо достовірні висновки щодо наявності аварійних режимів роботи та оперативно захищати електродвигун.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Завданням статті є узагальнений аналіз видів захисту АД від аварійних режимів роботи та обґрунтування структурних блоків мікропроцесорного пристрою діагностування та захисту групи асинхронних електродвигунів.

Основна частина. Для захисту електродвигунів від аварійних режимів застосовується різні види релейного захисту: тепловий, струмовий, температурний, фільтровий та комбінований.

Багаторічний досвід експлуатації АД показав, що більшість захисних пристроїв не забезпечують безаварійну роботу АД. Вони не вирішують завдання захисту АД від перевантажень, ушкодження силового кабелю, перекосу фазних струмів, пов'язаних зі внутрішніми аваріями електродвигуна або з погіршенням опору ізоляції обмоток [2, 4].

Отже, правильний вибір захисного пристрою – це важливий фактор у забезпеченні безпечної експлуатації АД. Прилади захисту АД від аварійних режимів поділяються на декілька видів:

- теплові захисні пристрої: теплові реле, теплові розчіплювачі автоматичних вимикачів;
- струмозалежні захисні пристрої: плавкі запобіжники, автоматичні вимикачі;
- термочутливі захисні пристрої: термістори;
- реле напруги і контролю фаз, монітори мережі;
- прилади максимального струмового захисту, електронні струмові реле;
- комбіновані пристрої захисту [2].

Сучасне виробництво висуває все більш високі вимоги до безпечної експлуатації асинхронних електродвигунів. Високі показники надійності та довговічності АД можливі тільки за умови їх експлуатації при номінальних або близьких до них режимах, що можна забезпечити тільки встановленням належного захисту.

Всі з перерахованих захисних пристроїв забезпечують швидкий захист, визначають характер і ступінь пошкодження електродвигуна, а також виконується локалізація аварійної ділянки шляхом відключення

його від схеми електропостачання. Але, разом з тим, кожний вид захисту має і цілий ряд істотних недоліків, які впливають на якість їх роботи: одні відрізняються невиправданою вибірковістю, в інших відсутня відбудова від процесу пуску, треті не реагують на струми короткого замикання або на перевантаження.

Для того, щоб вірно обирати захисний пристрій, необхідно знати, як і від якого аварійного режиму захищає конкретний захисний пристрій, його принцип дії та конструктивні особливості.

Одне з найважливіших вимог до пристроїв захисту електродвигунів – це чітка дія пристрою при аварійних і ненормальних режимах роботи АД і разом з тим неприпустимість помилкових спрацьовувань.

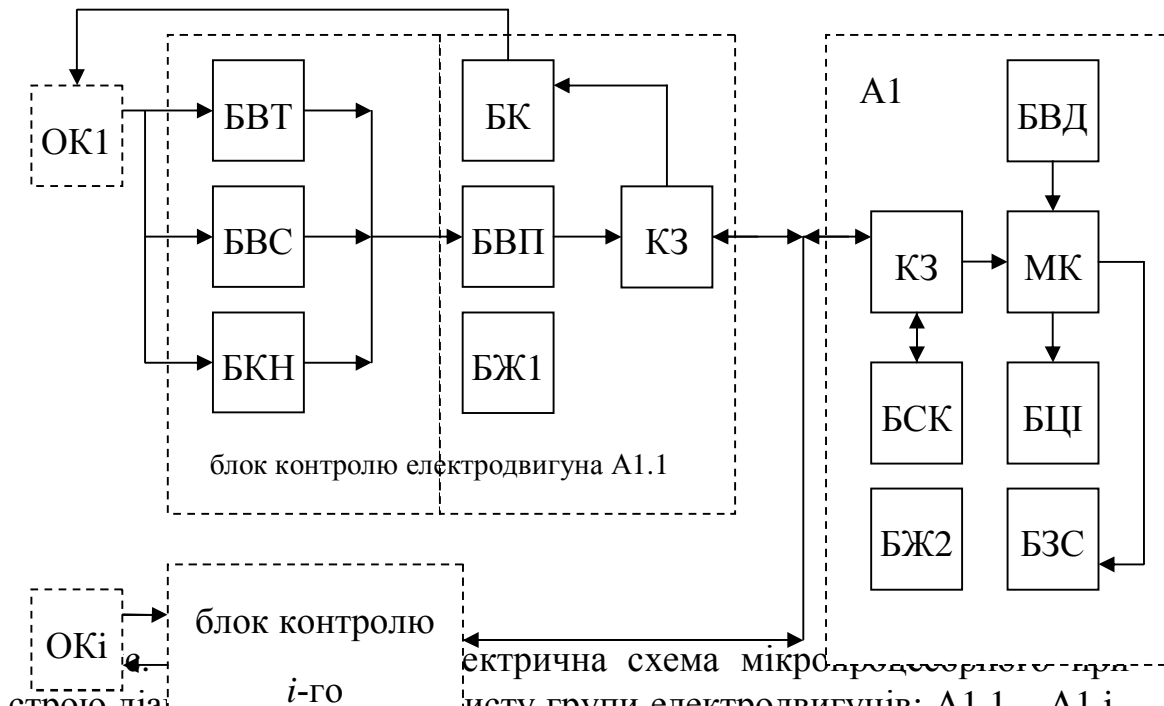
Аналіз усього вищенаведеного дозволив зробити висновок, що розробка універсальних пристроїв захисту АД від аварійних режимів роботи є актуальною задачею, а також це дало змогу розробити мікропроцесорний пристрій діагностування та захисту групи асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи.

Призначення запропонованого пристрою – це безперервний контроль температури обмотки статора, контроль фазних струмів, що живлять електродвигуни та захист від неповно фазного режиму роботи, з автоматичним відключення електродвигуна з групи електродвигунів при аномальних режимах роботи.

Пристрій відповідає таким технічним умовам: забезпечення захисту статорної обмотки електродвигуна, який працює з електромагнітним пускачем, з групи електродвигунів; цифрова індикація номеру несправного електродвигуна при виникненні аварійних режимів електродвигуна з групи електродвигунів; забезпечення захисту електродвигуна при обриві фази трьох фазної мережі живлення змінного струму та при перегріванні, а також при тривалих технологічних перевантаженнях; забезпечення захисту електродвигуна при невірних процесах пуску та гальмуваннях та при заклинюваннях ротора; забезпечення виконання алгоритму функціонування пристрою з обробкою вхідних параметрів для отримання результатів вимірювань на диспетчерському пульті; блочне конструктивне виконання пристрою з цифровою індикацією результатів вимірювань та можливість роботи в спряженні ПЕОМ.

Схема електрична структурна розробленого мікропроцесорного пристрою наведена на рис. 1.

Розроблений пристрій складається з блоку контролю кожного електродвигуна в групі електродвигунів A1.1 – A1.i та з блоку діагностування та захисту групи електродвигунів A1.



строю діагностики і захисту групи електродвигунів: А1.1 – А1.і – блоки контролю електродвигуна в групі електродвигунів; А1 – блок діагностики та захисту групи електродвигунів; ОК1 – перший об'єкт контролю (перший АД); ОКі – *i*-тий об'єкт контролю (*i*-тий АД); БВТ – блок вимірювання температури статорної обмотки; БВС – блок вимірювання фазних струмів; БКН – блок контролю напруги; БК – блок комутації; БВП – блок вторинного перетворення; КЗ – канал зв'язку; БЖ1, БЖ2 – блоки живлення; МК – мікроконтролер; БСЦ – блок цифрової індикації; БЗС – блок звукової сигналізації; БВД – блок вводу даних; БСК – блок спряження з комп'ютером.

Блок контролю електродвигуна складається:

- з блоку вимірювання температури статорної обмотки;
- з блоку вимірювання фазних струмів;
- з блоку контролю напруги;
- з блоку комутації;
- з блоку вторинного перетворення;
- з каналу зв'язку;
- з блоку живлення.

Кількість блоків контролю електродвигунів дорівнює кількості АД у групі електродвигунів.

Блок діагностики та захисту групи електродвигунів складається:

- з каналу зв'язку;
- з мікроконтролера;
- з блоку живлення;
- з блоку цифрової індикації;

- з блоку звукової сигналізації;
- з блоку вводу даних;
- з блоку спряження с комп'ютером.

Розглянемо призначення кожного блоку пристрою більш детально.

Призначення блоку вимірювання температури – це вимірювання та перетворення температури ізоляції статорної обмотки, як параметру діагностування, в інформативний електричний сигнал, який після проміжної обробки надходить на відповідні порти мікроконтролера.

Блок вимірювання фазних струмів складається з трьох перетворювачів струму трансформаторного типу, первинна обмотка яких вмикається послідовно відносно лінійного проводу, що живить електродвигун. Вторинна обмотка перетворювача формує сигнал, пропорційний первинному струму, який надходить після проміжної обробки на відповідні порти мікроконтролера.

Блок контролю напруги призначений для захисту електродвигуна від неповно фазного режиму роботи [7].

Блок вторинного перетворення здійснює обробку сигналів, які надходять з блоків вимірювання температури, вимірювання фазних струмів та з блоку контролю напруги для їх подальшого надання на відповідні порти мікроконтролера.

Блок комутації здійснює відключення електродвигуна з групи електродвигунів від мережі живлення при наявності критичного перевантаження за струмом або при відсутності напруги живлення електродвигуна при наявності сигналу з мікроконтролера.

Канал зв'язку здійснює прийом – передачу сигналів від блоку контролю певного електродвигуна на мікроконтролер. Слід відзначити, що конструктивно канал зв'язку – це універсальний асинхронний приймач, який поділяється на приймач і передавач, які працюють одночасно, незалежно один від одного. За кожним з них закріплений відповідний порт мікроконтролера. Канал зв'язку має інтерфейс RS-485, як один з найбільш розповсюджених стандартів фізичного рівня зв'язку та способу передачі інформації.

Мікроконтролер здійснює опитування кожного блоку контролю електродвигуна, обробку, порівняння вхідних параметрів діагностування теплових процесів з величинами нормованих уставок за температурою, за фазними струмами та за напругою. В залежності від значення вхідних параметрів після їх порівняння зі значеннями уставок мікроконтролер формує сигнал на блок звукової сигналізації, на блок цифрової індикації, а також формується сигнал на відключення електродвигуна з групи електродвигунів за допомогою блоків комутації блоків контролю електродвигунів.

Блок вводу даних – це клавіатура з чотирма клавішами, яка призначена для керування пристроєм та для ручного вводу даних щодо вхідних параметрів діагностування.

Блок цифрової індикації надає оператору номер несправного електродвигуна з групи електродвигунів, а також надається візуальна інформація у вигляді цифрового коду щодо контрольованих величин параметрів діагностування.

Блок спряження с комп'ютером здійснює обмін даними між пристроєм та персональним комп'ютером.

Блок звукової сигналізації надає оператору звукову сигналізацію щодо наявності аварійного режиму роботи електродвигуна з групи електродвигунів.

Електричне живлення блоків пристрою здійснюють два блоки живлення.

Висновки.

Таким чином, застосування мікропроцесорного пристрою діагностування та захисту групи електродвигунів дозволить контролювати напругу мережі живлення, фазні струми, які протікають в обмотках АД та температуру обмотки статора, а також зіставляючи між собою ці параметри робити висновок щодо наявності будь-якого аварійного режиму.

Впровадження такого пристрою дозволить підвищити експлуатаційну надійність асинхронних електродвигунів.

Література

1. *Закладний О.М.* Захист як складник системи функціонального діагностування асинхронних електродвигунів / *О.М. Закладний, В.В. Прокопенко, О.О. Закладний* // Промелектро. – 2010. – №4. – С.36 – 40.
2. *Соркінд М.* Асинхронные электродвигатели 0,4 кВ. Аварийные режимы работы / *М. Соркінд* // Новости электротехники. – 2005. – №2(32). – С. 36–38.
3. *Грундулис А.О.* Защита электродвигателей в сельском хозяйстве / *А.О. Грундулис.* – М.: Агропромиздат, 1988. – 180 с.
4. *Овчаров В.В.* Эксплуатационные режимы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве / *В.В. Овчаров.* – К.: Изд-во УСХА, 1990. – 168 с.
5. *Кацман М.М.* Электрические машины автоматических устройств: Учеб. пособие для электротехнических специальностей техникумов / *М.М. Кацман.* – М.: ФОРУМ, ИНФРА – М, 2002. – 264 с.
6. *Загірняк М.В.* Електричні машини: підручник / *М.В. Загірняк, Б.І. Невзлін.* – К.: Знання, 2009. – 399 с.

7. *Калашник В.И.* Устройства защиты электродвигателя от неполнофазных режимов работы / *В.И. Калашник, В.П. Черников* // Радиолюбитель. – 2009. – №2. – С.12 – 13.

8. *Шустов М.А.* Практическая схемотехника: 450 полезных схем радиолюбителям / *М.А. Шустов.* – М.: Додэка-XXI, 2007. – 360 с.

ЗАЩИТА АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ОТ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ

Нестерчук Д.Н.

Аннотация

Работа посвящена анализу видов защиты асинхронных электродвигателей от аварийных режимов работы, а также предложена структурная схема микропроцессорного устройства диагностирования и защиты группы асинхронных электродвигателей.

PROTECTION OF INDUCTION MOTORS FROM EMERGENCY MODES

D. Nesterchuk

Summary

Paper analyzes the types of protection from emergency modes of induction motors, and suggests a block diagram of microprocessor device for protection and diagnostics of group of induction motors.

УДК665.2/3.067.7

ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ СУСПЕНЗІЙ

Назаренко І.П., к.т.н.,

Рубцов М.О., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619)43-54-32

Анотація - представлені результати експериментального визначення питомої електропровідності та діелектричної проникності дисперсної фази та дисперсійного середовища діелектричних суспензій.

Ключові слова – діелектрична суспензія, електрод, частота, обертове електричне поле, електропровідність, діелектрична проникність.

Постановка проблеми. В електросепараторах діелектричних (слабопровідних) суспензій використовуються сили, які залежать від електричних властивостей як дисперсної фази так і дисперсійного середовища: питомої електропровідності та діелектричної проникності [1]. Наявність даних про ці властивості дозволяє проектувати електричні сепаратори та визначати їх ефективність. В багатьох випадках інформація про вказані властивості відсутня або недостовірна. Як дисперсна фаза, так і дисперсійне середовище можуть мати складний склад, а для багатьох рідин, особливо рослинного походження, ще й змінюватись з часом. Вимірювання електрофізичних характеристик зважених в рідині частинок за існуючими методиками ускладнюється необхідністю їх вилучення, яке приводить до зміни їх властивостей. Таким чином розробка методу та технічних засобів визначення електрофізичних властивостей дисперсійного середовища та дисперсної фази безпосередню в суспензії є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень. На практиці питому електропровідність визначають як відношення величини, зворотно пропорційної опору чарунки з матеріалом до постійного для даної чарунки геометричного фактору. Постійну вимірювальну чарунку можна визначити, використовуючи розчин з відомою електропровідністю. Для виміру електропровідності використовують мости змінного струму. При таких вимірах виникають значні труднощі при виборі конструкції вимірювальної кювети, урахуванні поверхневих струмів для матеріалів з малою питомою електропровідністю. Урахування неоднорідної структури твердих матеріалів, тощо.

Для виміру діелектричної проникності на постійному струмі (статична проникність) використовують метод балістичного гальванометра. Діелектрична проникність на змінному струмі вимірюється мостовими, резонансними та оптичними методами [4].

У всіх випадках для визначення електрофізичних характеристик дисперсної фази потрібне її вилучення з дисперсійного середовища. Крім цього, при дослідженні електрофізичних властивостей в широкому діапазоні частот від 0 до 10^{13} Гц неможливо рекомендувати єдиний метод виміру, тому що для кожної ділянки діапазону існує декілька різних методів [4].

В роботі [2] показано, що в обертовому та в біжучому електричному полях на дисперсні частинки, що відрізняються від середовища за своїми електрофізичними властивостями, діє сила та момент сили, які залежать від діелектричної проникності рідини і частинки та їх питомої електропровідності. Це є основою для розробки методу визначення електрофізичних властивостей слабопровідних суспензій.

Формулювання цілей статті. Робота направлена на обґрунтування, розробку та перевірку методу визначення електрофізичних властивостей слабопровідних суспензій з використанням обертового електричного поля.

Основна частина. Для обґрунтування методу виміру електрофізичних властивостей слабопровідних суспензій проведемо аналіз математичного виразу для моменту сили в обертовому електричному полі [3]

$$M = 4\pi\epsilon_c a^3 E^2 \frac{(\epsilon_q - \epsilon_c) \left(\frac{\sigma_q}{\omega} + 2 \frac{\sigma_c}{\omega} \right) - (\epsilon_q + 2\epsilon_c) \left(\frac{\sigma_q}{\omega} - \frac{\sigma_c}{\omega} \right)}{(\epsilon_q + 2\epsilon_c)^2 + \left(\frac{\sigma_q}{\omega} + 2 \frac{\sigma_c}{\omega} \right)^2}, \quad (1)$$

де a – радіус частинки, м;

ϵ_q – діелектрична проникність частинки, Ф/м;

ϵ_c – діелектрична проникність середовища, Ф/м;

σ_q – питома електропровідність частинки, См/м;

σ_c – питома електропровідність середовища, См/м;

E – напруженість електричного поля, В/м;

ω – кутова частота, рад/с.

Якщо відомі діелектрична проникність ϵ_c та питома електропровідність σ_c середовища, радіус частинки a та напруженість електричного поля E , то для визначення невідомих величин ϵ_q та σ_q , що входять у формулу (1), потрібно мати два рівняння.

Дослідимо функцію (1) на екстремум.

$$\frac{dM}{d\omega} = \frac{12\pi\varepsilon_c a^3 E^2 (\sigma_c \varepsilon_c - \sigma_c \varepsilon_c) \left((\varepsilon_c + 2\varepsilon_c)^2 + \frac{1}{\omega^2} (\sigma_c + 2\sigma_c)^2 \right)}{\left[(\varepsilon_c + 2\varepsilon_c)^2 + \left(\frac{\sigma_c}{\omega} + 2\frac{\sigma_c}{\omega} \right)^2 \right]^2}. \quad (2)$$

В екстремальній точці:

$$\frac{dM}{d\omega} = 0 \Rightarrow \text{оскільки } \sigma_c \varepsilon_c - \sigma_c \varepsilon_c \neq 0, \text{ то } (\varepsilon_c + 2\varepsilon_c)^2 = \frac{1}{\omega^2} (\sigma_c + 2\sigma_c)^2.$$

Тому

$$\omega = \frac{\sigma_c + 2\sigma_c}{\varepsilon_c + 2\varepsilon_c}. \quad (3)$$

Для визначення діелектричної проникності ε_c та питомої електропровідності σ_c частинки складемо систему рівнянь:

$$\begin{cases} \varepsilon_c = \frac{\sigma_c}{\omega_\varepsilon} + \frac{2\sigma_c}{\omega_\varepsilon} - 2\varepsilon_c, \\ M_\varepsilon = \frac{12\pi\varepsilon_c a^3 E^2 (\sigma_c \varepsilon_c - \sigma_c \varepsilon_c)}{\omega_\varepsilon (\varepsilon_c + 2\varepsilon_c)^2 + \frac{1}{\omega_\varepsilon} (\sigma_c + 2\sigma_c)^2}. \end{cases} \quad (4)$$

Розв'язок системи (4) запишемо у вигляді:

$$\begin{cases} \sigma_c = \frac{6\pi\varepsilon_c a^3 E^2 (\sigma_c - \varepsilon_c \omega)}{M_\varepsilon} - 2\sigma_c, \\ \varepsilon_c = \frac{6\pi\varepsilon_c a^3 E^2 (\sigma_c - \varepsilon_c \omega)}{M_\varepsilon \omega_\varepsilon} - 2\varepsilon_c. \end{cases} \quad (5)$$

де ω_ε – виміряна кутова частота в екстремальній точці, рад/с;

M_ε – вимірний момент в екстремальній точці, Н·м.

Для визначення електрофізичних властивостей середовища можна використати метод, в якому у середовище, що досліджується вноситься пробна куля, виготовлена з матеріалу, властивості якого відомі. Визначимо розрахункові формули для цього випадку. Для розрахунку двох невідомих параметрів формули (1): ε_c та σ_c потрібно скласти 2 рівняння. В якості таких використовуємо формули (1) та (2), в яких момент M_ε та частота ω_ε відповідають критичній точці і визначаються експериментально. Відомим повинен бути також і добуток $k = 4\pi a^3 E^2$.

$$\begin{cases} \sigma_c = \frac{\omega_\theta \varepsilon_\theta}{2} - \frac{\sigma_\theta}{2} + \omega_\theta \varepsilon_c, \\ M_\theta = k \frac{3\varepsilon_c (\sigma_c \varepsilon_\theta - \varepsilon_c \sigma_\theta)}{\omega_\theta (\varepsilon_\theta + 2\varepsilon_c)^2 + \frac{1}{\omega_\theta} (\sigma_\theta + 2\sigma_c)^2}. \end{cases} \quad (6)$$

Розв'язок цієї системи:

$$\begin{cases} \varepsilon_c = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}, \\ \sigma_c = \frac{\omega_\theta (-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC})}{2A} + \frac{\omega_\theta \varepsilon_\theta}{2} - \frac{\sigma_\theta}{2}, \end{cases} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \text{де } A &= 16M_\theta \omega_\theta - 6k\varepsilon_\theta \omega_\theta + 6k\sigma_\theta; \\ B &= 16M_\theta \varepsilon_\theta \omega_\theta - 3k\varepsilon_\theta^2 \omega_\theta + 3k\varepsilon_\theta \sigma_\theta; \\ C &= 4M_\theta \varepsilon_\theta^2 \omega_\theta. \end{aligned}$$

Методика виміру електрофізичних властивостей слабопровідних суспензій полягає у наступному. Обертове електричне поле створюється системою електродів у вигляді гіперболічного циліндру. В середовище, що знаходиться в міжелектродному просторі, поміщується дослідний зразок речовини дисперсної фази. Дослідний зразок закріплюється на тонкій діелектричній спиці, яка передає обертний момент на торсійний динамометр. На електроди подається напруга від трифазного високовольтного широкосмугового регульованого джерела живлення [2]. Змінюючи частоту електричного поля і підтримуючи напругу на електродах постійною, знаходять частоту, що відповідає максимальному моменту та вимірюють значення цього моменту торсійним динамометром. Для визначення коефіцієнта k розраховують середнє електричне поле в центрі камери [3] та вимірюють радіус дослідного зразка речовини. Розрахунок питомої електричної електропровідності та діелектричної проникності речовини кулі здійснюється за формулою (5), а середовища – за формулою (7).

Перевірка розробленої методики здійснювалась для олеїнової кислоти, яка має діелектричну проникність $2,15 \cdot 10^{-11}$ Ф/м і питому електропровідність 10^{-8} См/м. В якості дисперсної фази використовувався текстоліт, який має діелектричну проникність $7 \cdot 10^{-11}$ Ф/м і питому електропровідність 10^{-7} См/м. Текстолітова куля мала радіус 5мм, середня напруженість електричного поля склала $6 \cdot 10^5$ В/м.

Виміряне значення критичної частоти склало 1000 рад/с і відповідного моменту – $1,9 \cdot 10^{-6}$ Н·м.

Розрахунок за формулою (5) дає значення діелектричної проникності речовини кулі – $6,4 \cdot 10^{-11}$ Ф/м, питомої електропровідності – $1,07 \cdot 10^{-7}$ См/м.

Розрахунок за формулою (7) дає значення діелектричної проникності речовини середовища – $2,1 \cdot 10^{-11}$ Ф/м, питомої електропровідності – $9,2 \cdot 10^{-9}$ См/м.

Висновки. Розроблена методика дозволяє вимірювати електрофізичні характеристики діелектричних суспензій: питому електропровідність та діелектричну проникність дисперсної фази та дисперсійного середовища. Відносна похибка виміряного значення цих показників не перевищує 10%.

Література

1. *Назаренко І.П.* Сепарація діелектричних суспензій в біжучому електричному полі / *І.П. Назаренко* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України / Редкол.: Д.О. Мельничук (відп. ред.) та ін. – К.: НУБІП, 2010. – Вип.148. – С. 117–122.

2. *Назаренко І.П.* Обґрунтування частоти біжучого електричного поля в пристроях очистки діелектричних рідин / *І.П. Назаренко* // Праці Таврійського державного агротехнічного університету / відп. за вип. Ф. Ю. Ялпачик. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – Вип. 10, т. 3. – С. 171–175.

3. *Назаренко І.П.* Моделювання електричного поля, що обертається в електросепараторах діелектричних суспензій / *І.П. Назаренко* // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету / Відп. за вип. В. А. Дідур. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – Вип. 10, Т.8. – С. 338–345.

4. *Рогов І.А.* Электрофизические методы обработки пищевых продуктов / *И.А. Рогов.* – М.: Агропромиздат, 1988. –272с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СУСПЕНЗИЙ

Назаренко И.П., Рубцов Н.А.

Аннотация

Представлены результаты экспериментального определения удельной электропроводимости и диэлектрической проницаемости дисперсной фазы и дисперсионной среды диэлектрических суспензий.

DETERMINATION OF ELECTRIC PROPERTIES OF DIELECTRIC SUSPENSION

I. Nazarenko, M. Rubtsov

Summary

The results of experimental determination of specific conductivity and dielectric permeability of dispersion phase and dispersion environment of dielectric suspension are given in work.

УДК 631.37:621.313

ФОРМУВАННЯ ВОЛЬТАМПЕРНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДАТЧИКА КОНТРОЛЮ НА БІПОЛЯРНИХ ТРАНЗИСТОРАХ

Попова І.О., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел (0619)42-32-63

Анотація – робота присвячена обґрунтуванню формування вольтамперної характеристики датчика контролю температури на біполярних транзисторах, що може бути використаний у пристроях діагностування і захисту. Приведено теоретичне визначення параметрів датчика для зміни ширини вольт-амперної характеристики аналога лямбда-діода і визначення напруги стабілізації для регулювання сили струму в необхідних межах.

Ключові слова – вольтамперна характеристика, аналог лямбда діода, інтегральний коефіцієнт передачі.

Аналіз основних публікацій. Аналіз пошкоджень асинхронних двигунів показує, що основною причиною їх виходу з ладу є руйнування ізоляції статорних обмоток із-за перегріву. Тому контроль температури обмоток асинхронного двигуна під час роботи необхідний. Лямбда-діод – новий напівпровідниковий прилад, розроблений в Японії, який виконаний на одному кристалі. Перевагою цього приладу є його висока технологічність, його застосовують в пристроях контролю температури, напруги; він простіше у виготовленні, ніж звичайні прилади з негативним опором.

Аналог лямбда-діоду, який розроблений в ТДАТУ [1] – є прилад, який являє собою двохолюсник, що складається з комплементарної пари польових транзисторів із керованим р-п переходом. Нами пропонується схема аналога лямбда-діода на біполярних транзисторах в якості датчика контролю температури обмотки асинхронного двигуна (рис. 1) [2].

Мета і завдання досліджень. Проведення теоретичного дослідження аналога лямбда-діода на біполярних транзисторах з метою визначення деяких його параметрів.

Матеріали і методи дослідження. Вольт-амперна характеристика аналога лямбда-діода має ділянку з позитивним диференціальним опором, що властиво звичайному діоду, і ділянку з негативним диференціальним опором, як у тунельного діода., що дозволяє одержати дуже різноманітні ВАХ (на відміну від тунельних

діодів, у яких ділянки з негативним опором обмежені дуже вузькою областю).

Але особливістю аналога лямбда-діоду на польових транзисторах є малий струм стоку (до 10 мА). У випадку використання таких приладів в пристроях захисту і контролю розосереджених об'єктів на їхню роботу можуть впливати опори проводів, електромагнітні поля працюючих електродвигунів великої потужності.

У аналога лямбда-діода на біполярних транзисторах за рахунок добору параметрів схеми можливо значно збільшити величину струму, що протікає через нього і уникнути залежності від впливу електромагнітних полів електродвигунів великої потужності, опорів проводів і підбору комплементарної пари польових транзисторів з якої складається аналог лямбда-діоду на польових транзисторах.

Результати дослідження. Прийmemo, що вхідний опір транзистора VT2 значно менше його опору бази ($R_{\delta 2} \gg R_{\text{вх}} \text{ VT2}$).

Тоді величини струмів, що течуть через колектор $I_{\kappa 2}$ і базу $I_{\delta 2}$ транзистора VT2 визначимо за формулами [2]:

$$I_{\kappa 2} = \beta_2 I_{\delta 2}; \quad (1)$$

$$I_{\delta 2} = \frac{E}{R_{\delta 2}}, \quad (2)$$

де β_2 – коефіцієнт передачі базового струму транзистора VT2.

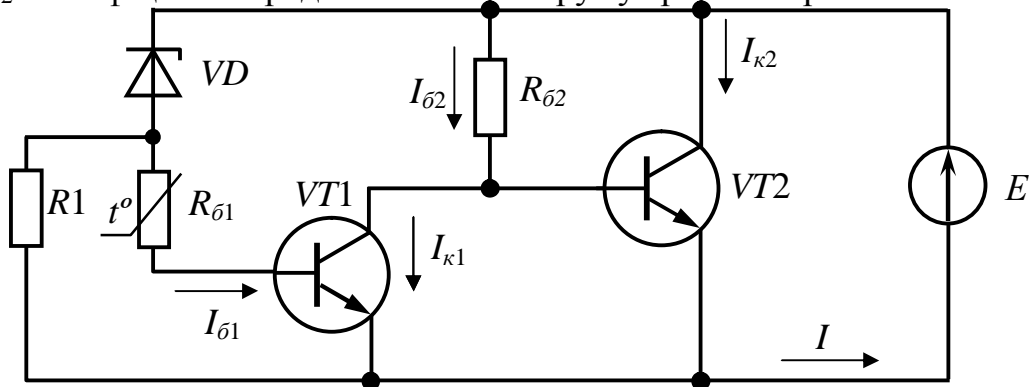


Рис. 1. Схема датчика температури на базі аналога лямбда-діоду з урахуванням (2) на біполярних транзисторах

$$I_{\kappa 2} = \beta_2 \frac{E}{R_{\delta 2}}. \quad (3)$$

Рівняння (3) виконується до напруги стабілізації U_{cm} стабілітрона VD. При напругах $E > U_{cm}$ з'являться струми бази $I_{\delta 1}$ і колектора $I_{\kappa 1}$ транзистора VT1. Струм бази транзистора VT1 визначається за формулою

$$I_{\delta 2} = \frac{E - U_{CT}}{R_{\delta 1}}. \quad (4)$$

За умови, що вхідний опір транзистора VT1 значно менше його опору бази ($R_1 \gg R_{ex VT1}$)

$$I_{\kappa 1} = \beta_1 \frac{E - U_{CT}}{R_{\delta 1}}, \quad (5)$$

У цьому режимі роботи струм бази транзистора VT2 буде дорівнювати:

$$I_{\delta 2} = \frac{E}{R_{\delta 2}} \beta_1 \frac{E - U_{CT}}{R_{\delta 1}}; \quad (6)$$

$$I_{\kappa 2} = \beta_2 \frac{E}{R_{\delta 2}} \beta_1 \beta_2 \frac{E - U_{CT}}{R_{\delta 1}}. \quad (7)$$

Перетворимо рівняння (7)

$$I_{\kappa 2} = \frac{\beta_2 R_{\delta 1} E - \beta_1 \beta_2 R_{\delta 2} (E - U_{CT})}{R_{\delta 1} R_{\delta 2}}. \quad (8)$$

Визначимо величину напруги E_0 , при якому струм колектора другого транзистора $I_{\kappa 2}$ дорівнює нулю. Для цього, якщо прирівняти рівняння (8) до нуля, одержимо:

$$\beta_2 R_{\delta 1} E_0 - \beta_1 \beta_2 R_{\delta 2} (E_0 - U_{CT}) = 0; \quad (9)$$

$$E_0 = \frac{\beta_1 R_{\delta 2} U_{CT}}{\beta_1 R_{\delta 2} - R_{\delta 1}}. \quad (10)$$

Завдамося значенням величини напруги $E_0 = 2U_{cm}$, при якому струм колектора другого транзистора дорівнює нулю і визначимо співвідношення величин опорів резисторів

$$\frac{R_{\delta 1}}{R_{\delta 2}} = \frac{\beta_1}{2}. \quad (11)$$

Висновки. Змінюючи співвідношення величин опорів резисторів $R_{\delta 1}$ і $R_{\delta 2}$ можна змінювати ширину вольт-амперної характеристики аналога лямбда-діода. Добором стабілітрона із визначеною величиною

напруги стабілізації $U_{ст}$, можна регулювати струм, що проходить через аналог лямбда-діода на біполярних транзистора в необхідних межах [3].

Література

1. Патент № 22526 Україна, МПК (2006) G01K7/16. Пристрій для контролю температури. № u2006 12431/ Чураков В.Я., Попова І.О., Курашкін С.Ф. (Україна); Заяв.27.11.2006; Опубл.25.04.2007, Бюл. № 5.

2. Степаненко І.П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем / И.П. Степаненко. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1977. – 671 с.

ФОРМИРОВАНИЕ ВОЛЬТАМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДАТЧИКА КОНТРОЛЯ НА БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРАХ

Попова И.А.

Аннотация

Работа посвящена обоснованию формирования вольтамперной характеристики датчика контроля температуры на биполярных транзисторах, который может быть использован в устройствах диагностирования и защиты. Приведено теоретическое обоснование выбора параметров датчика для изменения ширины вольтамперной характеристики аналога лямбды-диода и определения напряжения стабилизации для регулирования силы тока в необходимых пределах.

SHAPING THE VOLTAGE-CURRENT FEATURE OF THE SENSOR OF THE CHECKING ON BIPOLAR TRANSISTOR

I. Popova

Summary

The research is dedicated to motivation of the shaping the voltage-current feature of the sensor of the checking the temperature on bipolar transistor, which can be used in device control and protection. The theoretical motivation of the choice parameter sensor is brought for change the width volt-ampere of the feature of the analogue lambda-diode and determinations of the value of the voltage to stabilizations for regulation amperage in necessary limit.

УДК 621.316.91

МЕХАНІЗМ ЗМІНИ СТАНУ НАСІННЯ У ВОЛОГОМУ ҐРУНТІ

Стьопін Ю.О., к.т.н.

Таврійський Державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-23-41

Анотація – у роботі розглянуті питання зміни діелектричної проникливості насіння в процесі знаходження у вологому ґрунті.

Ключові слова – вологий ґрунт, насіння, діелектрична проникливість.

Постановка проблеми. Різка зміна кліматичних умов в Україні активно впливає на якість отриманого посівного матеріалу. Навіть незначне зниження польової схожості насіння у масштабах країни веде до значних втрат, оскільки потребує збільшення норми висіву, пересіву тощо. Так, зниження цього показника лише на 1% викликає додаткових втрат 60-80 тис. тон насіння [2].

Аналіз останніх досліджень. Зараз відомо багато засобів передпосівної обробки насіння, що збільшують посівну здатність. Одним з найбільш ефективних вважають повітряно-тепловий обігрів. Даний спосіб дозволяє збільшити енергію проростання, польову схожість (на 18%), врожайність (на 6%) [1], однак він має значну трудомісткість. Підвищити енергію проростання, схожість та інші показники насіння дозволяє хімічний спосіб передпосівної обробки. Але деякі отрутохімікати, які знищують одних шкідників, сприяють розвитку інших, більш небезпечних. Крім того, отрутохімікати згубно впливають на живу матерію ґрунту, в окремих випадках знищують її родючість.

Найбільш простий із фізичних методів – опромінення насіння інфрачервоними променями. Однак, мала глибина їх проникнення ускладнює застосування цього методу. Відзначається значне збільшення врожайності під час впливу гамма-променів на насіння деяких рослин. Застосування ультразвуку, електронно-іонної технології та інших методів для обробки насіння дає позитивні результати. Але жодний засіб не може конкурувати з хімічними методами, оскільки вказані засоби не забезпечують знезараження насіння.

Формуванні цілей статті. Дослідити стан насіння у вологому ґрунті при впливі зовнішнього електричного поля.

Основна частина. Насіння сільськогосподарських культур у зневодненому стані веде себе як діелектрик, а при зволоженні – як провідник або напівпровідник, тому його можна вважати гігроскопічним діелектриком.

У зневодненому стані насіння володіє дуже значним опором (вище 10^8 Ом) [3] і практично не отримує заряд ні при контакті із зовнішнім електродом, ні в ізольованому стані. Під час зволоження заряд інтенсифікується. Отже, основним фактором, що впливає на всі процеси, можна вважати вологу, і механізм створення зарядів у насінні слід пов'язувати саме з нею.

Вода, як полярний діелектрик, має діелектричну проникливість, яка обумовлена поляризацією двох типів: електронним зсувом (без втрат) та орієнтацією диполів (зв'язана з поглинанням підведеної енергії). Під час зволоження насіння, під дією електричного поля енергія поглинається плівкою води, що знаходиться на його поверхні.

Дослідженнями [3,4] встановлено, що напруженість електричного поля служить головним стимулюючим фактором, що визначає розвиток та продуктивність майбутніх рослин. Тому для уточнення режимів та способів впливу електричного поля необхідно дослідити напруженість поля у внутрішній області насіння, де знаходиться зародок майбутньої рослини, а також з'ясувати, в якій ступені впливають деякі фізичні властивості самого насіння на величину цієї напруженості.

При дослідженні процесу біостимуляції активності насіння більшості культур, його розглядають як ізотропний витягнутий еліпсоїд обертання [2]. Однак основні шари, наприклад, у насіння огірка, розрізняють за біологічним призначенням та хімічним складом на анізотропні й за структурою [3].

Для спрощення розрахунку напруженості електричного поля насіння огірка будемо розглядати як витягнутий двохшаровий еліпсоїд. Шкірку та ядро з відповідною відносною діелектричною проникливістю ε_1 і ε_2 вважаємо ізотропними в межах шарів, границями розділу яких є еліпсоїди з великими a_1 , a_2 та малими b_1 , b_2 осями.

Такий еліпсоїд знаходиться в електричному полі напруженістю \vec{E}_0 з відносною діелектричною проникливістю ε_c . Напрямок \vec{E}_0 у просторі довільний і складає кут Ψ відносно малої вісі еліпсоїда. Координатні вісі OX і OY спрямовані уздовж осей a і b , еліпсоїд розміщений у електричному полі так, щоб площина YOX була паралельно силовим лініям поля. Складові напруженості поля усередині першого шару еліпсоїда вздовж координатних осей [4]:

$$\vec{E}_{x1} = \frac{\vec{E}_{ox}}{1 + \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_c}{\varepsilon_c} \Phi_{a1}}; \quad (1)$$

$$\vec{E}_{y1} = \frac{\vec{E}_{oy}}{1 + \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_c}{\varepsilon_c} \Phi_{b1}}; \quad (2)$$

$$\vec{E}_{z1} = 0, \quad (3)$$

де Φ_{a1} , Φ_{b1} – коефіцієнти осьової деполяризації першого еліпсоїда уздовж великої та малої осей.

$$\vec{E}_{ox} = \vec{E}_o \sin \psi; \quad (4)$$

$$\vec{E}_{oy} = \vec{E}_o \cos \psi. \quad (5)$$

З урахуванням (1 – 5) отримуємо значення результуючої напруженості електричного поля усередині першого шару

$$\vec{E}_1 = E_o \left(\frac{\sin \psi}{1 + \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_c}{\varepsilon_c} \Phi_{a1}} \vec{e}_x + \frac{\cos \psi}{1 + \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_c}{\varepsilon_c} \Phi_{b1}} \vec{e}_y \right), \quad (6)$$

де \vec{e}_x , \vec{e}_y – одиничні вектори, спрямовані вздовж осей OX та OY .

В [3, 5] доказано, що якщо еліпсоїд розташований у однорідному електричному полі, усередині нього створюється також однорідне поле.

Виходячи з цього положення можна вважати, що електричне поле, що має напруженість E_1 буде однорідним зовнішнім полем по відношенню до другого шару, а поле другого шару – однорідним до першого шару. Тоді напруженість електричного поля внутрішнього шару діелектричного еліпсоїду визначається

$$\vec{E}_3 = E_o (L_a \sin \psi \vec{e}_x + L_b \cos \psi \vec{e}_y); \quad (7)$$

де $L_a = [1 + (\lambda_1 - 1)\Phi_{a1}] \cdot [1 + (\lambda_2 - 1)\Phi_{a2}]^{-1}; \quad (8)$

$$L_b = [1 + (\lambda_1 - 1)\Phi_{b1}] \cdot [1 + (\lambda_2 - 1)\Phi_{b2}]^{-1}; \quad (9)$$

$$\lambda_1 = \varepsilon_1 / \varepsilon_c; \lambda_2 = \varepsilon_2 / C_1. \quad (10)$$

З формули (7) видно, що при $\lambda < 1$ напруженість поля у шарі більша за напруженість поля попереднього шару. З цього слідує, що напруженість електричного поля у внутрішньому шарі двохшарового еліпсоїда при інших умовах залежить від діелектричної проникливості цих шарів.

Для експериментального дослідження характеру зміни поля поділимо вираз (7) на E_0 отримаємо значення напруженості поля у відносних одиницях

$$\vec{C}_e = \frac{E_3}{E_0} = L_a \sin \psi \vec{e}_x + L_b \cos \psi \vec{e}_y. \quad (11)$$

Розглянемо двохшаровий еліпсоїд, параметрами якого є середньостатистичні дані насіння огірка.

Таблиця 1 – Дані розрахунків

Шар	a , мм	b , мм	$K = b/a$	Φ_a	Φ_b
Шкірка	16,07	7,09	0,44	0,193	0,324
Ядро	14,85	6,42	0,41	0,182	0,341

В результаті отримані залежності \vec{C}_e та її складових в залежності від кута орієнтації еліпсоїда по відношенню до зовнішнього поля. Характер кривих показує, що максимальна напруженість електричного поля у внутрішньому полі досягає при повній орієнтації еліпсоїда довгої осі вздовж силових ліній ($\Psi = 90^\circ$), а мінімальна – при розміщенні довгої осі поперек силових ліній ($\Psi = 0^\circ$).

Також отримані залежності відносної напруженості поля від вологості насіння. Результати свідчать, що відносна діелектрична проникливість шкірки більше за ядро при однаковій вологості.

Таблиця 2 – Дані розрахунків.

Шар	Відносна діелектрична проникливість при вологості W , %					
	6	10	14	18	22	26
Шкірка	3,8	8,1	15,3	22,1	29,8	36,7
Ядро	0,7	2,6	6,2	9,7	12,9	18,8

Висновки. Отриманим виразом напруженості електричного поля усередині двохшарового еліпсоїда можна користуватися при дослідженні дози опромінення насіння, що має шарову структуру, дозу по-

ливної води для підтримки необхідної вологості ґрунту, рівень струму при проходженні через зволожений ґрунт.

Література

1. *Гриценкова З.І.* Довідник по овочівництву закритого ґрунту і насіння овочевих культур / *З.І. Гриценкова, Є.П. Білоконь та ін.* // Овочівництво і баштанництво. – К.: Урожай, 1992. – Вип. 37. – С. 15–19.
2. *Шульгіна Л.М.* Довідник по овочівництву закритого ґрунту / *Л.М. Шульгіна, Г.Л. Бондаренко.* За ред. Л.М. Шульгіной. – К.: Урожай/1989. – 246 с.
3. *Ксенз Н.В.* Интенсификация технологических процессов электроактивации взаимодействующих сред / *Н.В. Ксенз* // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2000. – №5, С. 31–32.
4. *Лебедев С.И.* Физиология растений / *С.И. Лебедев.* – М.: Колос, 1982. – 324 с.
5. *Олейник А.М.* Характер формирования контуров увлажнения почвы при капельном орошении / *А.М. Олейник, М.Г. Гаджиев* // В сб. научн. тр. ЮжНИИГиМ. – Новочеркасск: 1984. – С. 129–133.
6. *Прищеп Л.Т.* Эффективная электрификация защищенного грунта / *Л.Т. Прищеп.* – М.: Колос, 1980. – 288 с.

МЕХАНИЗМ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ СЕМЯН ВО ВЛАЖНОМ ГРУНТЕ

Стёпин Ю.А.

Аннотация

В работе рассмотрены изменения диэлектрической проницаемости семян в процессе нахождения во влажном грунте.

THE WAY OF CHANGING OF SEEDS' STATE IN THE WET SOIL

Yu. Styopin

Summary

The given paper deals with problems of changing dielectrical penetrability of seeds in wet soil.

УДК 321.313.333.2

ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРІОДИЧНОГО КОНТРОЛЮ РОБОТОЗДАТНОСТІ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Вовк О.Ю., к.т.н.,

Квітка С.О., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-32-63

Анотація – представлено технологію періодичного контролю роботоздатності асинхронних електродвигунів, яка спрямована на підвищення експлуатаційної надійності асинхронних електродвигунів на підприємствах агропромислового комплексу.

Ключові слова – асинхронний електродвигун, роботоздатність, діагностування, втрати потужності.

Постановка проблеми. Найпоширеніший силовий агрегат, що використовується в сільськогосподарському виробництві – асинхронний електродвигун з короткозамкненим ротором. Асинхронні електроприводи становлять близько 95% загальної кількості електроприводів і споживають більше половини електроенергії галузі. Широке розповсюдження асинхронні двигуни дістали завдяки високій конструкційній надійності, але у процесі експлуатації на підприємствах агропромислового комплексу України щорічно відмовляє в середньому 20 – 25% наявного парку електродвигунів (при іспитах на надійність за цей час відмовляє 2 – 3%). Це призводить до незапланованих матеріальних витрат, пов'язаних з раптовою зупинкою технологічних ліній, а також на ремонт асинхронних двигунів [1, 2].

Таким чином, залишається до кінця невирішеною народногосподарська проблема підвищення експлуатаційної надійності асинхронних електродвигунів. Причина її існування – недостатній рівень експлуатації означених електродвигунів на підприємствах агропромислового комплексу, зокрема – відсутність достатньої інформації про їх стан. Тому однією із складових вирішення цієї проблеми є підвищення рівня експлуатації асинхронних електродвигунів за допомогою своєчасного повного контролю. Це дозволить керувати станом електродвигунів і призведе до підвищення імовірності їх безвідмовної роботи на протязі запланованого строку служби в процесі експлуатації в сільськогосподарському виробництві. Отже, розроблення і впровадження технології періодичного контролю роботоздатності асинхронних еле-

ктродвигунів, яка забезпечить всебічну оцінку стану цих електродвигунів, а також спростить практичну реалізацію діагностування в порівнянні з існуючою, є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень. Методи періодичного діагностування асинхронних електродвигунів, що існують не цей час, можна розподілити на три групи. До першої групи слід віднести методи, які спрямовані на контроль роботоздатності одного з вузлів електродвигуна (найчастіше – обмотки статора або підшипників). Друга група – це методи, що передбачають контроль роботоздатності електродвигуна за одним узагальнюючим параметром (наприклад, силою споживаного струму або ковзанням). Третя група – це послідовний функціональний аналіз роботоздатності вузлів електродвигуна [3]. Аналіз зазначених методів виявив наступні недоліки: висока вартість технічної реалізації методів, неповний контроль стану електродвигуна, спрямованість виключно на пошук пошкоджень із значною витратою часу на діагностування, відсутність контролю роботоздатності електродвигуна при роботі в заданому режимі.

Основна частина. Роботоздатність асинхронного електродвигуна – це його здатність надавати руху приводному агрегату (робочій машині), що визначається функціональним станом електродвигуна. До узагальнених показників роботоздатності відносять вібраційні й акустичні параметри електродвигуна, характеристики його магнітного і температурного поля, споживані двигуном з мережі потужність, струм, напругу, а також ковзання, струм або напругу нульової послідовності й інші показники [4]. В експлуатації їх контролюють в основному безперервно за допомогою захисної апаратури або пристроїв функціонального контролю, а на заводах-виготовлювачах – за допомогою стендів для випробувань і спеціальних установок [5].

Періодичне діагностування роботоздатності асинхронних електродвигунів на підприємствах агропромислового комплексу здійснюється за технологіями, для реалізації яких необхідні мобільні діагностичні установки на базі автотранспортного засобу (тобто дуже коштовний технічний засіб), які дозволяють діагностувати не тільки асинхронні електродвигуни, а й трансформатори невеликої потужності, кабелі, комутаційну та захисну апаратуру (тобто кваліфікація електротехнічного персоналу повинна бути високою).

В даному випадку виконують послідовний функціональний аналіз асинхронного електродвигуна, визначаючи функціональний стан його окремих елементів, при цьому витрачають на це декілька годин робочого часу.

Діагностичні параметри, які контролюються існуючими технологіями періодичного контролю роботоздатності асинхронних електродвигунів, характеризують функціональний стан окремого елемента конструкції електродвигуна. Тому раціональним є контроль такого уза-

гальненого показника роботоздатності асинхронних електродвигунів, як коефіцієнт корисної дії, що характеризує електродвигун як магнітну електромеханічну систему. Допустиме його значення для асинхронних електродвигунів потужністю до 11 кВт (найбільш поширеними на підприємствах агропромислового комплексу) прийнято таким:

$$\eta_{\text{доп}} = \eta_{\text{н}} - 0,15 \cdot (1 - \eta_{\text{н}}), \quad (1)$$

де $\eta_{\text{доп}}$ – допустиме значення коефіцієнта корисної дії асинхронного електродвигуна;

$\eta_{\text{н}}$ – номінальне значення коефіцієнта корисної дії асинхронного електродвигуна.

Для визначення коефіцієнту корисної дії електродвигуна необхідно його навантажити. На сьогодні використовують наступні основні методи навантаження асинхронних електродвигунів: метод навантаження із повертанням енергії до мережі та метод взаємного навантаження [5]. Для технічної реалізації метода навантаження із повертанням енергії до мережі для створення навантаження електродвигуна, що діагностується, використовують іншу електричну машину та мережу зі зниженою частотою, а для технічної реалізації метода взаємного навантаження для кожного асинхронного електродвигуна, що діагностується, необхідно мати електричну машину, потужність якої дорівнює потужності електродвигуна, що діагностується.

Вказане вище обумовлює високу вартість технічної реалізації зазначених методів, тому для навантаження асинхронного електродвигуна пропонується використовувати досліди холостого ходу і короткого замикання, як граничні режими його роботи. Коефіцієнт корисної дії запропоновано визначати за результатами цих дослідів, тобто за втратами активної потужності в асинхронному електродвигуні у цих дослідах.

В результаті аналітичних досліджень цих дослідів розроблено технологію періодичного контролю роботоздатності асинхронних електродвигунів, яка складається з наступних операцій:

- зібрання початкових даних;
- виконання технічних операцій з діагностування;
- виконання розрахункових операцій з діагностування.

Зібрання початкових даних полягає у встановленні значень:

- 1) номінальної активної потужності;
- 2) номінальної фазної напруги;
- 3) номінального коефіцієнту корисної дії.

Виконання технічних операцій з діагностування полягає у наступному (табл. 1).

Таблиця 1 – Технічні операції з діагностування

№ п/п	Зміст операції	Технічний засіб
1	2	3
1.	Встановити асинхронний електродвигун на стільницю	
2.	Переконатися, що електродвигун має практично холодний стан	візуально
3.	Визначити опір обмоток статора при постійному струмі в практично холодному стані ($R_{1A}; R_{1B}; R_{1C}$)	вимірювальний міст
4.	Визначити температуру навколишнього середовища ($\vartheta_{\text{СЕР}} = \vartheta_1$)	термометр
5.	Підключити вимірювальний комплект до затисків електродвигуна, що діагностується	вимірювальний комплект
6.	Приєднати вимірювальний комплект через регулятор напруги до мережі	з'єднуючі проводи
7.	Загальмувати ротор електродвигуна, що діагностується	пристрій для загальмування ротора
8.	Подати напругу на затиски отриманого кола	автоматичний вимикач
9.	Установити номінальні значення струмів фаз електродвигуна, що діагностується ($I_{\text{к.А}} = I_{\text{к.В}} = I_{\text{к.С}} = I_{\text{н}}$)	регулятор напруги
10.	Вимірити споживану активну потужність ($\Delta P_{\text{к.А}}; \Delta P_{\text{к.В}}; \Delta P_{\text{к.С}}$) і напругу на затисках ($U_{\text{к.А}}; U_{\text{к.В}}; U_{\text{к.С}}$) електродвигуна	вимірювальний комплект
11.	Зняти напругу з затисків кола	автоматичний вимикач
12.	Розгальмувати ротор електродвигуна, що діагностується	пристрій для загальмування ротора
13.	Відключити вимірювальний комплект від затисків електродвигуна	
14.	Визначити опір обмоток статора при постійному струмі в досліді ($R_{1\text{а.к}}; R_{1\text{в.к}}; R_{1\text{с.к}}$) короткого замикання	вимірювальний міст

Продовження таблиці 1

1	2	3
---	---	---

15.	З'єднати затиски вимірювального комплексу через регулятор напруги з мережею	з'єднуючі проводи
16.	Підключити вимірювальний комплект до затисків електродвигуна	вимірювальний комплект
17.	Подати напругу на затиски отриманого кола, яка дорівнює номінальному значенню ($U_{X.A}=U_{X.B}=U_{X.C}$)	автоматичний вимикач, регулятор напруги
18.	Виміряти споживану активну потужність ($\Delta P_{X.A}; \Delta P_{X.B}; \Delta P_{X.C}$) і силу струму ($I_{X.A}; I_{X.B}; I_{X.C}$) електродвигуна, що діагностується	вимірювальний комплект
19.	Установити напругу на затискачах електродвигуна рівну $0,7U_H$	регулятор напруги
20.	Виміряти споживану активну потужність ($\Delta P_{X.A1}; \Delta P_{X.B1}; \Delta P_{X.C1}$) і силу струму ($I_{X.A1}; I_{X.B1}; I_{X.C1}$) двигуна	вимірювальний комплект
21.	Зняти напругу з затисків отриманого кола	автоматичний вимикач
22.	Відключити вимірювальний комплект від затисків електродвигуна	
23.	Визначити опір обмоток статора при постійному струмі в досліді холостого ходу ($R_{1A.X}; R_{1B.X}; R_{1C.X}$)	вимірювальний міст
24.	Виконати розрахунки і визначити роботу здатність електродвигуна	обчислювальний пристрій

Виконання розрахункових операцій з діагностування полягає у наступному (табл. 2).

Таблиця 2 – Розрахункові операції з діагностування

№ п/п	Зміст операції	Формули для розрахунку
1	2	3
1.	Розрахувати середнє значення опору постійному струму фази при температурі $\vartheta_{\text{сеп}} = \vartheta_1$	$R_1 = \frac{R_{1A} + R_{1B} + R_{1C}}{3}$
2.	Розрахувати сумарну активну потужність у досліді холостого ходу при номінальній нарузі	$\Delta P_X = \Delta P_{X.a} + \Delta P_{X.b} + \Delta P_{X.c}$

Продовження таблиці 2

1	2	3
---	---	---

3.	Розрахувати сумарну активну потужність у досліді холостого ходу при зниженій напрузі	$\Delta P_{x1} = \Delta P_{x.a1} + \Delta P_{x.b1} + \Delta P_{x.c1}$
4.	Розрахувати середнє значення фазного струму у досліді холостого ходу при номінальній напрузі	$I_x = \frac{I_{x.A} + I_{x.B} + I_{x.C}}{3}$
5.	Розрахувати середнє значення фазного ст. уму у досліді холостого ходу при зниженій напрузі	$I_{x1} = \frac{I_{x.A1} + I_{x.B1} + I_{x.C1}}{3}$
6.	Розрахувати втрати активної потужності в обмотці статора при номінальній напрузі в досліді холостого ходу	$\Delta P_{el.x} = 3 \cdot R_{1x} \cdot I_x^2$
7.	Розрахувати втрати активної потужності в обмотці статора при зниженій напрузі в досліді холостого ходу	$\Delta P_{el.x.1} = 3 \cdot R_{1x} \cdot I_{x1}^2$
8.	Розрахувати механічні втрати	$\Delta P_{mx} = \frac{\Delta P_{x1} - \Delta P_{el.x.1} - 0,49 \cdot (\Delta P_x - \Delta P_{el.x})}{0,51}$
9.	Розрахувати втрати в магнітопроводі при номінальній напрузі	$\Delta P_{mg} = \Delta P_x - \Delta P_{mx} - \Delta P_{el.x}$
10.	Розрахувати сумарну активну потужність, що споживає двигун у досліді короткого замикання	$\Delta P_k = \Delta P_{k.a} + \Delta P_{k.b} + \Delta P_{k.c}$
11.	Розрахувати середнє значення фазної напруги у досліді короткого замикання	$U_k = \frac{U_{k.A} + U_{k.B} + U_{k.C}}{3}$
12.	Розрахувати середнє значення опору постійному струму фази електродвигуна напруги у досліді короткого замикання	$R_{1k} = \frac{R_{1A.K} + R_{1B.K} + R_{1C.K}}{3}$
13.	Розрахувати температуру обмотки статора після проведення досліді короткого замикання	$\vartheta_{1k} = \left(\frac{R_{1k}}{R_1} - 1 \right) \cdot (235 + \vartheta_1) + \vartheta_1$
14.	Розрахувати втрати активної потужності в обмотці статора при номінальному струмі в досліді короткого замикання	$\Delta P_{el.k} = 3 \cdot R_{1k} \cdot I_H^2$

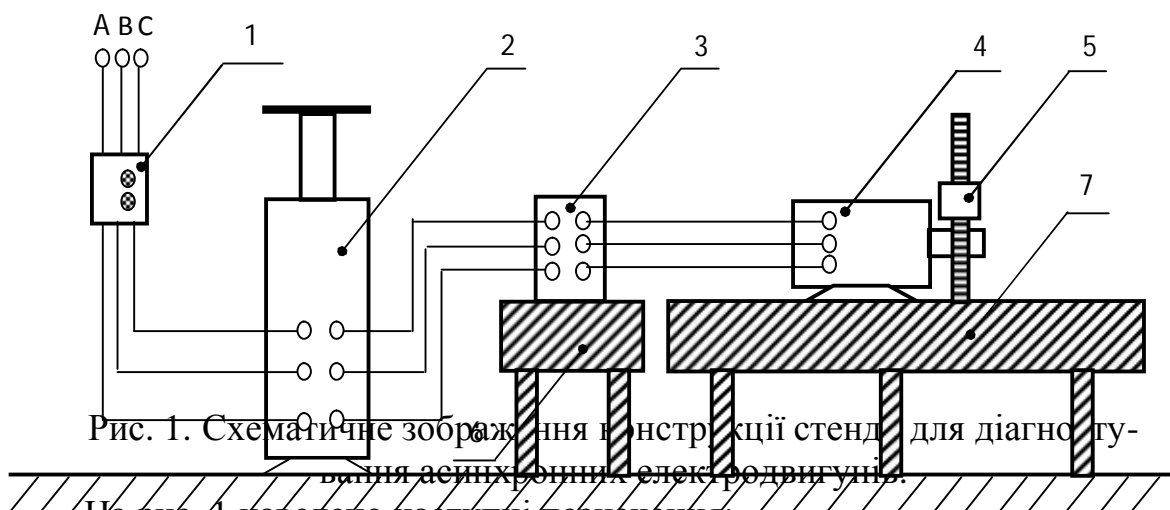
Продовження таблиці 2

1	2	3
---	---	---

15.	Розрахувати втрати активної потужності в обмотці статора при номінальному струмі та температурі 130 °С	$\Delta P_{E1} = 3 \cdot \frac{365}{235 + \vartheta_{1K}} \cdot R_{1K} \cdot I_H^2$
16.	Розрахувати втрати активної потужності в обмотці ротора при номінальному струмі	$\Delta P_{E2} = \Delta P_K - \Delta P_{E1} - \Delta P_{MG} \left(\frac{U_K}{U_H} \right)^2$
17.	Розрахувати поточні сумарні втрати активної потужності в електродвигуні при номінальній потужності на валу P_H і номінальній напрузі на затисках U_H	$\Delta P_{H,П} = \Delta P_{E1} + \Delta P_{E2} + \Delta P_{MG} + \Delta P_{MX} + 0,005 \cdot P_H$
18.	Розрахувати поточний коефіцієнт корисної дії електродвигуна	$\eta_{H,П} = \frac{P_H}{P_H + \Delta P_{H,П}}$
19.	Розрахувати допустимий коефіцієнт корисної дії електродвигуна	$\eta_{доп} = \eta_H - 0,15(1 - \eta_H)$

Виконано експериментальну перевірку розробленої технології періодичного контролю роботоздатності асинхронних електродвигунів, яка показала здатність виявляти несправності електродвигуна [6].

Для реалізації технології періодичного контролю роботоздатності асинхронних електродвигунів розроблено стенд, схематичне рішення якого наведено на рис.1.



На рис. 1 наведено наступні позначення:

- 1 – автоматичний вимикач;
- 2 – індукційний регулятор напруги;
- 3 – вимірювальні пристрої;
- 4 – асинхронний електродвигун, що діагностується;
- 5 – гальмуючий пристрій;

- 6 – стільниця для встановлення вимірювальних пристроїв;
 7 – стільниця для встановлення асинхронного електродвигуна, що діагностується.

Для виготовлення станда, необхідно мати матеріали та обладнання, що наведено в табл. 3.

Таблиця 3 – Перелік матеріалів та обладнання для виготовлення станду для діагностування асинхронних електродвигунів

№ п/п	Найменування	Тип або серія	Кількість
1.	Індукційний регулятор	ИР-60У4	1 шт.
2.	Вимірювальний комплект	К-500	1 шт.
3.	Вимірювальний міст	Р-333	1 шт.
4.	Автоматичний вимикач	ВА52Г31У3	1 шт.
5.	З'єднувальний провід	АПВ 4(1×25)	50 м
6.	Стільниця	–	1 шт.
7.	Гальмуючий пристрій	–	1 шт.

Висновки. Таким чином, запропонована технологія періодичного контролю роботоздатності асинхронних електродвигунів здатна визначати функціональний стан електродвигуна, що діагностується. Узагальненим діагностичним параметром, що всебічно характеризує роботоздатність асинхронних електродвигунів та не потребує дуже коштовних технічних засобів для визначення, є коефіцієнт корисної дії. Методом навантаження асинхронних електродвигунів, технічна реалізація якого буде раціональною, є досліди холостого ходу і короткого замикання, при цьому коефіцієнти корисної дії визначається за складовими втрат активної потужності

Література

1. *Овчаров В.В.* Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве. – К.: УСХА, 1990. – 168 с.
2. *Єрмолаєв С.О.* Експлуатація енергообладнання та засобів автоматизації в системі АПК [Єрмолаєв С.О., Мунтян В.О., Яковлев В.Ф.]. – К.: Мета, 2003. – 534 с.
3. *Хорольский В.Я.* Теоретические основы эксплуатации электрооборудования сельскохозяйственных предприятий: Учебное пособие. – Ставрополь: Ставроп. с/х ин-т, 1992. – 149 с.

4. Коварский Е.М., Янко Ю.И. Испытание электрических машин. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 320 с.

5. Копылов И.П., Клоков Б.К. Справочник по электрическим машинам: В 2-х т., Т.1. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 456 с.

6. Вовк О.Ю. Метод періодичного діагностування асинхронних електродвигунів / О.Ю. Вовк, Л.М. Безменнікова, С.О. Квітка // Праці ТДАТУ. – 2010. – Вип. 10, Т.4. С.39 – 46.

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРИОДИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Вовк А.Ю., Квитка С.А.

Аннотация

Представлена технология периодического контроля работоспособности асинхронных электродвигателей, которая нацелена на повышение эксплуатационной надежности асинхронных электродвигателей на производствах агропромышленного комплекса.

TECHNOLOGY OF THE PERIODIC MONITORING OF THE CAPACITY TO WORK OF ASYNCHRONOUS MOTORS

O. Vovk, S. Kvitka

Summary

The activity is dedicated to method monitoring asynchronous electric motors, which is directed on increasing to serviceability of the asynchronous electric motors on enterprise agro industrial complex by way periodic monitoring their functional condition.

УДК 621.548

ЕНЕРГЕТИЧНІ ДІАГРАМИ ТИХОХІДНОГО ВІТРОКОЛЕСА

Жарков В.Я., к.т.н.,

*Таврійський державний агротехнологічний університет**м. Мелітополь, Запорізька область*

Жоров В.І., к.т.н.,

Жоров С.В., інженер.

*ННЦ "Інститут механізації і електрифікації сільського господарства"**с.м.т. Глеваха, Київська область*

Тел. (0619) 42-31-59

Анотація – побудовані діаграми мас та потужностей живого вітру для тихохідного вітроколеса, що дає більш чітке уявлення про механізм його роботи.

Ключові слова – діаграма, маса, потужність, вітроколесо.

Постановка проблеми. На даний час найбільш ефективним і наочним способом розподілу потоків потужності перетворювачів енергії є побудова їхніх енергетичних діаграм. Існують широко відомі енергетичні діаграми електричних машин та менш відомі діаграми інших перетворювачів. Проте дані діаграми не можна прикласти до вітроколеса (ВК), оскільки розподіл потужностей на ньому залежить від розподілу потоків повітря, яке поки що далеко не визначене.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Широко відома енергетична діаграма асинхронного електродвигуна, яка дає калькуляцію споживаної потужності на корисну механічну потужність та втрати потужності у його конструктивних вузлах [1]. Дана діаграма не може бути віднесена до ВК, оскільки двигун та ВК мають різнорідні первинні потоки енергії. З тієї ж причини не можна прикласти до ВК енергетичну діаграму вентилятора, оскільки потужність потоку повітря у вентилятора, на відміну від ВК, є вторинним потоком енергії [2]. В літературі не зустрічається розподілення мас та потужностей живого вітру на ВК або на подібних йому механізмах. Отже, для побудови енергетичної діаграми ВК необхідне окреме дослідження.

Ціль статті. Визначити розподіл мас та потужностей живого вітру для тихохідного ВК і побудувати відповідні діаграми.

Основні матеріали дослідження. Аналіз літературних даних щодо розподілу потоків повітря та потужностей живого вітру для тихо-

хідного ВК проводиться із усвідомленням того, що механічна потужність створюється сумісною дією перепаду динамічного тиску та осевого руху повітря через ВК.

Розрахункова формула механічної потужності ВК має наступний вигляд [3]

$$P = Fu = \frac{1}{2} \rho S (u_1^2 - u_2^2) \frac{1}{2} (u_1 + u_2), \quad (1)$$

де перепад динамічного тиску становить

$$F = \frac{1}{2} \rho S (u_1^2 - u_2^2), \quad (2)$$

а середня швидкість потоку через робочу зону дорівнює

$$u = \frac{1}{2} (u_1 + u_2), \quad (3)$$

де ρ – густина повітря; за температури $+10^\circ\text{C}$ та нормального атмосферного тиску $101,3 \text{ кПа}$ $\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3$;

S – площа сліду лопаток в площині обертання, м^2 ;

u_1 – швидкість потоку на вході до вітроколеса, м/с ;

u_2 – залишкова швидкість потоку на лопатях вітроколеса, м/с .

В режимі номінального навантаження (рис. 1, а) на ВК приходить 0,9 потоку живого вітру, а 0,1 – розсіюється перед вітроколесом [3]. За ВК залишковий осевий потік живого вітру становить 0,67 від початкового, а 0,23 – розсіюється в площині обертання ВК [4].

Осевий потік повітря за ВК характеризує його частоту обертання. Чим інтенсивніший цей потік, тим більша частота обертання ВК.

Дійсно, в режимах номінального навантаження та синхронного ходу (рис. 1, а, б) витрата вітру через ВК дорівнює відповідно 0,67 та 0,79 від потоку живого вітру [4]. Відповідна частота обертання ВК у цих режимах становить 1,0 та 2,0 від номінальної. У загальмованого ВК (рис. 1, в) осевий рух повітря практично відсутній, частота обертання ВК рівна нулю. Отже, витрата вітру в осевому напрямку призначена для надання ВК руху (частоти обертання).

Витрата вітру в радіальному напрямку призначена для створення на ВК перепаду динамічного тиску (сили). У загальмованого ВК (рис. 1, в) весь потік живого вітру витрачається на створення тиску. Але корисна потужність в цьому режимі не виробляється, оскільки немає осевого руху повітря через ВК.

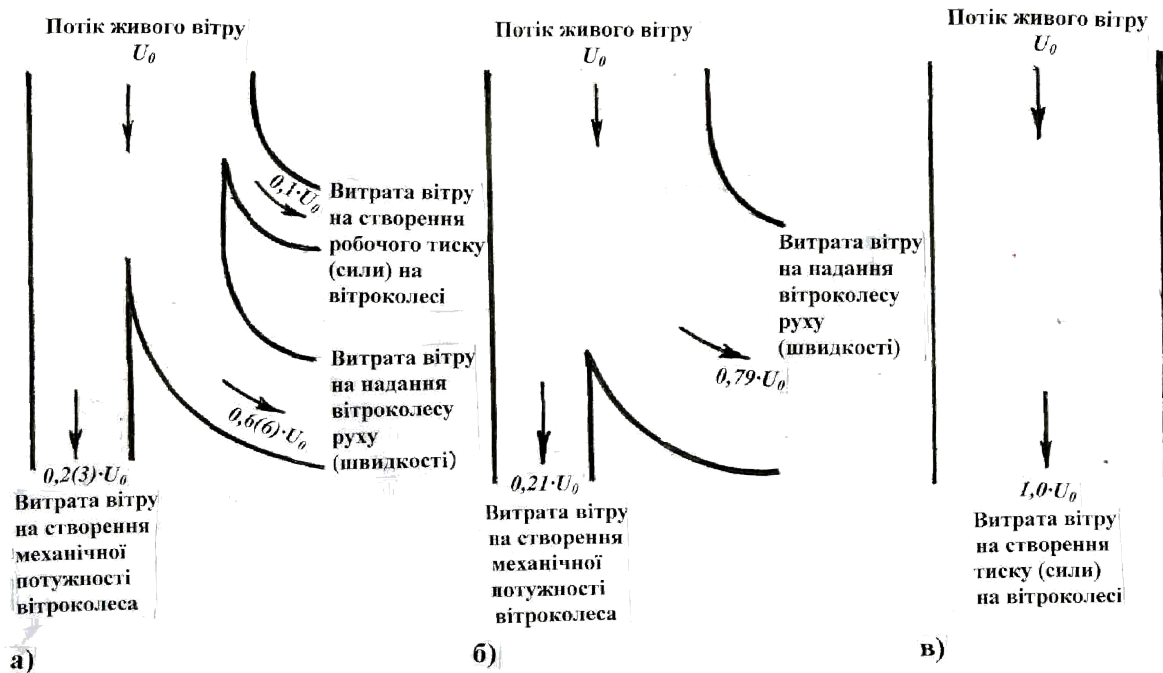


Рис. 1. Діаграма потоків повітря ВК в режимах: (а) – номінального навантаження, (б) – синхронного ходу, (в) – гальма.

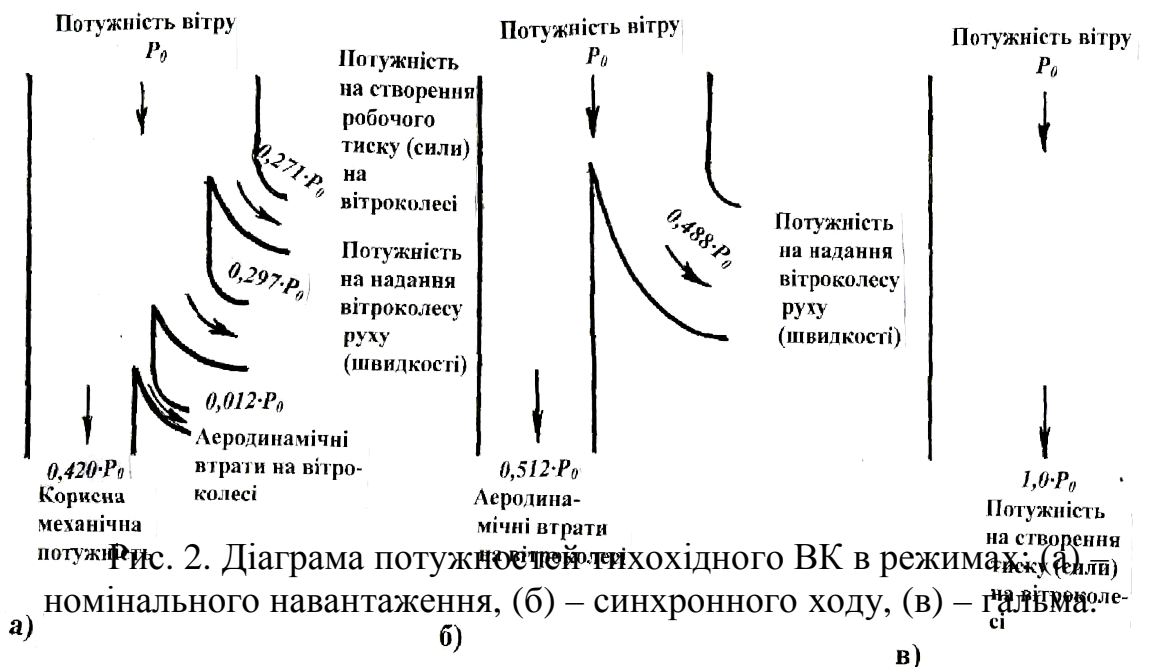


Рис. 2. Діаграма потужностей тиххідного ВК в режимах: (а) – номінального навантаження, (б) – синхронного ходу, (в) – гальма.

В режимі синхронного ходу корисна механічна потужність теж не виробляється, оскільки немає радіального руху повітря перед ВК. В площині обертання такий рух повітря має місце, але вся механічна потужність витрачається на покриття аеродинамічних втрат на ВК. Отже, радіальний рух повітря (розсіювання вітру) перед ВК призначений для створення робочого тиску (сили) на ВК, а радіальний рух в пло-

щині обертання – для створення механічної потужності. Причому, при відсутності розсіювання вітру перед ВК вся механічна потужність являє собою втрати, а при наявності такого – складається із корисної потужності та втрат. Втрати потужності є мінімальними в режимі номінального навантаження. Цей режим роботи характеризується тим, що на створення робочого тиску на ВК витрачається 0,1 живого вітру; а на надання ВК руху – 0,67 такого. Решта 0,23 живого вітру витрачається на створення механічної потужності ВК (рис. 1, а).

Потужність потоку на вході до ВК пропорційна кубу його швидкості – $0,9^3 = 0,729$ від потужності живого вітру. Решта 0,271 первинної потужності розсіюється перед ВК в радіальному напрямку (рис.2, а). Потужність вхідного потоку розподіляється на створення механічної потужності ВК та на надання йому руху. Механічна потужність знаходиться із виразу (1), в який підставляється $u_1 = 0,9u_0$ та $u_2 = 0,3u_0$, де u_0 – швидкість живого вітру, м/с [4]

$$P = \frac{1}{2} \rho S (0,81u_0^2 - 0,09u_0^2) \frac{1}{2} (0,9u_0 + 0,3u_0) = \frac{0,432}{2} \rho S u_0^3 = 0,432 P_0, \quad (4)$$

де P_0 – потужність живого вітру.

Потужність для надання ВК руху визначається як різниця потужностей вхідного потоку та потоку розсіювання в площині обертання ($0,729 - 0,432 = 0,297$) від потужності живого вітру, а аеродинамічні втрати – як різниця повної та корисної механічної потужності ($0,432 - 0,420 = 0,012$) від потужності живого вітру. Причому, корисна механічна потужність визначається експериментальним шляхом.

Особливістю радіальних потоків повітря є їхня порівняно низька масова витрата та висока енергоємність, що можна пояснити високою швидкістю розсіювання вітру в тонкому шарі повітря.

В режимі синхронного ходу механічна потужність ВК визначається теж із виразу (1), в якому приймається $u_1 = u_0$ та $u_2 = 0,6u_0$ [4]. В результаті розрахунку отримуємо механічну потужність 0,512 від потужності живого вітру. Вся ця потужність є аеродинамічними втратами на ВК. Решта 0,488 від потужності вітру витрачається на надання ВК руху (рис. 2, б).

Із зміною швидкості вітру відбувається зміна швидкості потоків на ВК. За цього дуже важливо, щоб співвідношення між швидкостями потоків залишалися такими ж, що і в номінальному режимі роботи (рис. 1, а). Це досягається шляхом відповідного регулювання навантаження на ВК. В якості первинних сигналів системи автоматичного

регулювання можуть слугувати швидкості осьових потоків повітря на виході до ВК та виході з нього.

Висновки. Визначені та представлені у вигляді діаграм розподілу мас та потужностей живого вітру на тихохідному ВК дають більш чітке уявлення про механізм його роботи.

Література

1. Кулик Ю.А. Электрические машины. Учеб. пособие для втузов. – М.: Высш. школа, 1971. – С. 39.
2. Жоров В.И. Энергетическая диаграмма вентиляторов ВО-7/ В.И.Жоров// МЭСХ.- 1980.- № 2. – С. 16–17.
3. Жарков В.Я. Визначення верхньої межі коефіцієнту використання енергії вітру тихохідного вітроколеса / В.Я. Жарков., В.І. Жоров., С.В. Жоров // Праці ТДАТУ. – Вип. 9, т. 2. – Мелітополь: ТДАТУ, 2009. – С. 90–95.
4. Жоров В.І. Теоретичні засади підвищення ефективності тихохідної вітроустановки / В.І. Жоров // Вісник аграрної науки. – К.: 2010. – Спец. випуск, травень. – С. 101–105.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ДИАГРАММЫ ТИХОХОДНОГО ВЕТРОКОЛЕСА

Жарков В.Я., Жоров В.И., Жоров С.В.

Аннотация

Построены диаграммы потоков воздуха и мощностей живого ветра для тихоходного ветроколеса, что дает более четкое представление о механизме его работы.

ENERGETIC DIAGRAMS OF SLOW WIND WHEEL

V. Zharkov, V. Zhorov, S. Zhorov

Summary

Diagrams of live weight and wind power are drawn for slow wind wheel, which gives a clearer idea of its mechanism.

УДК 621.548

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЭУ С ПОВОРОТНЫМИ ЛОПАСТЯМИ И ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСЬЮ

Овчаров С.В., к.т.н.,

Михайленко Е.Ю., аспирант*.

Таврический государственный агротехнологический университет

Телефон (0619) 42-32-63

Аннотация – в работе приводятся результаты исследований существующих конструкций аналогов и прототипов ветроэнергетических установок, их недостатки. Дается описание усовершенствованной конструкции исследуемой ветроустановки.

Ключевые слова – малая ветроэнергетика, автономные энергоустановки, рычажно-пружинное устройство, неподвижное клеммовое соединение.

Постановка проблемы. В настоящее время развитие энергетики большинства стран мира базируется на использовании традиционных ископаемых видов топлива. Дальнейшее развитие энергетики в этом направлении в долгосрочной перспективе будет сдерживаться экологическими, ресурсными и социальными ограничениями. Экологические ограничения обусловлены стремлением мирового сообщества ограничить, а в перспективе и снизить выбросы углекислого газа и других вредных выбросов в окружающую среду. Ресурсные ограничения связаны с исчерпаемостью традиционных видов топлива уже в обозримой перспективе. Социальные ограничения обусловлены нежеланием больших масс людей жить в ухудшающейся окружающей среде. Наличие этих объективных сдерживающих ограничений привело в настоящее время к широкомасштабному развитию возобновляемой энергетики как в промышленно развитых, так и в развивающихся странах. Возобновляемая энергия существует в окружающей среде постоянно и не требует специальных затрат на свое высвобождение.

Учитывая суммарную кинетическую энергию ветрового потока в приземном слое Земли, оценивающуюся величиной порядка $4,4 \cdot 10^{12}$ кВт, важное значение приобретают научные разработки, направленные на вовлечение этого энергетического потенциала для полезного использования его различными потребителями [1].

Неоспоримое преимущество ветроэнергетики - отсутствие эмиссии парниковых газов. По данным European Wind Energy Association каждый

* Научный руководитель – д.т.н., проф. Овчаров В.В.

© к.т.н. Овчаров С.В., аспирант Михайленко Е.Ю.

млн. кВт/ч електроенергії, вироблюваний на вітроенергетических установках (ВЭУ), по сравнению с угольними станціями предотвращает выбросы: углекислого газа 600-750 т, двуокиси серы 5-8 т, окислов азота 3-6 т, золы 40-70 т, пыли 270-470 кг [2]. Дальнейшее развитие ветроэнергетики позволит решить проблемы качественного и надежного энергоснабжения удаленных и изолированных потребителей.

Результаты исследований, проведенные в разных странах, показывают, что автономные энергетические установки, работающие с использованием возобновляющих источников энергии, имеют благоприятные экономические перспективы для энергоснабжения потребителей, характеризующихся следующими признаками [3]: отсутствием связи с централизованными системами электро- и теплоснабжения, невозможностью или чрезмерно высокой стоимостью подключения к таким сетям; высокой стоимостью завоза топлива для генерирования электроэнергии и тепла на месте; благоприятными условиями для использования первичных возобновляемых источников энергии, прежде всего солнечной или ветровой.

Большинству автономных потребителей энергии нужны небольшие мощности, причем для многих из них стоимость энергоустановки не является главным фактором; наиболее важными оказываются показатели надежности, длительного ресурса, низких текущих эксплуатационных затрат. Этим требованиям отвечают автономные энергоустановки, возобновляемых источников работающие с использованием энергии, например, ветроэнергетические установки. В современных условиях существует необходимость в разработке новых видов технических систем преобразования энергии ветра и повышение эффективности уже существующих. Актуальность темы определена исследованием и разработкой усовершенствованной конструкции ВЭУ, имеющей поворотные лопасти, которая может быть использована для повышения надежности энергоснабжения удаленных и изолированных потребителей, что позволит снизить завоз топлива в эти регионы.

Анализ последних достижений. Известная ветроэнергетическая установка с вертикальной осью вращения ротора имеет лопасти, которые установлены на концах радиальных консолей и имеют возможность поворота около вертикальных осей. Поворот лопастей осуществляется под действием центробежных грузов, вынесенных за ось поворота лопасти или за счет масс самих лопастей, разнесенных по хорде лопасти. Предусмотрено подвижное крепление центробежных грузов в направляющем устройстве лопасти и установка упоров, ограничивающих поворот лопасти [4].

Недостатком названной установки является большое количество подвижных деталей, сложность конструкции.

Наиболее близкой по технической сущности к описанной полезной модели выбрана ветроустановка карусельного типа с вертикальной осью вращения имеет ротор, который состоит из 2 соосных 2-ярусно расположенных 4-лопастных ветроколес. Лопасти каждого из них поворотны установлены на горизонтальных консолях, эксцен-

трично расположенных относительно оси вращения. С помощью регулируемого рычажно-пружинного механизма лопасти обоих ветроколес кинематически связаны между собой таким образом, что при движении по окружности в направлении ветрового потока они устанавливаются вертикально, а при движении против направления потока – горизонтально в разрез ветра [5].

Недостатком известного устройства является его сложность, обусловленная наличием рычажно-пружинного механизма, который усложняет конструкцию и понижает её надежность.

Формулировка цели статьи. Поставлена техническая задача усовершенствования ветроэнергетической установки.

Основная часть. В основу разработки поставлена техническая задача усовершенствования ветроэнергетической установки за счет автоматического изменения положения лопасти с вертикального состояния на горизонтальное в момент окончания полуоборота под действием силы ветра с одновременным поворотом другой лопасти из горизонтального состояния в вертикальное положение, в результате чего конструкция упрощена отсутствием рычажно-пружинного устройства и за счет этого повышается её надежность.

Поставленная задача решается тем, что ветроэнергетическая установка с вертикальной осью имеет две лопасти, которые размещены на валу под углом 90° друг к другу. Вал в подшипниках закреплен на вертикальной опоре. Под действием силы ветра, одна из лопастей всегда находится в вертикальном положении и двигается относительно вертикальной опоры пол-оборота этой опоры. Одновременно вторая лопасть находится в горизонтальном положении в течение пол-оборота относительно вертикальной опоры. Таким образом, одна лопасть создает вращающий момент, а вторая – в это время в горизонтальном положении – двигается вдоль линии силы ветра. Когда первая лопасть проходит пол-оборота, ветер переводит ее в горизонтальное положение, а вторую лопасть – в вертикальное положение. Этот процесс продолжается в следующие пол-оборота. Вращающий момент, который развивается лопастью в рабочем состоянии передается электрогенератором.

Суть предложенной модели объясняется чертежом, на котором изображена схема ветроэнергетической установки с вертикальной осью (рис. 1).

Ветроэнергетическая установка с вертикальной осью вращения имеет опору 1, на которой размещены ярусно во втулках два взаимно-перпендикулярно вала 2 и а, к которым прикреплены под углом 90° друг к другу поворотные лопасти 3 и b и соответственно с и d. Фиксация поворота лопастей осуществляется клемовыми соединениями с упорами 4 и e и соответственно f и g. К ротору прикреплен в подшипниках вал 5 предназначенный для передачи вращающего момента.

Установка работает таким образом. Вал 5 в подшипниках закреплен на вертикальной опоре 1. Под действием силы ветра, одна лопасть 3 всегда находится в вертикальном положении, и двигается относительно вертикальной опоры 1 пол-оборота этой опоры. Одновременно

вторая лопасть b находится в горизонтальном положении и на протяжении пол-оборота вертикальной опоры 1 двигается в разрез линии силы ветра.

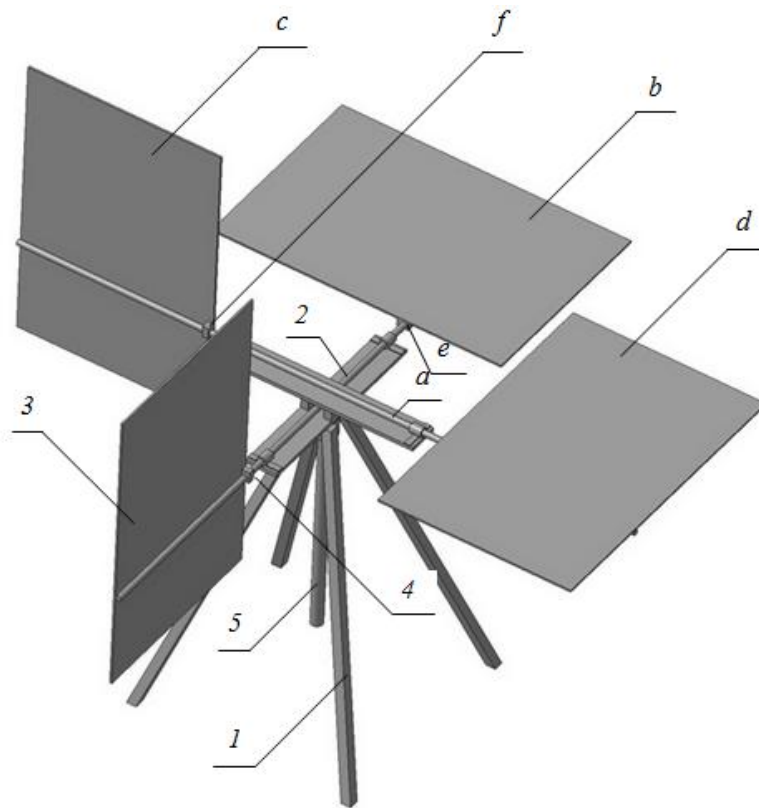


Рис.1. ВЭУ с поворотными лопастями вертикальной осью.

Когда лопасть 3 проходит пол-оборота, ветер переводит ее в горизонтальное положение, переворачивая ее на 90° , а лопасть b – в вертикальное положение. Клеммные соединения с упорами фиксируют поворот лопастей на 90° . Этот процесс продолжается в следующие пол-оборота. Вращающий момент, который развивается лопастью в рабочем состоянии, передается электрогенератором.

С целью упрощения конструкции и повышения надежности рычажно-пружинное устройство заменено на автоматическое изменение положения лопасти из вертикального состояния на горизонтальное в момент окончания пол-оборота под действием силы ветра с одновременным возвращением второй лопасти в вертикальное положение.

Особенность этой конструкции в том, что изменение положения лопасти происходит автоматически под действием силы ветра, а также наличие одного подвижного звена – вала во втулке.

Таким образом, в предложенной модели замена подвижных деталей на неподвижное клеммное соединение, приводит к тому, что при изготовлении уменьшается стоимость и в процессе эксплуатации повышается надежность.

Выводы. Предлагается усовершенствование конструкции ВЭУ с поворотными лопастями и вертикальной осью.

Литература:

1. Тельдеши Ю. Укрощение ветра. Мир ищет энергию / Ю. Тельдеши, Ю. Лесны. – М.: Мир, 1981. – С.156–179.
2. Фатеев Е.М. Ветро двигатели / Е.М. Фатеев. – М.: Матгиз, 1962. – С. 248.
3. Автономные водородные энергоустановки с возобновляемыми источниками энергии / [Попель, О., Фрид, Е., Штильрайн Э.Э. и др.] // Теплоэнергетика. – 2006. – №3. – 42–50.
4. Заявка 3502712, DE. Windturbine = [Роторный] ветродвигатель/Herter Erich, Herter Gunnar; №P3502712.6, заявл. 28.01.85, опубл. 31.07.86. МКИ F 03 D 3/02 // РЖ 90 ВИНТИ. –1987. –№4. – 39П.
5. Пат. 4818180 US, МКИ⁴ F 03 D 7/06. Vertical axle windturbine = Ветроустановка с вертикальной осью вращения / Liu Hsun-Fa – №167477; заявл. 29.2.88; опубл. 4.4.89; НКИ 416/117 // РЖ 90 ВИНТИ. – 1990. – №11. – 74 П.

КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ВЕУ З ПОВОРОТНИМИ ЛОПАСТЯМИ Й ВЕРТИКАЛЬНОЮ ВІССЮ

Овчаров С.В., Михайленко О.Ю.

Анотація

В роботі приводяться результати досліджень існуючих конструкцій аналогів і прототипів вітроенергетичних установок, їх недоліки. Дається опис удосконаленої конструкції вітроустановки, що досліджується.

CONSTRUCTIVE FEATURES OF WIND-PLANTS WITH ROTARY BLADES AND A VERTICAL AXLE

S. Ovcharov, H. Mikhailenko

Summary

The results of research of existent constructions of analogues and prototypes of wind-driven power-plants, their disadvantages are adduced in this work. The description of improved construction of the investigated wind-plant is given.

УДК [621.313:621.318.5]:631.371

РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ПОСЛІДОВНОГО ВКЛЮЧЕННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ПОТОКОВОЇ ЛІНІЇ З ВИТРИМКОЮ ЧАСУ

Зайцев Б.В., к.т.н.

Таврійській державний агротехнологічний університет

Тел./факс (0619) 42-31-59

Анотація – запропонована електрична схема пристрою, за допомогою якого можна керувати котушками магнітних пускачів відповідних електродвигунів. Замикаючі контакти вихідних реле включаються паралельно кнопкам «Пуск» з певною витримкою часу.

Ключові слова – послідовне включення, витримка часу, безконтактні елементи, потокова лінія.

Постановка проблеми. Для запобігання потокової лінії від завалу продукту при її включенні в роботу, а також для зниження пускових струмів електродвигунів виникає необхідність послідовного включення машин назустріч руху продукту. Існуючі пристрої громіздкі, мають значну вартість і малу надійність.

Аналіз останніх досліджень. В існуючих пристроях автоматичного керування при послідовному включенні електродвигунів потокової лінії використовуються блокувальні контакти магнітних пускачів, які встановлюються в кола керування попереднім електродвигуном.

Витримка часу при включенні визначається часом спрацьовування магнітного пускача електромеханічними або електронними реле часу, які включають електродвигун з витримкою часу, достатньої для розгону попереднього електродвигуна. Проте електромеханічні реле часу дуже громіздкі і мають малу надійність. Електронні реле часу більш надійні, проте також громіздкі і мають вищу вартість.

Формулювання цілей статті. Розглядається запропонований пристрій для послідовного включення машин в потоковій лінії, робота схеми керування управління і можливість використання її в інших поточкових лініях.

Основна частина. В існуючих пристроях автоматичного керування при послідовному включенні електродвигунів в потоковій лінії використовуються блокувальні контакти магнітних пускачів, які встановлюються в коло керування попереднім електродвигуном. Витрим-

ка часу при включенні визначається часом спрацьовування магнітного пускача. Проте в цьому випадку за рахунок малої витримки часу виходить лавинний пуск і пусковий струм всіх електродвигунів знижується лише на 15- 20% в порівнянні з одночасним пуском. Такий пуск можливий при невеликій кількості електродвигунів і їх незначної потужності [1].

Найближчим технічним рішенням, в якому двигуни в потоковій лінії включаються послідовно з витримкою часу є узагальнена схема керування чотирма електродвигунами [3]. Для роботи електричної схеми відповідно до заданої програми використовуються електромеханічні реле часу, які включають електродвигун з витримкою часу, достатньої для розгону попереднього електродвигуна. Для забезпечення витримки часу можна використовувати електронні реле часу. Електромеханічні реле часу дуже громіздкі і мають малу надійність. Електронні реле часу більш надійні, проте також громіздкі і мають вищу вартість. Для автоматичного керування електродвигунами в потоковій лінії потрібна така кількість реле часу, скільки машин в даній потоковій лінії. Все це знижує надійність схеми керування і збільшує вартість елементів схеми автоматичного керування.

В основу досліджень була поставлена задача розробити пристрій для послідовного включення електродвигунів приводу робочих машин з витримкою часу в потоковій лінії за рахунок безконтактної електричної схеми.

Поставлена задача розв'язується тим, що в пристрій послідовного включення електродвигунів приводу машин з витримкою часу в потоковій лінії в електричну схему підключені блок живлення, генератор імпульсів, виконавчі реле, конденсатор та резистор.

Введення в схему блоку живлення генератора імпульсів, виконавчих реле і конденсатора відрізняє запропонований пристрій від прототипу і дає можливість при використуванні безконтактних елементів підвищити надійність пристрою, знизити його вартість.

На рис. 1 зображена електрична схема пристрою послідовного включення електродвигунів потокової лінії з витримкою часу.

Пристрій складається з блоку живлення, генератора імпульсів, виконавчих реле і конденсатора. Схема автоматичного керування машинами в потоковій лінії в певній послідовності з витримкою часу живиться від блоку, зібраного на діодному мосту VD1-VD4 і біполярному транзисторі VT19. Напруга живлення схеми 9 В, напруга живлення комутаційних реле 12-15 В.

Електрична схема пристрою працює таким чином: генератор імпульсів, зібраний на логічних елементах DD1.1, DD1.2 подає на мікросхему DD2 послідовні прямокутні імпульси з періодом 2-8 секунди. Мікросхема готова до роботи за умови, що на виході тригера DD3 присутній сигнал логічного «нуля», що досягається натисненням кно-

пки SB1, яка перемикає тригер. До виводів 1-8 елементу DD2 через біполярні транзистори VT2-VT9 включені виконавчі реле K1-K8. З кожним новим імпульсом по черзі включаються реле K1-K8, контакти яких включають кола керування відповідного електродвигуна.

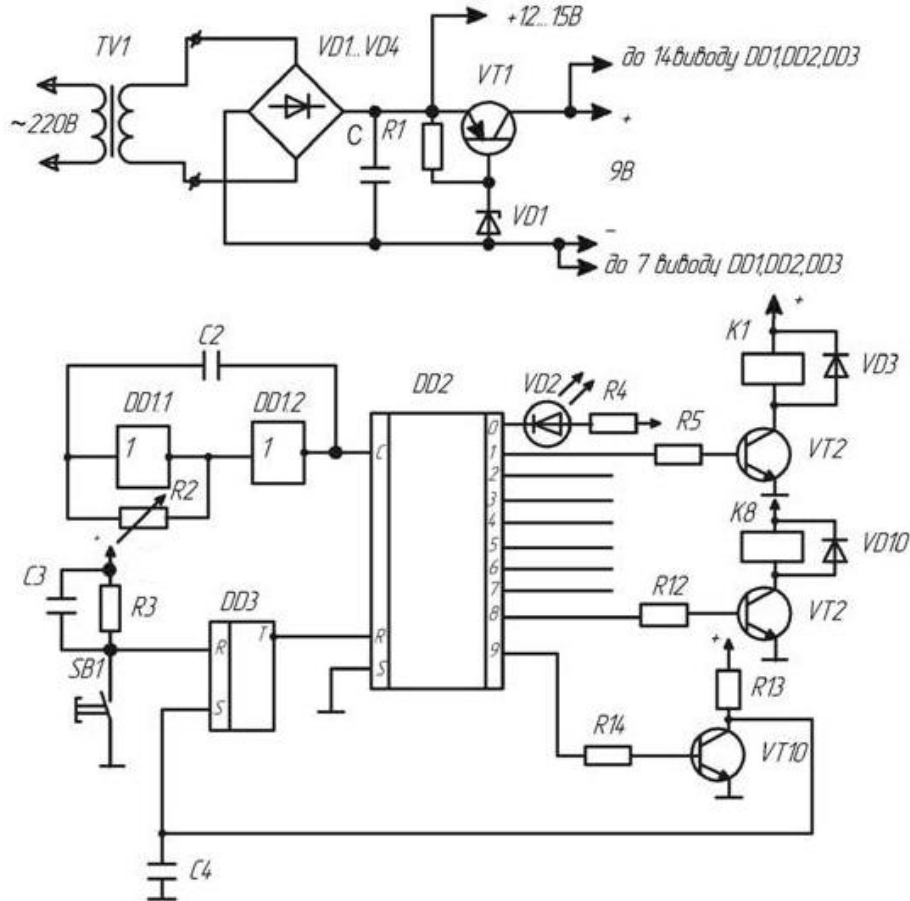


Рис. 1. Електрична схема послідовного включення електродвигунів.

При першому включенні схеми за рахунок зарядки конденсатора C4 тригер переводить схему в стан готовності, про що сигналізує світлодіод VD2. Для усунення паразитних зв'язків, що можуть привести до збою роботи схеми, передбачений конденсатор C3.

Пристрій послідовного включення електродвигунів з витримкою часу може бути використаний в будь-яких поточкових лініях, а витримка часу включення двигунів може бути змінена за рахунок ємності конденсатору C2 або опора резистора R2.

Висновки. В пристрої для послідовного включення машин з витримкою часу в поточковій лінії один генератор імпульсів і декілька виконавчих реле дозволяють включати електродвигуни приводу машин в певній послідовності з витримкою часу, яка визначається ємністю конденсатора та опором резистора. Розроблений пристрій має малі розміри, меншу кількість елементів схеми керування, підвищену надійність за рахунок використання безконтактних елементів.

Пристрій може бути використаний в сільськогосподарському виробництві на зерноочисних пунктах, елеваторах і агрегатах, де засто-

совується декілька електродвигунів, які повинні включатися з витримкою часу в певній послідовності.

Література

1. Патент № 51511 Україна МПК(2009) G04 З 23/00. Пристрій для послідовного включення електродвигунів приводу машин з витримкою часу в потоковій лінії / *Б.В. Зайцев* (Україна) Опубл. 26.07.2010 р., Бюл. № 14, 2010.

2. Електропровід сільськогосподарських машин, агрегатів та поточкових ліній. підручник / [*Є.Л. Жулай, Б.В. Зайцев, Ю.М. Лавріненко та ін.*]; за ред. *Є.Л. Жулая*. – К.: Віща освіта, 2001. – 288 с.

3. *Фоменков А.П.* Электропривод сельскохозяйственных машин, агрегатов и поточных линий / *А.П. Фоменков*. – М.: Колос, 1984. – 288 с.

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ С ЗАДЕРЖКОЙ ВРЕМЕНИ

Зайцев Б.В.

Аннотация

Предложена электрическая схема устройства, с помощью которого можно управлять катушками магнитных пускателей соответствующих электродвигателей. Замыкающие контакты выходных реле включаются параллельно кнопкам «Пуск» с определенной задержкой времени.

RESEARCH OF DEVICE FOR ELECTROMOTOR SERIES SWITCHING WITH TIME DELAY

B. Zaitzev

Summary

There was proposed an electric circuit of device which can control the magnetic coils of the electric starter. Output relay contacts are connected in parallel to «Start» button with a certain delay time.

УДК 681.527.2:631.674

АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА ПОЛИВУ З РЕГУЛЮВАННЯМ ВИТРАТИ ВОДИ ТА ШВИДКОСТІ ПЕРЕСУВАННЯ ДОЩУВАЛЬНОЇ МАШИНИ

Козирський В.В., д.т.н.,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Михальський В.М., д.т.н.,

Інститут електродинаміки НАН України

Скригін О.О. аспірант*.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Тел.: +38(066)12-66-532

Анотація – проведено аналіз якості роботи, продуктивності та експлуатаційних показників дощувальної техніки світових виробників. Запропоновано функціональну схему автоматичної системи поливу з використанням широкозахватної дощувальної машини, як один зі шляхів вдосконалення системи керування дощувальним комплексом.

Ключові слова – дощувальна машина, автоматична система, контролер, насосна станція, перетворювач частоти.

Постановка задачі. Надійне енергозабезпечення є основою життєдіяльності сільського господарства. Збільшення продуктивності при виробництві основних видів сільськогосподарської продукції для забезпечення продовольчої безпеки країни вимагає додаткових енергоресурсів. Аналіз сільгоспвиробництва, його енергозабезпечення, стан розвитку фермерського і, особливо, підсобного господарства з впровадженням нових технологій показує, що потреба в енергоресурсах на селі не зменшиться, а в перспективі зростатиме. Однак, виробництво сільськогосподарської продукції в Україні має досить високу енергоємність, що в 2-3 рази перевищує аналогічні показники розвинених країн.

З метою заощадження електроенергії в сільському господарстві впроваджуються організаційні, технологічні, технічні та енергетичні заходи.

Зокрема, технічні заходи включають:

– розробку і використання нового енергоощадного устаткування технологічних установок;

– автоматизацію установок і агрегатів, що дозволяє забезпечити оптимальні режими роботи з мінімізованою витратою енергії (до них

* Науковий керівник - д.т.н., проф. В.В. Козирський

© д.т.н., проф. Козирський В.В., д.т.н. Михальський В.М., аспірант Скригін О.О.

належать більшість стаціонарних електрифікованих установок у сільському господарстві);

- збільшення ККД агрегатів і машин шляхом вдосконалення робочих органів, їх настроювання та регулювання в процесі роботи;

- збільшення надійності і термінів служби електроустановок, захисту їх від нестационарних та аварійних режимів.

Таким чином, проблема енергозбереження в сільському господарстві України залишається актуальною на найближче десятиріччя [1].

Зрошування – один з видів водних меліорацій в зонах недостатнього і нестійкого природного зволоження, направлений на запобігання засухи шляхом покриття дефіциту вологості. Основне призначення зрошування: отримання гарантованих урожаїв сільськогосподарських культур незалежно від погодних умов, що складаються, за рахунок управління водним і пов'язаними з ним повітряним, тепловим, сольовим, мікробіологічним режимами живлення.

Ідеальна технологія водорозподілу повинна бути такою, при якій у всі точки зрошуваного поля вода подається одночасно зі швидкістю, що регулюється відповідно до швидкості вбирання вологи ґрунтом. Досягти необхідного водорозподілу можна тільки з використанням відповідних механізмів. Технологія роботи цих механізмів може передбачати дискретну водоподачу, подачу змінним струменем або перервне дощування з регульованою частотою імпульсів, але у будь-якому випадку швидкість водоподачі повинна відповідати швидкості вбирання вологи ґрунтом. В іншому випадку стік, а отже, і втрати води неминучі.

Результати досліджень. Великі компанії, які продають дощувальну техніку на теренах України, такі як “Bauer”, “Valmont Irrigation”, “Lindsay Manufacturing Co.”, “Pierce Corporation”, “T-L Irrigation Company” та інші враховують важливість переходу на більш досконалі засоби автоматизації, керуючись такими показниками, як витрати палива, продуктивність техніки, якість поливу тощо. У той же час, вітчизняні аграрії малої і середньої ланки, за винятком деяких передових підприємств, не враховують цих обставин і продовжують використовувати “вимираючу”, але все ще працездатну сільськогосподарську техніку.

Наведемо деякі характеристики дощувальної техніки (табл. 1).

Як видно із табл. 1, всі дощувальні машини мають відносно низький коефіцієнт ефективності поливу, що знаходиться в межах від 0,69 до 0,85 [2–5]. Причиною цього є природні умови (зокрема знос “дощової хмари” силою вітру), людський фактор (неврахування властивостей ґрунту, зокрема його поглинаючої здатності, що призводить до утворення стоків на поверхні поля) та рельєфу поля (відсутність контролю поливної норми по секціям дощувальної машини в залежності від конкретних умов).

Таблиця 1 – Основні характеристики дощувальної техніки

Показники	Дощувальна техніка			
	“Monostar BMS-100”	“Quadrostar QS-100”	“Centerliner 168 CLS”	“Zimmatic 800M”
Робоча ширина захвату, м	102	120	340	805
Коефіцієнт ефективності поливу, %	0,69	0,71-0,77	0,72	0,82-0,85
Коефіцієнт рівномірності зрошування по Крістіансену, %	77,6	79-83	81,1	84,2-85,1
Середня інтенсивність дощу, мм/хв.	1,04-2,2	2,8	1,1	2,7
Продуктивність поливу, га/год	0,61-0,20	0,86-0,43	1,35-0,38	1,12
Коефіцієнт використання потужності генератора	0,75	0,23	0,55	0,51
Питомі витрати пального, кг/га	7,52-22,6	9,1-17,9	0,73-2,32	15,7

Інтенсивність дощу згаданої вище техніки коливається в межах від 1,04 до 2,8 мм/хв. (150-600 м³/га), що вказує на широке регулювання поливних машин, але треба зауважити, що регулювання норми поливу здійснюється за допомогою швидкості (зокрема старто-стопового режиму) по всій ширині захвату, але не посекційно, що могло б позитивно вплинути на підвищення якості поливу, економію водних ресурсів, їх раціональне використання та економію палива. Якщо використовувати дощувальну техніку, яка живиться від закритої зрошувальної мережі, то актуальним стає питання про регулювання поливної норми за допомогою зміни тиску в системі трубопроводів. Таке регулювання з використанням насосної станції дозволяє приєднати до закритої системи декілька дощувальних машин без втрати їх продуктивності та сприяти плавному регулюванню їхньої продуктивності без утворення гідроударів в системі трубопроводів.

Не менш важливим показником ефективності роботи дощувальної техніки є коефіцієнт використання потужності генератора. Цей ко-

ефіцієнт коливається в межах від 0,23 (“Quadrostar QS-100”) до 0,75 (“Monostar BMS-100”), при цьому не навантажується повною мірою генератор дощувальної машини. Причиною цього служить те, що у більшості зразків зрошувальної техніки приводом опорних візків служать мотор-редуктори, які працюють в старт-стоповому режимі. Їх постійно вмикають та вимикають прилади синхронізації машини в лінії, які встановлені на водопровідному трубопроводі кожного прольоту ферми в місцях з’єднання з опорними візками та забезпечують автоматичне керування електродвигунами мотор-редукторів, тому для прямого пуску двигунів необхідні саме такі значення коефіцієнтів використання. Цей недолік можна виключити шляхом оснащення приводу опорного візка частотним регулятором, який дасть змогу плавно регулювати швидкість руху машини, зменшить ступінь амортизації деталей, які обертаються, та виключити старт-стопові режими. Такий підхід дозволить суттєво зменшити встановлену потужність генератора, який застосовується в системі.

На сучасному етапі розвитку мелiorативних машин важливими напрямками є: удосконалення конструкцій машин як у цілому, так і безпосередньо базових робочих органів і технологічних процесів, в яких вони задіяні.

Враховуючи вищевказані недоліки дощувальної техніки та можливі шляхи їх подолання, запропоновано систему керування дощувальною машиною з автоматичним регулюванням норми поливу.

Для забезпечення високого коефіцієнта ефективності та рівномірності поливу при роботі дощувальних машин фронтальної дії запропонована система з автоматичним регулюванням норми поливу містить наступні конструктивні елементи: центральний візок, який складається з дизель-генератора та пульта керування ним, головного пульта керування БК, який додатково оснащено операторною панеллю, за допомогою якої вводяться дані про фактичну вологість ґрунту та його поглинаючу здатність, паливного бака, стояка для підводу води, двох штанг-полозок лінійного управління машиною по борозні; прилади ПС синхронізації машини в лінію; контролери К, які розміщені на кожній секції машини та призначені для отримання інформації від головного пульта керування БК та регулювання інтенсивності поливу секції; датчики тиску ДТ, які відслідковують тиск у трубопроводі кожної секції; електромагнітні клапани ЕК, які вмонтовані в трубопровід кожної секції дощувальної машини та електрично з’єднані з їх контролерами К; дощувальні апарати ДА; перетворювачі частоти ЧР, які керують електродвигунами дощувальної машини та розміщені на центральному та опорних віках ЕП і призначені для забезпечення плавної зміни швидкості пересування машини та насосну станцію НС (рис. 1).

Рис. 1. Функціональна схема системи керування з автоматичним регулюванням інтенсивності поливу:

БК – блок керування; К – контролери; ДТ – датчики тиску; ЕК – електромагнітні клапани; ДА – дощувальні апарати; НС – насосна станція; ЕП – опори з електричним приводом; ПС – прилади синхронізації машини в лінію; ЧР – перетворювачі частоти електродвигунів на центральному та опорних візках.

Принцип роботи запропонованої автоматичної системи поливу полягає в тому, що в ручному режимі оператор вводить в операторну панель головного пульта керування БК два показники: блок-схему (таблицю) вологості ґрунту на полі та її поглинаючу здатність. При початку поливу (для виключення гідроударів у системах трубопроводів) та при його завершенні, максимальна (або мінімальна) швидкість дощувальної машини досягається через деякий час, тому насосна станція НС плавно регулює тиск в системі трубопроводів. Після початку руху головний пульт керування БК передає інформацію до контролерів К, які розташовані на кожній секції машини. Контролери К керують електромагнітними клапанами ЕК в залежності від показників тиску, визначених датчиками тиску ДТ. Коли машина перетинає чергову умовну лінію ділянок відбувається зміна інтенсивності поливу в усіх її секціях. Якщо одна із секцій машини не встигає (або встигає) видати необхідну поливну норму на умовну ділянку, тоді зменшується (або збільшується) її швидкість. При даній зміні водночас відбувається автокорекція інтенсивності поливу в усіх інших секціях машини. Плавну зміну швидкості пересування машини здійснюють перетворювачі частоти ЧР, які керують електродвигунами дощувальної машини та

розміщені на центральному та опорних віках ЕП. За дотримання прямолінійності руху дощувальної машини в лінію слідкують прилади синхронізації машини в лінію ПС. Перевагою даної системи є те, що кожна з секцій дощувальної машини завантажена на 100 %, тобто видає максимальну поливну норму за найменший проміжок часу в залежності від введених оператором даних.

Серед методів, які використовуються на сьогоднішній день для регулювання тиску НС, є наступні:

1. зміна характеристик мережі:
 - 2.1. дроселювання (за допомогою засувки);
 - 2.2. байпасування (перепускання рідини).
2. зміна характеристик насоса:
 - 2.1. зміна частоти обертання ротора двигуна насоса:
 - 2.1.1. двигуни з регульованою частотою обертання;
 - 2.1.2. постановка між колесом і двигуном варіатора частоти (гідравлічної або електромагнітної регулюючої муфти).
 - 2.2. поворот лопаток робочого колеса;
 - 2.3. саморегулювання;
 - 2.4. поворот лопаток вхідного направляючого апарата;
 - 2.5. зміна числа працюючих насосів.

Метод регулювання напору води за допомогою засувки (дроселя) на напірному патрубку насоса заснований на збільшенні опору лінії. Введення засувки у трубопровід призводить до збільшення гідродинамічного опору магістралі. Дросельне регулювання характеризується найбільшою споживаною енергією і найбільшими енергетичними втратами. Застосування даного методу регулювання є дуже простим з технічної точки зору, але не є економічним [6].

При байпасуванні (перепуску) рідину направляють з напірного трубопроводу в усмоктувальний. При цьому загальна подача насоса збільшується, а подача в мережі зменшується. Регулювання подачі перепуском є також простим, але найменш економічним. При цьому система ускладнюється, збільшується кількість арматури і габарити установки.

Регулювання подачі насоса шляхом зміни кута нахилу лопаток застосовують у великих осьових та діагональних установках. Кут повороту лопаток можна змінювати в межах від -10° до $+15^{\circ}$. Даний метод не являється економічним. Не є економічними такі методи, як використання поворотного вхідного направляючого апарата на підведенні насоса, який дозволяє регулювати подачу води у відносно вузьких межах (до 30 %), де регулювання здійснюється шляхом зміни кута закручення потоку води на вході в насос; метод саморегулювання, який здійснюється за рахунок використання ділянки характеристики Q-H насоса, що відповідає кавітаційному режиму. Саморегулювання призводить до швидкого зносу робочих коліс насоса і може викликати механічну вібрацію в системі.

Регулювання частоти обертання насоса (ротора) за допомогою частотних перетворювачів дозволяє регулювати подачу води в широких межах. При цьому ККД агрегату зменшується незначно. Даний метод є найбільш економічним підходом до керування насосною установкою і дозволяє забезпечити максимально можливе енергозбереження.

В НС переважно використовуються двигуни змінного струму (ДЗС), рідше - двигуни постійного струму (ДПС). Недоліки, переваги та методи регулювання частоти обертів ДПС та ДЗС наведено на рис. 2 та рис. 3.

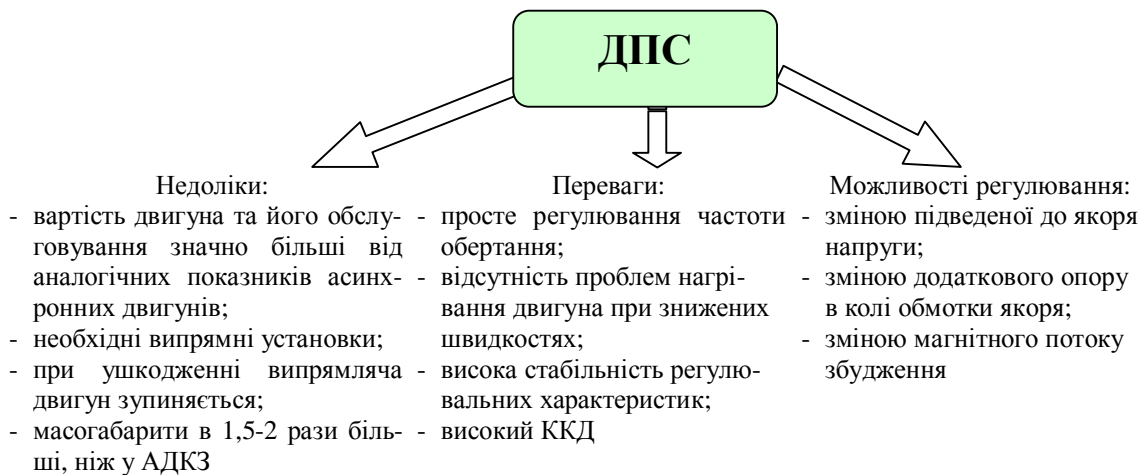
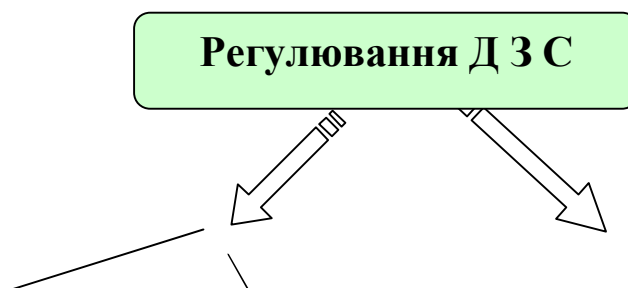


Рис. 2. Переваги та недоліки регулювання ДПС.

Використання перетворювачів частоти дозволяє повноцінно вирішувати завдання запобігання виникненню гідроударів шляхом здійснення адаптованого для даної системи трубопроводів плавного пуску і зупинки насосних агрегатів, забезпечити повний захист регульованого електродвигуна, реалізувати роботу насосного агрегата в енергозберігаючому режимі.

Найбільш точне і ефективно управління забезпечує режим векторного керування без датчика зворотного зв'язку за швидкістю. Перетворювач частоти на базі автономного інвертора на IGBT-модулях з широтно-імпульсною модуляцією і векторним алгоритмом керування асинхронного двигуна (АД) має переваги в порівнянні з іншими типами перетворювачів. Він характеризується високим значенням коефіцієнта потужності у всьому діапазоні зміни вихідної частоти [7].

На НС для перекачування води до дощувальних машин в середньому використовується 5-6 насосних агрегатів, які забезпечують роботу дощувальних машин на площі від 800 до 1200 га. Сумарна продуктивність НА залежить від сумарної продуктивності водночас працюючих ДМ фронтальної чи колової дії [8].



$$n_2 = 60f_1(1-S)/p$$

Зміною частоти струму (частотне регулювання)

Зміною числа пар полюсів

- механічних редукторів з регульованим числом передач
- асинхронних електромагнітних муфт ковзання;
- гідromуфт;
- індуктивних муфт;
- електромагнітних муфт з явно вираженими полюсами.

Рис. 3. Методи регулювання ДЗС.

Економічно доцільним для насосних станцій, на яких насосні агрегати працюють паралельно на загальну мережу є застосування одного перетворювача частоти, який працює з одним насосним агрегатом, а інші НА працюють з пристроями плавного пуску.

Блок-схема НС зображена на рис. 4. Насосна станція складається з шести насосних агрегатів та одного частотного перетворювача, який керує продуктивністю першого НА.

Після запуску насосної станції перший насосний агрегат починає плавно набирати оберти за допомогою перетворювача частоти. Якщо необхідного тиску в системі трубопроводів недостатньо для нормальної роботи дощувальних машин або установок (за цим слідкує датчик тиску), тоді ПЧ виводить перший насосний агрегат до номінальних обертів. В якості перетворювача частоти може бути використаний ПЧ фірми Danfoss VLT® марки AQUA Drive, який призначений для систем водоподачі. Далі вмикається та починає набирати оберти перший нерегульований насосний агрегат ННА, при цьому знижуються пропорційно оберти регульованого насосного агрегату РНА для недопущення в трубопроводах гідроудару. За плавним запуском ННА слідкують пристрої плавного пуску, які дозволяють динамічно розігнати НА, контролювати електричні параметри двигунів і захистити їх від перевантажень, при цьому скоротити знос механічних частин та понизити витрату енергоспоживання. Опціональна плата керує пристроями плавного пуску ННА. При досягненні номінальних обертів першого ННА, оберти регульованого НА є мінімальними, після чого останній знову починає набирати оберти в залежності від необхідності до номінальних і т.д.

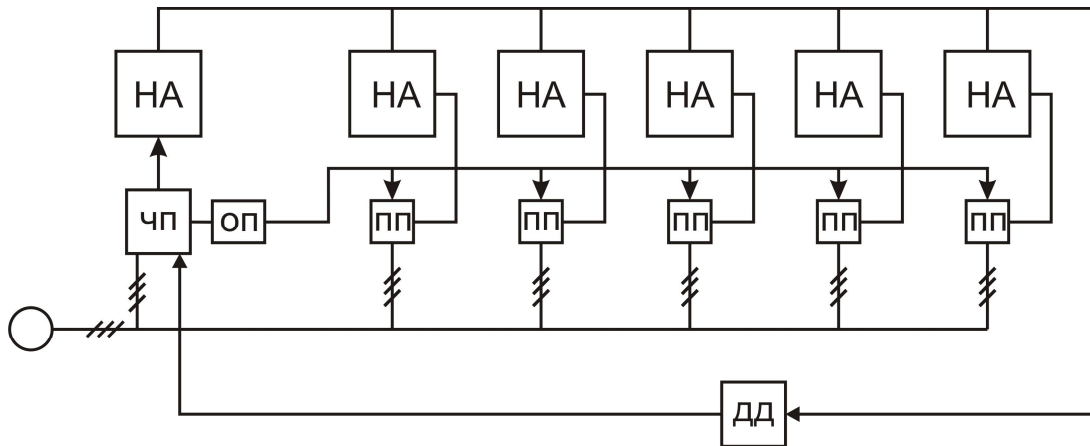


Рис. 4. Блок-схема насосної станції:

НА – насосний агрегат; ПП – пристрій плавного пуску; ЧП – перетворювач частоти; ОП – опціональна плата; ДД – датчик тиску.

На діаграмі (рис. 5) зображено діапазони регулювання продуктивністю шести насосних агрегатів НС.

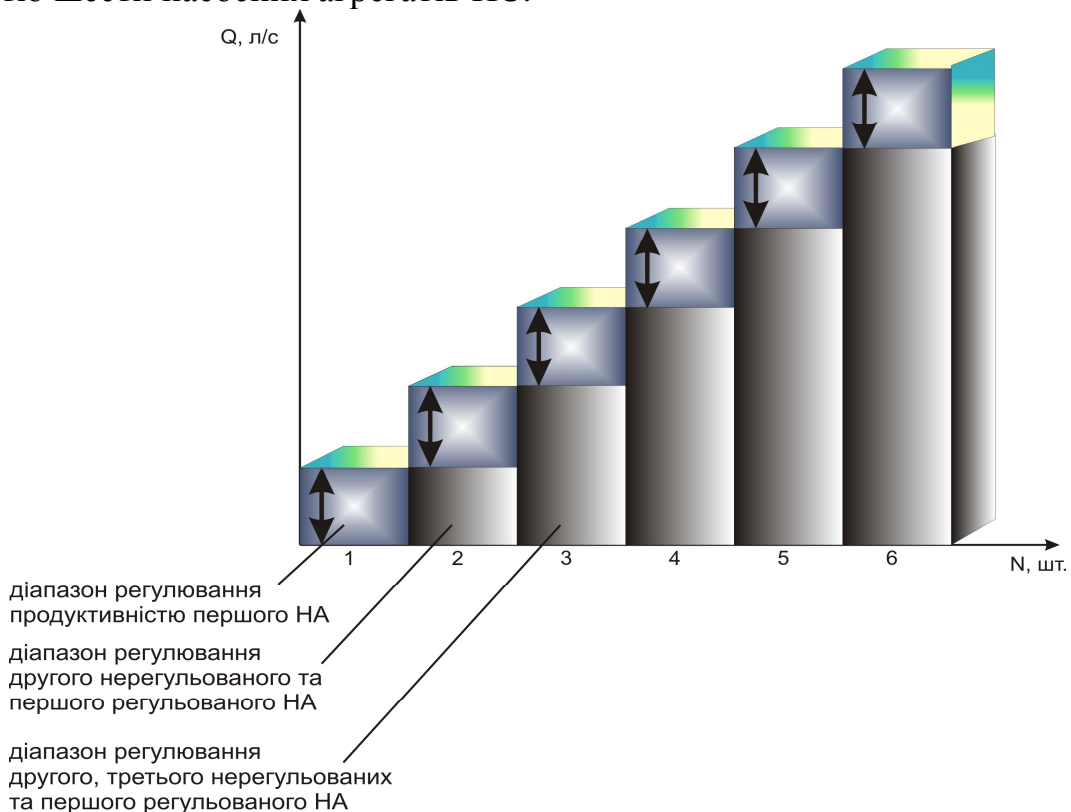


Рис. 5. Діапазони регулювання продуктивністю насосних агрегатів НС.

У випадку, коли необхідно понизити тиск в системі трубопроводів, а ННА підключенні до загальної мережі та регулювання РНА недостатньо для досягнення необхідного тиску, тоді здійснюється зниження обертів РНА до мінімальних, вимикається один із ННА і пропорційно до обертів останнього збільшуються оберти РНА і т.д.

При наведеному вище алгоритмі керування насосною станцією здійснюється плавне регулювання її продуктивністю, раціональне використання енергетичних та водних ресурсів господарства, відсутність в системі трубопроводів гідроударів в усьому діапазоні регулювання продуктивністю НС.

Висновки. Використання даної автоматичної системи на базі широкозахватних дощувальних машин фронтальної дії дає можливість регулювати інтенсивність поливу кожною секцією машини без утворення поверхневих стоків та калюж; використання одного перетворювача частоти та пристроїв плавного пуску, якими оснащено насосну станцію, дає можливість при вмиканні двигунів зменшувати пускові струми та їх навантаження в процесі роботи, що безпосередньо впливає на надійність та термін їх експлуатації, знизити матеріальні затрати на електроенергію; з'являється можливість підтримання необхідного тиску в закритій зрошувальній системі та його регулювання в залежності від кількості працюючих водночас дощувальних машин; перетворювачі частоти, якими оснащено електродвигуни опорних візків дають можливість подовжити термін експлуатації цих електродвигунів та плавно регулювати швидкість пересування дощувальної машини, уникаючи старт-стопового режиму та досягати максимальної продуктивності при повному зволоженні ґрунту без утворення водної ерозії.

Література

1. Яснецький В., Клименко В. Проблеми і основні напрямки енергозбереження в сільському господарстві / В. Яснецький, В. Клименко // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки та технологій для сільського господарства України. – 2006. – В. 9(23) кн. 2. – С. 12-17.
2. Протокол випробувань. Дощувальна машина «Monostar BMS-100» фірми «Bauer» (Австрія). – Пів.-Укр. філія УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. – 2006. – № 83/(200-10/3).
3. Протокол випробувань. Дощувальна машина “Quadrostar QS-100” фірми «Bauer» (Австрія). – Пів.-Укр. філія УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. – 2008. – № 811/(260-03-08).
4. Протокол випробувань. Дощувальна машина «Centerliner 168 CLS» фірми «Bauer» (Австрія). – Пів.-Укр. філія УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. – 2007. – № 571/(140-10/3).
5. Протокол випробувань. Дощувальна машина «Zimmatic 800M» фірми «Lindsay Manufacturing Co» (США). – Пів.-Укр. філія УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. – 2009. – № 1142/(63-03-09).
6. Родин Я.Н., Сидорин А.Е. Каскадно-частотное управление асинхронными двигателями на насосных станциях / Я.Н. Родин, А.Е.

Сидорин // Электротехнические комплексы и системы управления. – 2006. – №2. – С. 21-28.

7. Лезнов Б.С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных установках / Б.С. Лезнов. – М.: ИК “Ягорба” – “Биоинформ-сервис”, – 1996.

8. Концепція розвитку поливної техніки в Україні / [Гринь Ю.І., Леявська Л.Б., Пашкевич О.І. та ін.]. – К.: 2004. – 19 с.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПОЛИВА С РЕГУЛИРОВАНИЕМ РАСХОДА ВОДЫ И СКОРОСТИ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ

Козырский В.В., Михальский В.М., Скрыгин О.О.

Аннотация

Проведен анализ качества работы, производительности и эксплуатационных показателей дождевальной техники мировых производителей. Предложена функциональная схема автоматической системы полива с использованием широкозахватной дождевальной машины как один из путей усовершенствования системы управления дождевальным комплексом.

AUTOMATIC WATERING SYSTEM WITH REGULATION OF WATER FLOW AND SPRINKLER SPEED OF MOVEMENT

V. Kozyrskij, V. Mikhalskij, O. Skrygin

Summary

The analysis of the quality of work, productivity and operational parameters of sprinklers of foreign manufacture. Presented a functional diagram of an automatic watering system wide working sprinkler machines as one way of improving governance sprinkler complex.

УДК 621.315

ПУТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ И ПРЕОБРАЗОВАНИИ ЭНЕРГИИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Овчаров В.В., д.т.н.,

Овчаров С.В., к.т.н.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619) 42-32-63

Аннотация – проанализированы возможные пути снижения потерь энергии при ее передаче и преобразовании в условиях агропромышленного комплекса.

Ключевые слова – активная мощность электрической энергии, потери активной мощности, сила электрического тока, напряжение сети, тепловая энергия, возобновляемые источники энергии.

Постановка проблемы. При передаче и преобразовании электрической и тепловой энергии наблюдаются значительные ее потери.

Анализ последних исследований. Исследованию потерь энергии посвящены ряд работ [1–3]. Однако отсутствуют комплексные исследования.

Цель статьи. Поэтому целью статьи является обобщение возможных путей снижения потерь электрической и тепловой энергии.

Основная часть. Агропромышленный комплекс потребляет электрическую энергию для производственных и бытовых целей. Электрическая энергия преобразуется в механическую с помощью электродвигателей и тепловую с помощью электронагревательных устройств.

Неразрешенной остается проблема снижения потерь активной мощности при передаче электрической энергии с помощью линий электропередачи (особенно на напряжении 380 вольт). Суть проблемы состоит в том, что сегодня от 15 до 25% передаваемой энергии потребителям теряется в линии электропередачи (ЛЭП). Одной из причин существования проблемы является большая протяженность линий электропередачи и невысокая их пропускная способность.

Проанализируем возможные пути снижения потерь активной энергии в линиях электропередачи.

Для этого запишем выражения потерь активной энергии, активного сопротивления проводов, силы электрического тока:

$$\Delta w_a = rI^2t, \quad (1)$$

$$r = \rho \frac{l}{S}, \quad (2)$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}U \cos \varphi}, \quad (3)$$

где Δw_a – потери активной энергии в проводе ЛЭП, Дж;

r – активное сопротивление провода ЛЭП, Ом;

I – сила электрического тока, протекающего по линии, А;

t – время протекания заданного тока, с;
 ρ – удельное сопротивление материала провода линии, (Ом·мм²)/м;
 l – длина линии, м;
 S – площадь поперечного сечения провода линии, мм²;
 P – активная мощность, потребляемая нагрузкой, Вт;
 U – линейное напряжение, В;
 $\cos\varphi$ – коэффициент мощности нагрузки.

Из анализа выражений (1) – (3) вытекают следующие пути снижения потерь активной энергии в линии электропередачи:

- 1) увеличение сечения проводов линии электропередачи (ограничивается экономическими затратами на приобретение проводов, на усиление опор и изоляционной конструкции);
- 2) повышение коэффициента мощности на зажимах потребителей, уменьшающее величину реактивной составляющей силы электрического тока;
- 3) путем выравнивания нагрузки в течение суток;
- 4) путем повышения напряжения.

Остается нерешенной и проблема снижения потерь активной энергии в системе «электродвигатель – рабочая машина». Суть проблемы состоит в том, что от 30 до 50% энергии, расходуемой на выполнение полезной работы, теряется как в приводном электродвигателе, так и в рабочей машине. Причиной существования проблемы является низкий коэффициент полезного действия и электродвигателя, и рабочих машин.

Проанализируем возможные пути снижения потерь активной мощности в системе «электродвигатель – рабочая машина». Для этого представим графически механические характеристики асинхронного электродвигателя (кривая 1) и рабочей машины (кривая 2) при номинальной загрузке (рис.1).

Из рис. 1 видно, что активная мощность, потребляемая рабочей машиной от вала электродвигателя равна произведению номинального момента M_n на номинальную угловую скорость ω_n , то есть

$$P_c = M_n \cdot \omega_n. \quad (4)$$

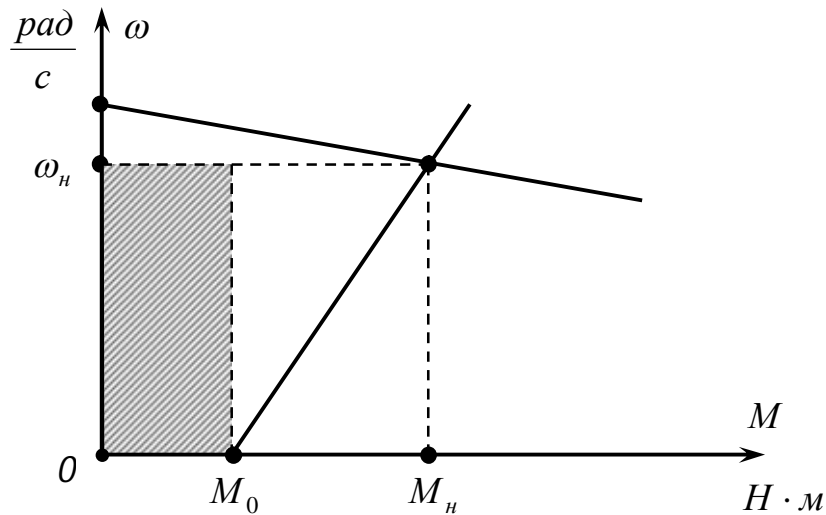


Рис. 1.

Часть этой мощности расходуется на трение в движущихся частях рабочей машины и равна произведению минимального момента M_0 на номинальную угловую скорость ω_n , то есть

$$P_0 = M_0 \cdot \omega_n. \quad (5)$$

Полезная мощность, расходуемая на выполнение работы по переработке (выработке) продукции, равна разности указанных мощностей, то есть

$$P = P_c - P_0. \quad (6)$$

Рассмотрим это на примере работы вентилятора. Активная мощность, потребляемая вентилятором, описывается следующим выражением

$$P_c = \frac{QH}{\eta}, \quad (7)$$

где Q – производительность вентилятора, m^3/c ;

H – давление, Па;

η – коэффициент полезного действия вентилятора.

Полезная мощность, расходуемая на подачу воздуха

$$P = QH. \quad (8)$$

Мощность потерь на трение в вентиляторе

$$P_0 = \frac{QH}{\eta} - QH. \quad (9)$$

В другом виде эта мощность запишется следующим образом

$$P_0 = P \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right). \quad (10)$$

Коэффициент загрузки рабочей машины представляет собой отношение фактической ее производительности Q к номинальной Q_n , то есть

$$\kappa_{зм} = \frac{Q}{Q_n}, \quad (11)$$

откуда

$$Q = \kappa_{зм} \cdot Q_n \quad (12)$$

Потери активной мощности в электродвигателе

$$\Delta P_\delta = \frac{P_2}{\eta_\delta} - P_2, \quad (13)$$

где P_2 – активная мощность на валу электродвигателя, Вт;

η_δ – коэффициент полезного действия электродвигателя при заданной нагрузке.

Мощность на валу электродвигателя равна мощности, потребляемой рабочей машиной

$$P_2 = P_c. \quad (14)$$

Коэффициент загрузки электродвигателя представляет собой отношение активной мощности на валу электродвигателя P_2 к ее номинальному значению $P_{2н}$, то есть

$$\kappa_3 = \frac{P_2}{P_{2н}}. \quad (15)$$

Суммарный поток активной мощности в системе «электродвигатель – рабочая машина» равна

$$\Delta P = \Delta P_\delta + P_0. \quad (16)$$

Введем понятие коэффициента потерь в системе «электродвигатель – рабочая машина», под которым понимается отношение потерь активной мощности к величине полезной мощности, то есть

$$\kappa_n = \frac{\Delta P}{P}. \quad (17)$$

Из анализа выражений (4) – (17) вытекают следующие пути снижения потерь активной мощности в системе «электродвигатель – рабочая машина»:

- 1) снижение удельной полезной мощности рабочей машины на единицу производительности;
- 2) снижение механических сил трения в рабочей машине;
- 3) снижение удельных потерь в асинхронном электродвигателе на единицу активной мощности на его валу путем оптимизации его загрузки и регулирования питающего напряжения.

Источником тепловой энергии в агропромышленном комплексе как для производственных целей, так и для бытовых является твердое, жидкое и газообразное топлива, которое в источниках тепловой энергии (водогрейных котлах централизованного теплоснабжения, бытовых и офисных котлах, бытовых печах) преобразуется в соответствующие теплоносители.

Такие преобразования тепловой энергии сопровождаются большими ее потерями.

Возможны следующие пути снижения потерь тепловой энергии:

- 1) перевод централизованного теплоснабжения на индивидуальное;
- 2) повышение коэффициента полезного действия преобразователей тепла;
- 3) комбинированное использование разных видов тепловой энергии;
- 4) использование для отопления и горячего водоснабжения жилых зданий и фермерских хозяйств устройств малой ветроэнергетики (мощностью от 1 до 5 кВт в зависимости от скорости ветра);
- 5) использование в летнее время солнечной энергии;
- 6) использование в ночное время электрической энергии и ее аккумуляция.

Выводы. Таким образом, пути снижения потерь электрической и тепловой энергии требуют дальнейших научных исследований с целью оптимизации как режимов передачи, так и преобразования энергии.

Литература

1. *Овчаров С.В.* Исследование потерь активной мощности и расхода ресурса изоляции силового трансформатора в квазиустановившемся режиме. / *С.В. Овчаров* // Вестник национального технического университета «ХПИ». – Харьков:, НТУ ХПИ. – 2009. – 6 с.

2. Исследование потерь активной мощности в асинхронном электродвигателе в функции скольжения. / [*В.В. Овчаров, С.В. Овчаров,*

Р.В. Телюта, О.В. Юдина] // Вестник национального технического университета «ХПИ». – Харьков: НТУ ХПИ. – 2009. – 8 с.

3. *Овчаров С.В.* Исследование потерь в асинхронном электродвигателе. / *С.В. Овчаров, Р.В. Телюта.* // Вісник Харківського національного технологічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». – Харків: Вип. 86. – 2009. – 5 с.

ШЛЯХИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ПЕРЕДАЧІ ТА ПЕРЕТВОРЕННІ ЕНЕРГІЇ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ

Овчаров В.В., Овчаров С.В.

Анотація

Проаналізовані можливі шляхи зниження втрат енергії при її передачі та перетворенні в умовах агропромислового комплексу.

THE WAYS OF ENERGY SAVING UNDER ITS TRANSMISSION AND CONVERSION IN AGRICULTURE

V. Ovcharov, S. Ovcharov

Summary

The possible ways to reduce energy losses during transmission and transformation in agriculture complex have been analyzed.

УДК631.371:621.365

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ РАСЧЕТ ИНДУКЦИОННЫХ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЕЙ ЭМИН НА БАЗЕ СТАТОРОВ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Назарьян Г.Н., к.т.н.,

Назарьян М.Г., инженер.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619)42-31-59

Аннотация – работа посвящена обоснованию целенаправленной методики электромагнитного расчета водонагревателей ЭМИН, обеспечивающей длительную их работу по условиям нагрева в режиме установившегося тока короткого замыкания с высокими энергетическими показателями (КПД, $\cos\varphi$)

Ключевые слова – конструктивное исполнение, особенности расчета, исходные данные, электромагнитные нагрузки, ток к.з., индуктор, нагреватель, магнитная индукция, параметры.

Постановка проблемы. ЭМИН относятся к новым индукционным водонагревателям промышленной частоты, получившим применение для горячего водоснабжения животноводческих ферм и комплексов, а также для отопления жилых, административных и производственных зданий и сооружений АПК.

Конструктивные схемы устройства ЭМИН представлены на рис. 1. Основными элементами конструкции ЭМИН являются: индуктор (2), представляющий собой статор базового асинхронного двигателя (АД) с трехфазной обмоткой (3) и нагреватель (4) в виде толстостенной трубы из ферромагнитного материала, закрепленной в расточке магнитопровода индуктора (2).

Принцип действия ЭМИН. При подключении обмотки индуктора в сеть переменного тока образуется вращающееся магнитное поле, как это имеет место в АД. Поле при вращении пересекает неподвижный нагреватель-трубу и индуцирует в стенках трубы ЭДС и вихревые токи, а также осуществляет вращательное перемагничивание материала, из которого выполнен ферромагнитный нагреватель. Возникающие при этом электрические и магнитные потери обуславливают интенсивный нагрев трубы и протекающей по ней воды и другой текучей жидкости.

Согласно принципа действия, водонагреватели ЭМИН при включении в сеть работают, по аналогии с АД с заторможенным ротором, в режиме короткого замыкания (к.з.). Если при этом в качестве обмотки индуктора используется обмотка статора базового АД, то при номинальном напряжении питающей сети ток к.з. обычно равен $I_k = 2...3 I_{ном}$, что недопустимо по условиям нагрева обмотки. Поэтому возникает необходимость принятия мер с целью снижения тока I_k в обмотке индуктора и обеспечения в установившемся режиме работы условия

$$I_k \leq [I_k]_{доп} = I_{In}, \quad (1)$$

где I_{In} – номинальный ток ЭМИН равный току базового АД (табл. 1).

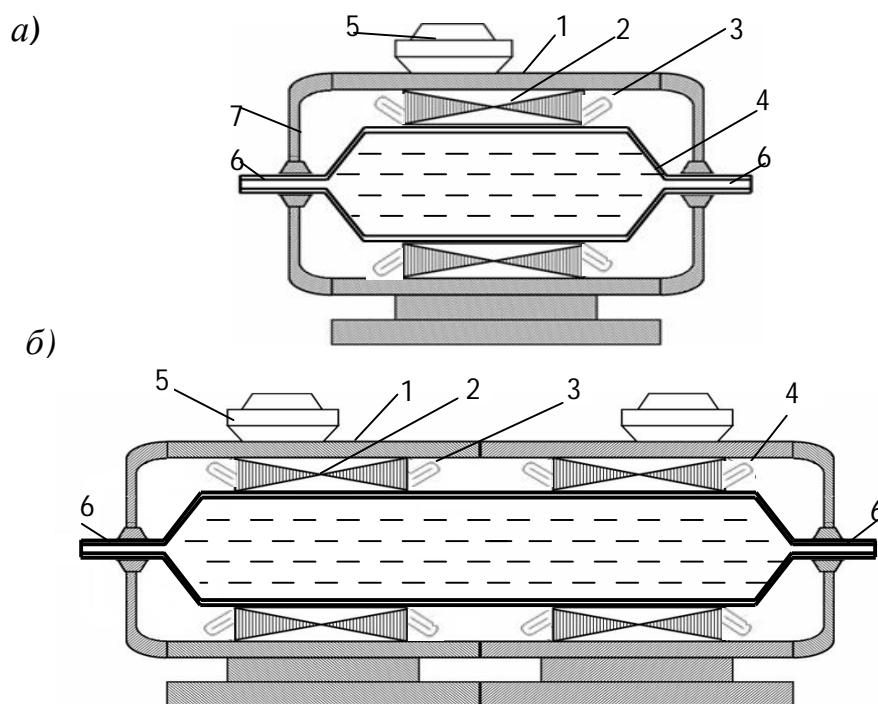


Рис. 1. Конструктивная схема устройства односекционного (а) и двухсекционного (б) ЭМИН:

1 – корпус; 2 – магнитопровод индуктора; 3 – обмотка индуктора; 4 – нагреватель-труба; 5 – клемная коробка; 6 – входной и выходной патрубки.

На практике это достигается двумя путями:

1) применением схемных решений при включении обмоток индукторов ЭМИН на пониженное питающее напряжение с использова-

нием обмоток статоров базовых АД. Подробно этот вопрос рассмотрен в [2];

2) в результате целенаправленного электромагнитного расчета ЭМИН с заменой обмоток статора базовых АД и обеспечения длительной и надежной работы ЭМИН при номинальном напряжении и высоких энергетических показателях (КПД, $\cos\phi$).

Таким образом, не вызывает сомнения актуальность и практическая полезность разработки инженерной методики целенаправленного инженерного расчета ЭМИН, выполняемых на базе статоров АД, в том числе и в условиях хозяйства.

Анализ последних исследований. Основы теории и энергетика ЭМИН, а также обоснование оптимальных параметров ЭМИН подробно рассмотрены в [1]. В работе [2] приводятся схемы включения ЭМИН в сеть и рекомендации по их изготовлению, а также пример расчета обмотки индуктора ЭМИН.

Формулировка целей статьи. Основной целью является обоснование сравнительно простой инженерной методики электромагнитного расчета ЭМИН, обеспечивающей надежную и эффективную их работу в реальных условиях эксплуатации.

Основная часть.

1. Расчет полезной мощности ЭМИН.

Для ЭМИН различного назначения необходимы следующие исходные технологические условия: Q – производительность, л/ч; m – масса нагреваемой воды, кг; $\theta_1; \theta_2$ – начальная и конечная температура воды, $^{\circ}\text{C}$; $C_m = 4,19$ кДж/(кг $^{\circ}\text{C}$) – удельная теплоемкость воды; t – продолжительность нагрева воды, ч.

Для ЭМИН проточного действия, кВт

$$P_2 = \frac{Q \cdot C_m (\theta_2 - \theta_1)}{3600}. \quad (2)$$

Для ЭМИН периодического действия с аккумулирующей емкостью

$$P_2 = \frac{m \cdot C_m (\theta_2 - \theta_1)}{t}. \quad (3)$$

Для отопительной установки

$$P_2 = q_{om} \cdot V (\theta_B - \theta_H) \cdot 10^3, \quad (4)$$

где q_{om} – удельная тепловая характеристика зданий и сооружений, Вт/(м $^3 \cdot ^{\circ}\text{C}$), приводится в [5];

V – об'єм здания по наружному обмеру, м³;

θ_B – середня расчетная температура внутри основных помещений здания, °С;

θ_H – расчетная зимняя температура наружного воздуха, °С. Для юга Украины принимается $\theta_H = -25^{\circ}\text{C}$.

Электромагнитный КПД ЭМИН

$$\eta_{\varepsilon} = \frac{P_{\varepsilon M}}{P_1}, \quad (5)$$

где $P_{\varepsilon M}$ – электромагнитная мощность, передаваемая от обмотки электромагнитным путем в нагреватель;

P_1 – мощность, потребляемая из сети.

Тепловой КПД

$$\eta_T = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P_T} = \frac{P_2}{P_{\varepsilon M}}. \quad (6)$$

КПД ЭМИН с учетом тепловой сети

$$\eta_B = \eta_{\varepsilon} \cdot \eta_T \cdot \eta_{TC}, \quad (7)$$

где η_{TC} – КПД тепловой сети.

Таким образом, потребляемая мощность из сети будет определяться

$$P_1 = P_2 / \eta_B. \quad (8)$$

Уравнения для расчета КПД и cosφ приводятся в [2]. В практических расчетах можно принять

$$\eta_{\varepsilon} = 0,95 \dots 0,97; \eta_B = 0,96 \dots 0,98; \eta_{TC} = 0,9 \dots 0,94. \quad (9)$$

2. Выбор конструктивного исполнения ЭМИН.

Выбор конструкции ЭМИН определяется суммарной величиной полезной тепловой мощности P_{ε} , определенной по уравнениям (2), (3) и (4), и реальном наличии АД, которые могут быть использованы в качестве базовых для изготовления. При этом рекомендуется при $D_2 > 30$ кВт использовать многосекционное исполнение ЭМИН с общим нагревателем (рис. 1, б). Это позволяет практически изготовить ЭМИН любой мощности и производительности. В случае многосек-

ционной конструкции водонагревателя, следует использовать четное число секций с попарным включением в сеть индукторов с встречным направлением вращающегося поля. Это необходимо для взаимной компенсации электромагнитных моментов, создаваемых каждой секцией и действующих на общий нагреватель-трубу. При этом в ЭМИН не возникают механические усилия и напряжения в нагревателе, опорных элементах конструкции и фундаменте.

3. Электромагнитный расчет обмотки индуктора.

Исходные данные базового АД.

Таблица 1 – Номинальные данные АД

Типо-размер	$P_{нв}$ кВт	$U_{I_{нв}}$ В	Схема включения обмотки	$n_{нв}$ об/мин	$I_{I_{нв}}$ А	$2p$	η , %	$\cos\varphi_H$

Таблица 2 – Геометрические размеры (рис. 2)

H , мм	D_a , мм	D_l , мм	l_l , мм	δ , мм	Z_1	Размеры паза, мм				
						b_1	b_2	h	e	t

Таблица 3 – Данные обмоток и статора

W_1	Шаг, у	u_n	$n_{эл}$	a	d_z , мм	$d_{из}$, мм	$k_{об1}$	$l_{ср}$, мм	$R_1(20^0)$, Ом	G_m , кГ

4. Ограничения электромагнитных нагрузок

Вводятся с целью обеспечения условия (1) в режиме установившегося короткого замыкания при номинальном питающем напряжении, который является номинальным эксплуатационным режимом работы ЭМИН, а также ограничения степени насыщения магнитной цепи ЭМИН на участке ферромагнитного нагревателя.

Принимаются следующие ограничения электромагнитных нагрузок при расчетах ЭМИН.

Магнитная индукция в зазоре на стыке между стенкой нагревателя и поверхностью расточки нагревателя должна быть в пределах

$$B_{\delta} \leq [B_{\delta}]_{дон} = 0,4 \dots 0,5 \text{ Тл.} \quad (10)$$

Магнитная индукция в расчетном активном слое нагревателя Δ , равном глубине проникновения электромагнитной волны в пассивном нагревателе, должна быть в пределах

$$B_{\Delta} \leq [B_{\Delta}]_{\text{дон}} = 1,6 \dots 2,0 \text{ Тл.} \quad (11)$$

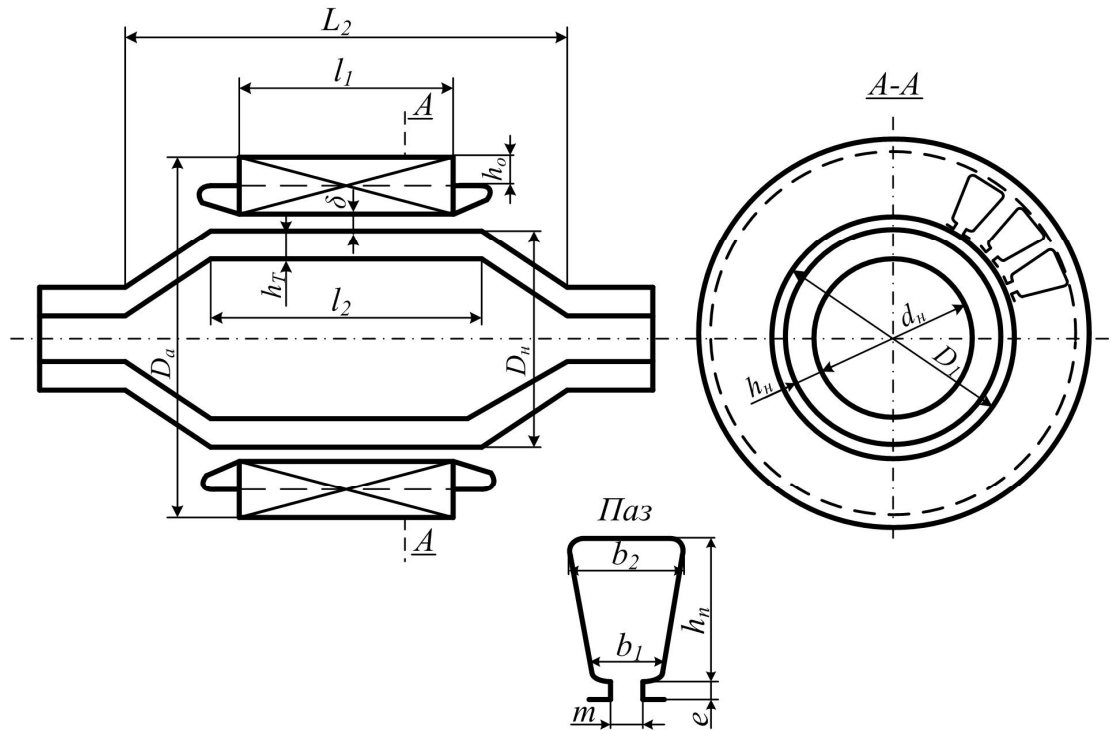


Рис. 2. Расчетная электромагнитная схема ЭМИН.

Линейная нагрузка

$$A \leq [A]_{\text{дон}} = 350 \dots 460 \text{ А / см.} \quad (12)$$

Плотность тока в обмотке индуктора:

– для изоляции класса В для базовых АД с $H \leq 130 \text{ мм}$

$$J_B \leq [J_B]_{\text{дон}} = 6,5 \dots 7,5 \text{ А / мм}^2. \quad (13)$$

– для изоляции класса F для базовых АД с $H \geq 160 \text{ мм}$

$$J_F \leq [J_F]_{\text{дон}} = 8 \dots 9 \text{ А / мм}^2. \quad (14)$$

Коэффициент заполнения паза индуктора медью должен находиться в пределах

$$K_{3M} \leq [K_{3M}]_{\text{дон}} = 0,4 \dots 0,5. \quad (15)$$

Приведенные условия и ограничения (10) ... (15) по существу являются лимитерами электромагнитного расчета ЭМИН, обеспечивающими получение оптимальных параметров ЭМИН и высокие энергетические показатели при номинальном напряжении и токе индуктора в соответствии с условием (1) $I_k \leq I_{\text{ном}}$.

5. Расчет числа витков обмотки индуктора. Магнитный поток ЭМИН

$$\Phi = 2 / \pi \cdot \tau \cdot l_1 \cdot B_\delta. \quad (16)$$

При этом

$$\tau = \frac{\pi D_1}{2p}, \quad (17)$$

где D_1 – диаметр расточки индуктора.

В соответствии с (10) принимаем $B_\delta = 0,45$ Тл.

Магнитный поток Φ определяется по (16) с учетом (17) и индукции B_δ , правильность выбора величины которой проверяется по величине расчетной индукции в активном слое нагревателя B_Δ , которая согласно ограничения (11) не должна превышать значение 2 Тл, и определяется по уравнению

$$B_\Delta = \frac{\Phi}{2\Delta \cdot l_1 \cdot K_L}, \quad (18)$$

где K_L – коэффициент активной длины нагревателя равный $K_L = L_2 / l_2$, обычно $K_L = 1,5 \dots 1,7$.

Δ – эквивалентная глубина проникновения электромагнитной волны на поверхности нагревателя.

При этом

$$\Delta = \sqrt{\frac{\rho_{c115^\circ}}{\pi \cdot f_1 \cdot \mu_0 \cdot \mu_e}}, \quad (19)$$

где μ_e – относительная магнитная проницаемость стали нагревателя;
 ρ_{c115° – удельное сопротивление стали нагревателя при расчетной температуре 115°C ;
 $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн / м}$ – магнитная проницаемость вакуума.
 Данные расчета по (19) для трубных сталей *ст10* и *ст20* и частоте $f_1 = 50$ Гц приведены в табл. 4.

Таблица 4

$B_\Delta, \text{ Тл}$	1,75	1,8	1,85	1,9	1,95	2,0
μ_e	74	64	58	48	38	32
$\Delta, \text{ мм}$	4,5	4,9	5,2	5,6	6,3	7,0

Число витков фазы обмотки индуктора

$$W_1 = \frac{K_e \cdot U_{1н}}{4,44 \cdot f_1 \cdot K_{об1} \cdot \Phi}, \quad (20)$$

где K_e – коэффициент ЭДС;
 $K_{об1}$ – обмоточный коэффициент.
 При этом, согласно [3]

$$K_e = 0,98 - 0,005 p$$

Величина $K_{об1}$ зависит от типа обмотки. Обычно при пересчете и замене обмотки индуктора тип обмотки выбирается таким же как и у базового статора АД, обмоточный коэффициент, который приводится в табл. 3. Как правило, коэффициент $K_{об1}$ находится в пределах $K_{об1} = 0,92 \dots 0,96$.

Количество витков обмотки, определенное по (20) округляется до целого числа.

6. Выбор марки и сечения обмоточного провода.

С учетом температурного режима работы ЭМИН рекомендуется использовать обмоточный провод марки ПЭТ-155, ПЭТ-155А, ПЭТ-155Г и др. класса нагревостойкости изоляции F с длительно допустимой температурой 155°C .

Сечение эффективного голого провода

$$q_{эф} = \frac{I_{1н}}{a \cdot j_F}; \quad (21)$$

где j_F – плотность тока, принимается по (15).

При этом значение j_F выбирается таким образом, чтобы величина $q_{эф}$ ЭМИН была меньше $q_{эф}$ обмотки базового АД в 1,7 раза. Это способствует уменьшению диаметра обмоточного провода ЭМИН в 1,3 раза. Полученное значение $q_{эф}$ принимается равным стандартной величине, например, по табл. П-28 [3] и определяются номинальный диаметр неизолированного провода d_2 и средний диаметр изолированного провода $d_{из}$.

Фактическая плотность тока определяется по значению $q'_{эф}$

$$j_F = \frac{I_{In}}{a \cdot q'_{эф}}. \quad (22)$$

Коэффициент заполнения паза индуктора медью

$$K_{3M} = \frac{d_2^2 \cdot u_n \cdot n_{эл}}{S_n}, \quad (23)$$

где $u_n; n_{эл}$ – число проводников в пазу и число элементарных проводников, приводится в исходных данных в табл. 3;

S_n – площадь паза, мм².

Для паза трапецеидальной формы с учетом с учетом размеров паза базового АД, приведенных в табл. 2, значение S_n можно определить по соотношению

$$S_n = \frac{b_1 + b_2}{2} \cdot h \quad (24)$$

Для реального обеспечения величины коэффициента K_{3M} в допустимых пределах (15) рекомендуется при изготовлении обмотки ЭМИН использовать в качестве пазовой изоляции тонкую стеклоткань и обмоточный провод с двойной эмалевой или лучше самоклеющейся изоляцией.

Масса медного обмоточного провода определяется по уравнению

$$G_M = 3\gamma \cdot l_{cp} \cdot W_l \cdot q_{эф} \cdot n_{эл} \cdot a \cdot 10^{-6}, \quad (25)$$

где $\gamma = 8900$ кг/м³ – плотность меди;

l_{cp} – средняя длина обмотки индуктора, м. Принимается равной $l_{нд}$ базового АД, приведенной в табл. 3.

7. Расчет параметров и тока индуктора.

Такой расчет проводится с целью проверки выполнимости условия, что расчетный ток обмотки индуктора не превышает номинального значения $I_k \leq I_{IH}$. Активное сопротивление фазы обмотки индуктора

$$R_1 = \rho_{m115^0} \frac{l_{cp} \cdot W_1}{q_{эф} \cdot a \cdot n_{эл}}, \quad (26)$$

где ρ_{m115^0} – удельное сопротивление меди при расчетной температуре.

принимается $\rho_{m115^0} = 2,43 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

При этом

$$\rho_{m115^0} = \rho_{m20^0} \frac{235 + 115}{235 + 20}. \quad (27)$$

Индуктивное сопротивление фазы обмотки

$$x_1 = \frac{4\pi \cdot \mu_0 \cdot W_1^2 \cdot l_1}{p \cdot q} \Sigma\lambda, \quad (28)$$

где q – число пазов на полюс и фазу;

$\Sigma\lambda$ – суммарный коэффициент магнитной проводимости. Обычно $\Sigma\lambda = 3,3 \dots 3,8$ [2].

При этом

$$q_1 = z_1 / 2pt, \quad (29)$$

где z_1 – число зубцов индуктора, приводится в исходных данных в табл. 2.

Приведенное значение активного сопротивления контура нагревателя [2]

$$R_2' = \frac{4m \cdot K_{об1} \cdot W_1^2 \cdot l_1 \cdot \rho_{c115^0} \cdot a_R \cdot K_R}{\pi D_1 \cdot \Delta}, \quad (30)$$

где ρ_{c115^0} – удельное сопротивление стали, $\rho_{c115^0} = 2,8 \cdot 10^{-8}$ Ом·м – для стали *ст20*;

$a_R = 1,4$ – коэффициент изменения активного сопротивления в массивной стали [4];

K_R – коэффициент краевого эффекта, учитывающий увеличение эквивалентного сопротивления в следствии эффекта вытеснения тока в торцевой части массивного ферромагнитного нагревателя конечной длины.

При этом

$$K_R = 1 + \frac{2}{\pi} \cdot \frac{\tau}{l_2} = 1 + \frac{2}{\pi} \cdot \frac{\tau}{K_L \cdot l_1}. \quad (31)$$

Приведенное индуктивное сопротивление контура нагревателя в соответствии с [2] принимается равным

$$X'_2 = 0,6R'_2; \quad (32)$$

Активное и индуктивное сопротивление к.з. ЭМИН определяются суммой

$$R_\kappa = R_l + C_l R'_2; \quad X_\kappa = X_l + C_l X'_2 \quad (33)$$

и полное сопротивление к.з.

$$Z_\kappa = \sqrt{R_\kappa^2 + X_\kappa^2}, \quad (34)$$

где C_l – поправочный коэффициент равный 1,02... 1,06.

В практических расчетах принимается $C_l = 1,04$.

Ток установившегося короткого замыкания, являющегося номинальным эксплуатационным режимом работы ЭМИН, определяется

$$I_\kappa = \frac{U_{1нф}}{Z_\kappa} \quad (35)$$

где $U_{1нф}$ – номинальное фазное напряжение ЭМИН.

Если полученное значение тока I_κ не обеспечивает выполнение условия (1) $I_\kappa \leq I_{1н}$, то необходимо внести коррективы в расчетное определение числа витков и параметров, главным образом за счет соответствующего изменения магнитной индукции B_δ по (10) и величины $q_{эф}$ по (21), определяющего сопротивление R_l по (26). Существенным также является выбор геометрических размеров нагревателя ($L_1; l_2$ и особенно толщины стенки, которая должна быть $h_m \geq 8...12$ мм), а так-

же физические свойства ферромагнитного нагревателя ($\rho_{ст}, \mu_e$) оказывают существенное влияние на величину эквивалентных приведенных сопротивлений вторичного в электромагнитном отношении контура нагревателя $R'_2; X'_2$ и Z'_2 . Оптимальные значения относительных параметров нагревателя, обеспечивающие максимальные энергетические показатели (КПД и $\cos\varphi_1$) рассматриваются и приводятся в [1].

Важно также отметить, что увеличение числа витков обмотки индуктора ЭМИН в сравнении с обмоткой базового АД в среднем в 1,3 раза обуславливает увеличение коэффициента мощности $\cos\varphi_1$ электроводонагревателя. Это обстоятельство является весьма существенным для установок индукционного нагрева промышленной частоты. В монографии Л. Мадьяра [6] отмечается, что увеличение числа витков АД при ремонте на 10% уменьшает потребление реактивной мощности на 20%.

Выводы

1. В работе обоснована инженерная методика электромагнитного расчета и конструирования индукционных водонагревателей ЭМИН, обеспечивающая их изготовление на базе статоров АД практически любой требуемой мощности и высокими энергетическими показателями (КПД и $\cos\varphi_1$), что получило практическое подтверждение при испытании и эксплуатации ЭМИН различной мощности в системах горячего водоснабжения и отопления.

2. Учитывая, что в настоящее время в фермерских хозяйствах и других структурах АПК накопилось большое количество вышедших из строя АД различных серий и мощности, в том числе и не подлежащих ремонту, поэтому предлагаемая сравнительно простая методика электромагнитного расчета ЭМИН на базе АД будет способствовать, по нашему мнению, их изготовлению в условиях хозяйств как альтернативных, надежных и эффективных электроводонагревателей.

Литература:

1. *Назарьян Г.Н.* Электромагнитные индукционные водонагреватели на базе статоров асинхронных двигателей / *Г.Н. Назарьян, М.Г. Назарьян* // Електрифікація та автоматизація сільського господарства. Науково-виробничий журнал. – К.: НАУ, 2006. – №2 (17). – С. 46-55.

2. *Назарьян Г.Н.* Электромагнитный индукционный водонагреватель типа ЭМИН на базе статоров асинхронных двигателей / *Г.Н. Назарьян*: Техническое описание, конструирование и электромагнитный расчет. – Мелитополь: ТДАТУ, 2008. – 31 с.

3. *Копылов И.П.* Проектирование электрических машин / *И.П. Копылов, Ф.А. Горяинов, Б.К. Клоков* и др. Под ред. *И.П. Копылова*. – М.: Энергия, 1980. – 496 с.

4. *Нейман Л.Р.* Поверхностный эффект в ферромагнитных телах / *Л.Р. Нейман.* – М.: ГЭИ, 1949. – 190 с.
5. *Захаров А.А.* Применение тепла в сельском хозяйстве / *А.А. Захаров.* – М.: Колос, 1980. – 311 с.
6. *Мадьяр Л.* Коэффициент мощности $\cos\varphi$ / *Л. Мадьяр.* – М.–Л.: 1981. – 376 с.

ЕЛЕКТРОМАГНІТНИЙ РОЗРАХУНОК ІНДУКЦІЙНИХ ВОДОНАГРІВАЧІВ ЕМІН НА БАЗІ СТАТОРІВ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ

Назар'ян Г.Н., Назар'ян М.Г.

Анотація

Робота присвячена обґрунтуванню цілеспрямованої методики електромагнітного розрахунку водонагрівачів ЕМІН, що забезпечує тривалу їх роботу за умовами нагріву в режимі сталого струму короткого замикання з високими енергетичними показниками (ККД, $\cos\varphi$).

ELECTROMAGNETIC CALCULATION OF INDUCTION WATERWARMGS EMIN ON THE BASE OF ASYNCHRONOUS ENGINES STATORS

G. Nazaryan, M. Nazaryan

Summary

Work is devoted the ground of purposeful method of electromagnetic calculation of waterwarmgs EMIN, providing protracted their work on the terms of heating in the mode of the set current of short circuit with high power indexes (efficiency, $\cos\varphi$).

УДК 621.313.333.2

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В АСИНХРОННОМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕ

Телюта Р.В., инженер.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел.: (0619) 42-32-63

Аннотация – в работе предложена методика экспериментального определения потерь активной мощности в работающем электродвигателе, используя уточненную Г-образную схему замещения одной фазы электродвигателя и измеряя его скольжение.

Ключевые слова – схема замещения, параметры схемы замещения, скольжение, потребляемая активная мощность, отдаваемая активная мощность, коэффициент потерь.

Постановка проблемы. Аналитическому исследованию потерь активной мощности в асинхронном электродвигателе посвящено ряд научных работ. Однако не решена проблема их реального уменьшения.

Анализ последних исследований. Так, в работах [1, 2] исследована зависимость потерь активной мощности в асинхронном электродвигателе в функции мощности на валу с учетом роста сопротивления обмоток при нагревании. Однако эти результаты требуют экспериментальной проверки.

Цель статьи. Поэтому целью статьи является описание методики экспериментального исследования потерь активной мощности в асинхронном электродвигателе.

Основная часть. В основу методики положена уточненная Г-образная схема одной фазы асинхронного электродвигателя (рис. 1).

На рис. 1 обозначено:

$R_1, X_1, R_m, X_m, R_1', X_1', R_2'', X_2''$ – параметры схемы замещения, Ом;

\dot{U} – комплекс действующего значения напряжения на зажимах фазы электродвигателя, В;

$\dot{I}, \dot{I}_0, \dot{I}'$ – комплекс действующих значений сил электрических токов в ветвях схемы замещения, А;

s – скольжение электродвигателя.

Потери активной мощности в работающем электродвигателе находятся как разница активной мощности, потребляемой электродвигателем при определенной нагрузке P_1 , и активной мощности, отдаваемой электродвигателем приводной машине P_2 , то есть

$$\Delta P = P_1 - P_2. \quad (1)$$

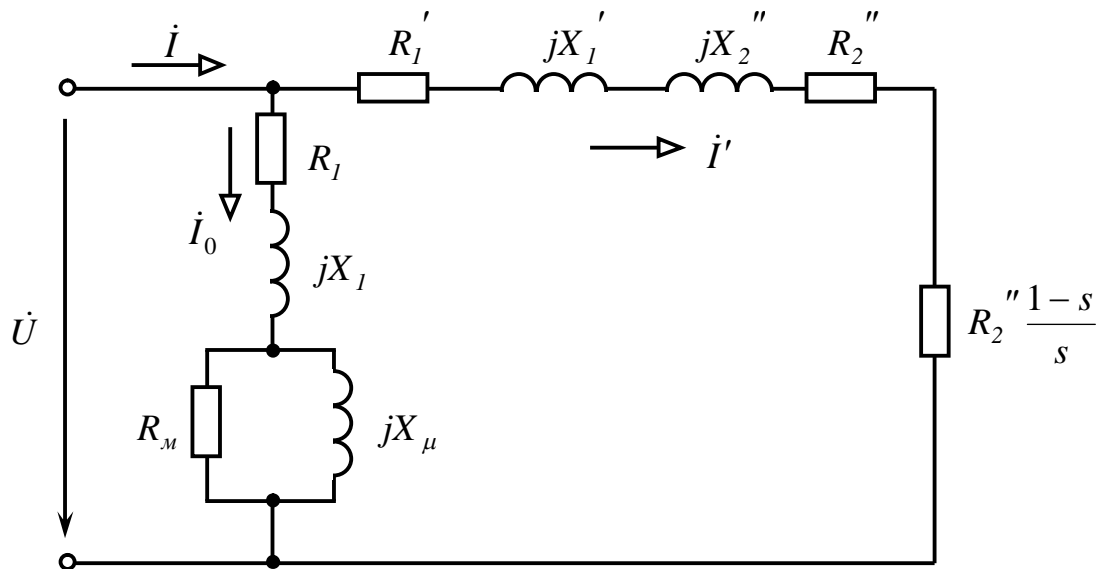


Рис. 1.

В свою очередь активная мощность, потребляемая электродвигателем, измеряется с помощью электроизмерительных приборов; а активная мощность, отдаваемая рабочей машине, рассчитывается следующим образом

$$P_2 = P_{\text{мех}} - P_m, \quad (2)$$

где $P_{\text{мех}}$ – активная мощность, преобразуемая в механическую (на валу электродвигателя), Вт;

P_m – активная механическая мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения в самом электродвигателе, Вт.

Активная механическая мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения в самом электродвигателе составляет определенный процент от механической мощности, передаваемой на вал электродвигателя. Тогда

$$P_2 = P_{\text{мех}}(1 - n), \quad (3)$$

где n – относительная величина механических потерь в самом электродвигателе.

Из схемы замещения механическая мощность, передаваемая на вал электродвигателя, находится следующим образом:

$$P_{\text{мех}} = 3R_2'' \frac{1-s}{s} I'^2, \quad (4)$$

$$I'^2 = \frac{U^2}{\left(R_1' + R_2''/s\right)^2 + \left(X_1' + X_2''\right)^2}. \quad (5)$$

Скольжение электродвигателя измеряется и рассчитывается с помощью тахометра, установленного на валу электродвигателя; параметры схемы замещения определяются по каталожным (расчетным) данным.

Экспериментальное исследование потерь активной мощности приводилось в электродвигателе типоразмера 4A100S2Y3. Электродвигатель нагружался генератором постоянного тока, работающего на нагрузочный результат. Результаты занесены в табл. 1.

Таблица 1

s	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
U, B	220	220	220	220	220	220
I'^2, A^2	4,62	17,9	38,9	66,7	99,6	137,6
$P_{\text{мех}}, Bm$	1380	2647	3795	4831	5711	6506
n	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
P_2, Bm	1268	2535	3683	4713	5599	6394
P_1, Bm	1596	2987	4339	5615	7620	8924
$\Delta P, Bm$	328	452	656	902	1481	2530
$\frac{\Delta P}{P_2}$	0,26	0,18	0,18	0,19	0,27	0,40

Сравнение полученных значений коэффициента потерь κ_n экспериментальным путем с их значением, полученным аналитическим путем [1], приведены в табл. 2.

Таблица 2

s	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
κ_n аналитика	0,25	0,17	0,17	0,2	0,28	0,41
κ_n эксперимент	0,26	0,18	0,18	0,19	0,27	0,40
$\Delta \kappa_n$	+0,01	+0,01	+0,01	-0,01	-0,01	-0,01

Выводы. Таким образом, отклонения экспериментальных данных находятся в пределах $\pm 5\%$ от аналитических.

Литература

1. *Овчаров С.В., Телюта Р.В.* Исследование потерь в асинхронном электродвигателе. / *С.В. Овчаров, Р.В. Телюта.* // Вісник Харківського національного технологічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». – Харків: ХНТУСГ, 2009 Вип. 86. – 5 с.
2. Исследование потерь активной мощности в асинхронном электродвигателе в функции скольжения. / [*В.В. Овчаров, С.В. Овчаров, Р.В. Телюта, О.В. Юдина*]. // Вестник национального технического университета «ХПИ». – Харьков: НТУ ХПИ, 2009. – 8 с.

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ВТРАТ АКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В АСИНХРОННОМУ ЕЛЕКТРОДВИГУНІ

Телюта Р.В.

Анотація

В роботі запропонована методика експериментального дослідження втрат активної потужності в працюючому електродвигуні, використовуючи уточнену Г-образну схему заміщення однієї фази електродвигуна й вимірюючи його ковзання.

METHOD OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF ACTIVE POWER LOSSES IN ASYNCHRONOUS MOTOR

R. Telyuta

Summary

The method of experimental determination of active power losses in the working electromotor is being proposed, using the refined T-shaped equivalent circuit of one phase of the motor and measuring its slipping.

УДК 621.313.33.004.58:004.67

ДІАГНОСТУВАННЯ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

Безменнікова Л.М., к.т.н.,

Квітка С.О., к.т.н.,

Вовк О.Ю., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. +38(0619)423263.

Анотація – запропоновано математичну модель діагностування функціонального стану силових трансформаторів, яка дозволяє отримати інформацію про тепловий стан обмоток трансформатора в будь-який момент часу.

Ключові слова – математична модель діагностування, параметри діагностування, ресурс ізоляції обмоток, швидкість теплового зносу ізоляції обмоток, температура обмоток, допустимий імпульс квадрата надструму, кратність сили струму.

Постановка проблеми. В сучасних умовах економічного розвитку однією із основних задач господарювання стає питання продовження експлуатації електрообладнання понад встановлений термін служби із забезпеченням надійності його роботи. Ті капітальні вкладення, що здійснюються на цей час в електроенергетичну галузь, є незначними і не вирішують загальної проблеми надійної експлуатації електрообладнання, яке в переважній більшості було введено в роботу 20-30 років тому назад. За умови обмеженого фінансування здійснюється перехід на експлуатацію обладнання за технічним станом. Це особливо актуально, коли нормативний термін експлуатації вже вичерпано, а обладнання знаходиться ще у робочому стані.

Відомо, що роботоздатність електрообладнання визначається його технічним станом і пов'язана із залишковим робочим ресурсом, а саме с залишковим ресурсом ізоляції. На даний час в експлуатації електрообладнання здійснено перехід від системи планово-попереджувальних ремонтів, яка передбачала технічне обслуговування і ремонт електричного обладнання через визначені терміни, до системи обслуговування за технічним станом електрообладнання [1]. Переваги такого підходу очевидні, оскільки відпадає необхідність виконання комплексу профілактичних робіт на обладнанні, яке має задовільний технічний стан. Відомо, що будь-яке втручання в електрообла-

днання, проведене навіть фахівцями високого рівня, призводить до зниження надійності і зменшення терміну служби.

Експлуатація електрообладнання за технічним станом вимагає отримання додаткової інформації, з якої можливо з'ясувати реальний технічний стан електрообладнання та прогнозувати можливість і час його подальшої експлуатації в умовах зміни інтенсивності зовнішніх впливів. Такий підхід передбачає встановлення на обладнання додаткових сенсорів, за інформацією з яких можливе пряме або опосередковане визначення залишкового робочого ресурсу, що і передбачається в процесі діагностування електрообладнання.

Тому необхідна розробка та впровадження приладів безперервного контролю режимів роботи силових трансформаторів сільських підстанцій. А для цього потрібно визначити параметри безперервного контролю та встановити взаємозв'язок між ними і функціональним станом силового трансформатора.

Метою функціонального діагностування силових трансформаторів є забезпечення найбільш економічної його експлуатації при заданому рівні надійності і скороченні до мінімуму витрат на технічне обслуговування та ремонт. Ця мета досягається шляхом відслідковування технічного стану електрообладнання в процесі експлуатації, що дозволяє своєчасно запобігати відмовам, скорочувати простої через пошкодження, проводити комплекс заходів для підтримки його роботоздатності відповідно до даних діагностування [2, 3].

Аналіз останніх досліджень. Як відомо, не існує єдиних підходів до визначення технічного стану силових трансформаторів, тому для виявлення ознак технічного стану адаптуються вже відомі рішення. Слід зазначити, що в деяких випадках необхідна інформація надається в технічному паспорті, що частково спрощує аналіз його функціонування та можливість автоматизації процесу діагностування. Якщо параметри режиму роботи вимірювати та передавати порівняно просто, то інформацію про технічний стан ізоляції обмоток в багатьох випадках отримати дуже складно.

Останнім часом в енергогосподарствах проводиться заміна застарілого обладнання сучасним, створеним з використанням новітніх досягнень науки і техніки, яке дозволяє виводити всі параметри режиму та технічного стану силового обладнання на екран комп'ютера автоматизованої системи керування технологічним процесом [4–6]. Але, для трансформаторів сільських підстанції такі системи керування не розроблено.

Статистика пошкоджень, що виникають в силових трансформаторах, свідчить, що 48% – через пошкодження ізоляції, 14% – недостатньою стійкістю при коротких замиканнях, 12% – через спрацювання ізоляції [7]. З аналізу літературних джерел встановлено, що па-

раметрами діагностування процесів теплового зношення ізоляції є: кратність сили струму, що споживається силовим трансформатором; перевищення температури обмоток над температурою навколишнього середовища; температура обмоток; температура масла; швидкість теплового зношення ізоляції обмоток [5–9].

Мета статті. В роботі поставлена задача на основі аналізу режимів роботи та теплових процесів у силових трансформаторах розробити математичну модель діагностування функціонального стану силових трансформаторів сільських підстанцій.

Основна частина. Для оперативного контролю функціонального стану силових трансформаторів, без відключення від мережі, пропонується математична модель діагностування. Дана математична модель дозволяє отримати інформацію про тепловий стан обмоток трансформатора, в будь-який момент часу, контролюючи температуру масла та силу струму навантаження, а також встановити залежність швидкості теплового зношення ізоляції обмоток від перевищення температури обмоток над температурою навколишнього середовища та визначити термін служби трансформатора за витратами ресурсу ізоляції.

Математична модель має вигляд:

Витрата ресурсу ізоляції обмоток фаз:

$$E_A = \Delta t_i \sum_{i=1}^n \varepsilon_{Ai} ;$$

$$E_B = \Delta t_i \sum_{i=1}^n \varepsilon_{Bi} ;$$

$$E_C = \Delta t_i \sum_{i=1}^n \varepsilon_{Ci} ,$$

де Δt – проміжок часу контролю, с;

ε_{Ai} , ε_{Bi} , ε_{Ci} – відповідно швидкість теплового зносу ізоляції обмоток фаз «А», «В», «С» на i - ій ділянці, б.год/год.

Швидкість теплового зносу ізоляції обмоток фаз на i - ій ділянці:

$$\varepsilon_{Ai} = \varepsilon_H \cdot e^{B \cdot \left(\frac{1}{\Theta_{1H}} - \frac{1}{\Theta_{Ai}} \right)} ;$$

$$\varepsilon_{Bi} = \varepsilon_H \cdot e^{B \cdot \left(\frac{1}{\Theta_{1H}} - \frac{1}{\Theta_{Bi}} \right)} ;$$

$$\varepsilon_{Ci} = \varepsilon_H \cdot e^{B \cdot \left(\frac{1}{\Theta_{1H}} - \frac{1}{\Theta_{Ci}} \right)} ,$$

де ε_H – номінальна швидкість витрати ресурсу ізоляції, б.год/год;

B – параметр, що характеризує клас ізоляції, K ;

Θ_{1H} – абсолютна тривало допустима (номінальна) температура ізоляції, K ;

Θ_{Ai} , Θ_{Bi} , Θ_{Ci} – відповідно абсолютна поточна температура ізоляції фаз «А», «В», «С» на i -ій ділянці, $^{\circ}C$.

Абсолютна поточна температура ізоляції фаз:

$$\Theta_{1Ai} = \mathcal{G}_{1Ai} + 273;$$

$$\Theta_{1Bi} = \mathcal{G}_{1Bi} + 273;$$

$$\Theta_{1Ci} = \mathcal{G}_{1Ci} + 273,$$

де \mathcal{G}_{Ai} , \mathcal{G}_{Bi} , \mathcal{G}_{Ci} – відповідно поточна температура обмоток фаз «А», «В», «С» на i -ій ділянці, $^{\circ}C$.

Поточна температура обмоток фаз:

$$\mathcal{G}_{Ai} = \mathcal{G}_{mi} + \Delta_{A_{yсм(i)}} \cdot \left(1 - e^{-\frac{\Delta t_i}{T_{\text{эк}}}}\right) + \left(\Delta_{A(i-1)} + (250 + \Delta_{A(i-1)}) \cdot e^{\gamma \cdot \Pi_{Ii}} - 250\right) \cdot e^{-\frac{\Delta t_i}{T_{\text{эк}}}};$$

$$\mathcal{G}_{Bi} = \mathcal{G}_{mi} + \Delta_{B_{yсм(i)}} \cdot \left(1 - e^{-\frac{\Delta t_i}{T_{\text{эк}}}}\right) + \left(\Delta_{B(i-1)} + (250 + \Delta_{B(i-1)}) \cdot e^{\gamma \cdot \Pi_{Ii}} - 250\right) \cdot e^{-\frac{\Delta t_i}{T_{\text{эк}}}};$$

$$\mathcal{G}_{Ci} = \mathcal{G}_{mi} + \Delta_{C_{yсм(i)}} \cdot \left(1 - e^{-\frac{\Delta t_i}{T_{\text{эк}}}}\right) + \left(\Delta_{C(i-1)} + (250 + \Delta_{C(i-1)}) \cdot e^{\gamma \cdot \Pi_{Ii}} - 250\right) \cdot e^{-\frac{\Delta t_i}{T_{\text{эк}}}},$$

де \mathcal{G}_{mi} – поточна температура масла, $^{\circ}C$;

$\Delta_{A_{yсм(i)}}$, $\Delta_{B_{yсм(i)}}$, $\Delta_{C_{yсм(i)}}$ – відповідно усталені значення абсолютних перевищень температур обмоток у фазах на i -ій ділянці, $^{\circ}C$;

$T_{\text{эк}}$ – еквівалентна постійна часу нагріву, s ;

$\Delta_{A(i-1)}$, $\Delta_{B(i-1)}$, $\Delta_{C(i-1)}$ – відповідно абсолютних перевищень температур обмоток у фазах на $(i-1)$ -ій ділянці, $^{\circ}C$;

γ – коефіцієнт, що характеризує конструктивні параметри трансформатора, $1/A^2$;

Π_{IAi} , Π_{IBi} , Π_{ICi} – відповідно імпульс квадрата надструму у фазах на i -ій ділянці, $A^2 \cdot s$.

Імпульс квадрата надструму в фазах трансформатора на i -ій ділянці:

$$\Pi_{IAi} = I_H^2 \cdot k_{Ai}^2 \cdot t_{cm};$$

$$\Pi_{IBi} = I_H^2 \cdot k_{Bi}^2 \cdot t_{cm};$$

$$\Pi_{ICi} = I_H^2 \cdot k_{Ci}^2 \cdot t_{cm},$$

де t_{cm} – час дії надструму, s .

Кратність сили струму у фазах:

$$k_{Ai} = \frac{I_{Ai}}{I_H};$$

$$k_{Bi} = \frac{I_{Bi}}{I_H};$$

$$k_{Ci} = \frac{I_{Ci}}{I_H},$$

де I_H – номінальне значення сили струму в фазах трансформатора, A ;
 I_{Ai} , I_{Bi} , I_{Ci} – відповідно сили струму в фазах силового трансформатора на i -ій ділянці, A .

Висновки.

1. Розроблена математична модель діагностування функціонального стану силових трансформаторів сільських підстанції. Дана математична модель дозволяє отримати інформацію про тепловий стан обмоток трансформатора, контролюючи температуру масла, силу струму в його фазах.

2. Дана математична модель дозволяє визначити допустиме значення квадрата імпульсу надструму для оцінки теплових процесів і величини додаткового зносу ізоляції силового трансформатора при дії надструму.

3. Функціональний стан силових трансформаторів пропонується контролювати за наступними показниками: температурою обмоток, швидкістю теплового зношення ізоляції обмоток та витратами ресурсу ізоляції.

Література

1. *Сазыкин В.Г.* Организационные аспекты эксплуатации изношенного электрооборудования / *В.Г. Сазыкин* // Промышленная энергетика. – 2000. – №4. – С. 28–35.

2. *Березницький Д.О.* Мікропроцесорна реалізація пристрою діагностування системи захисту зниження вакууму турбіни / *В.В. Грабко, Д.О. Березницький* // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – 2005. – № 45. – С. 430–431.

3. Эксплуатация силовых трансформаторов при достижении предельно допустимых показателей износа изоляции обмоток / [*Ванин Б.В., Ю.Н. Львов, М.Ю. Львов, Л.Н. Шифрин*]. // Электрические станции. – 2004. – № 2. – С. 56–60.

4. *Макаревич Л. В.* Современные тенденции в создании и диагностике силовых трансформаторов больших мощностей / *Л. В. Макаревич, Л.Н. Шифрин, М.Е. Алпатов* // Известия Академии наук. Энергетика. – 2008. – № 1. – С. 45–69.

5. Monitoring of Winding Displacement in HV Transformer in Service / [R. Malewski, A.Yu. Khrennikov, O.A. Shlegel, A.G. Dolgoplov]. // CIGRE. – Italy, Padua, 1995, 4-9 Sept.

6. О регенерации целлюлозной изоляции обмоток силовых трансформаторов с длительным сроком эксплуатации / [В.Б. Комаров, М.Ю. Львов, Ю.Н. Львов и др.]. // Электрические станции. – 2004. – № 6. – С. 63–67.

7. Безменнікова Л.М. Аналіз причин пошкоджень силових трансформаторів сільських споживчих підстанції / Л.М. Безменнікова // Праці ТДАТУ. – Випуск 8. Т.10. – Мелітополь: ТДАТУ, 2008. – С.74-79.

8. Experiences from on-site transformers oil reclaiming/ O. Berg, K. Herdlevær, M. Dahlung a.o. – Session 2002 CIGRE.

9. Pantic V.A. Extension of the lifetime and increase of the transformer operation safety on the grid / V.A. Pantic, D.V. Pantic, B. Microsavljjevic. – Session 2002 CIGRE.

10. Безменнікова Л.М. Аналітичне дослідження залежності температури обмоток силового трансформатора у функції температури масла і кратності сили струму. / Л.М. Безменнікова, В.В. Овчаров // Праці ТДАТА. – Вип. 32. – Мелітополь: ТДАТА, 2005. – С. 39–43.

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Безменникова Л.Н., Квитка С.А., Вовк А.Ю.

Аннотация

Предложена математическая модель диагностирования функционального состояния силовых трансформаторов, которая позволяет получить информацию о тепловом состоянии обмоток трансформатора в любой момент времени.

THE DIAGNOSTIC POWER TRANSFORMER

L. Bezmennikova, S. Kvitka, A. Vovk

Summary

It is offered mathematical model diagnostic functional condition power transformer, which allows getting information on тепловом condition windings of the transformer, any time times.

УДК 621.31

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ СВІТЛОДІОДНІ ДЖЕРЕЛА ВИПРОМІНЕННЯ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Никифорова Л.Є., д.т.н.,

Кізім І.В., інженер.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел/факс (0619) 42-23-41

Анотація – запропоновано простий у виготовленні і налаштуванні блок живлення для малопотужних світлодіодних світильників з можливістю регулювання яскравості світлодіодів.

Ключові слова – імпульсне джерело живлення, широтно-імпульсна модуляція, світлодіод.

Постановка проблеми. Поява надяскравих білих світлодіодів дозволила будувати нові джерела світла, які, на відміну від люмінесцентних ламп і ламп розжарювання, мають низьке енергоспоживання, довгий термін служби (за заявами фірм виробників до 50-100 тис. годин), можливість регулювання в широкому діапазоні яскравістю випромінювання і можливість дуже широкого обхвату спектру. Світлова віддача одиничних потужних світлодіодів складає 30-50 Лм/Вт (у деяких екземплярів досягає 80-100 Лм/Вт), досягнутий індекс кольоропередавання більше 80. Але бурхливому застосуванню таких джерел випромінювання перешкоджає їх висока ціна; деградація, що властива світлодіодам (починаючи з 30-50% зносу починає падати потужність випромінювання світла), а для потужних світлодіодів (1-10 Вт) і проблема тепловіддачі [1].

Проте, маючи щонайвищий серед штучних джерел світла ККД перетворення електричної енергії в світлову, джерела світла на світлодіодах сприяють урядам багатьох країн енергійніше впроваджувати енергозберігаючі технології в світлотехніці. Крім того, позитивним є неухильне зниження вартості надяскравих світлодіодів через конкуренцію їх світових виробників.

Разом із тим, щоб світлодіодне освітлення увійшло до переліку традиційних джерел світла, крім збільшення світлової віддачі і зменшення вартості світлодіодів, необхідно їх забезпечити спеціалізова-

ним електричним живленням, що забезпечує стабілізацію по струму і має ціну, що не перевищує вартість світлодіодного модуля.

Аналіз останніх досліджень. Зараз в більшості побутових світлодіодних ламп використані прості мережеві блоки живлення з баластним конденсатором, недоліками яких є: кидок струму при включенні, вузький інтервал напруги мережі, відповідний допустимим межам струму через світлодіоди, а також можливість пошкодження при обривах в навантаженні, що приводять до передчасного виходу світильників з ладу. Це означає, що подібне рішення схемотехніки не може забезпечити ефективну довготривалу роботу світлодіодних джерел світла з передбачуваним ресурсом до 50-100 тис. годин [2].

Формулювання цілей статті. В статті розглядається розробка простого в технічному плані і дешевого джерела живлення для світильників з малопотужних 5 мм і 10 мм білих світлодіодів (0,01-0,08 Вт) як найпоширеніших (близько 90% надяскравих світлодіодів, що випускаються в світі), з можливістю регулювання світлового потоку.

Основна частина. Всі вищеперелічені недоліки, що відносяться до мережевих блоків живлення з баластним конденсатором, відсутні у імпульсних понижуючих стабілізаторів напруги, що мають високий ККД (до 90%). Проте, при виборі схеми імпульсного понижуючого стабілізатора виникають проблеми, пов'язані з великою кількістю вживаних дискретних компонентів і труднощами при розробці і виробництві ефективних схем захисту і управління.

Тому, при огляді великої кількості мікросхем для імпульсних джерел живлення (ІДЖ) вибір був зупинений на мікросхемі VIPer22A фірми STMicroelectronics, яка є високовольтним MOSFET-транзистором з схемою управління і захисту в одному корпусі. ІДЖ на мікросхемі VIPer22A мають мінімальну кількість додаткових електронних компонентів, до того ж, фірма виробник надає спеціальні комп'ютерні програми автоматизованого розрахунку параметрів джерела живлення, що дозволяє одержати на виході готову схему і перелік елементів, чим забезпечується висока повторюваність. ІДЖ на основі VIPer22A дозволяють одержати вихідну потужність до 20 Вт, що прийнятне для живлення малопотужних світлодіодних світильників.

Для проектування перетворювача була використана програма Non-Isolated VIPer Design Software v.2.3 [3], яка дозволила одержати ІДЖ для живлення 30 10мм білих надяскравих світлодіодів з такими параметрами: інтервал напруги мережі живлення 88...264 В, напруга

на виході 33 В, струм навантаження до 100 мА, ККД імпульсного стабілізатора 80%.

До спроектованого ІДЖ було додане управління яскравістю світлодіодів на основі широтно-імпульсної модуляції (ШІМ). ШІМ-регулятор виконаний на основі дешевого і широко поширеного таймера NE555 (вітчизняний аналог – КР1006ВИ1) [1]. Зміна яскравості світлодіодів виконується за допомогою резистора R5.

Схема електрична принципова блоку живлення світлодіодного світильника приведена на рис. 1.

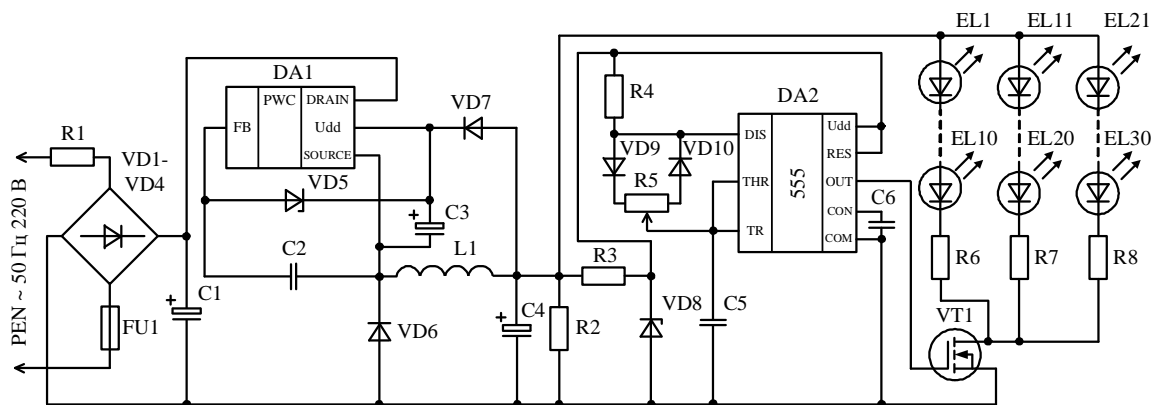


Рис. 1. Схема електрична принципова блоку живлення для світлодіодних світильників.

Використовувані в дослідному зразку світильника 10 мм білі наджскраві світлодіоди з кутом випромінювання 15° мають слабе кольоропередавання, проте світильники на їх основі можна застосовувати в пристроях аварійного, чергового, а також загального освітлення (у коридорах, підсобних приміщеннях і т.п.), тобто там, де не пред'являються високі вимоги до кольоропередавання.

Дослідний зразок світлодіодного світильника з розробленим блоком живлення приведено на рис. 2. Застосування в світильниках світлодіодів розсіяного світла (з кутом випромінювання $55-65^\circ$) дозволяє одержати світильники з рівномірною кривою силою світла (рис. 3).

Вартість елементів блоку живлення в комплектації, приведений на принципальній схемі, окрім дроселя L1 і світлодіодів EL1-EL30, складе біля 30 грн., тобто умова про невелику ціну в порівнянні з світлодіодним модулем виконується. Дросель L1 використаний з несправної компактною люмінесцентної лампи.



Рис. 2. Дослідний зразок світлодіодного світильника.



Рис. 3. Дослідний зразок світлодіодної лампи з світлодіодами розсіяного світла.

Висновки. Розроблений блок живлення забезпечує роботу при широкому інтервалі напруги живлення, має високий ККД, відрізняється дешевиною, простотою проектування, складання і високою надійністю, і може бути використаний для створення малопотужних світлодіодних світильників з можливістю регулювання яскравості світлодіодів у сільському господарстві.

Література

1. Давиденко Ю.Н. 500 схем для радиолюбителей. Современная схемотехника в освещении. Эффективное электропитание люминис-

центных, галогенных ламп, светодиодов, элементов «Умного дома» / Ю.Н. Давиденко. – СПб.: Наука и техника, 2008. – 320 с.

2. Косенко С. Сетевая светодиодная лампа с блоком питания на микросхеме VIPer22A / С. Косенко // Радио. – 2010. – №4. – С.21-23.

3. Косенко С. Автоматизированное проектирование малогабаритных ИИП на микросхемах VIPer / С. Косенко // Радио. – 2008. – №5. – С.32-33.

ЭНЕРГОСБЕРИГАЮЩИЕ СВЕТОДИОДНЫЕ ИСТОЧНИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Никифорова Л.Е., Кизим И.В.

Аннотация

Предложен простой в изготовлении и настройке блок питания для маломощных светодиодных светильников с возможностью регулирования яркости светодиодов.

SOURCES OF ILLUMINATION SAVING ENERGY ON LIGHT- EMITTING DIODES FOR AGRICULTURE

L. Nikiforova, I. Kizim

Summary

The power module simple in making and tuning is offered for low-powered light-emitting diodes lamps with possibility of adjusting of brightness of light-emitting diodes.

УДК 621.313.333.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В АСИНХРОННОМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕ

Овчаров С.В., к.т.н.,

Островский А.В., инженер,

Телюта Р.В., инженер.

Таврический государственный агротехнологический университет

тел. (0619) 42-32-63

Аннотация – предложена методика исследования потерь активной мощности в асинхронном двигателе в функции загрузки на валу и температуры окружающей среды.

Ключевые слова – потери активной мощности, схема замещения, температура окружающей среды, коэффициент потерь.

Постановка проблемы. Известно, что в системе «электродвигатель – рабочая машина» наблюдаются потери активной мощности как в самой рабочей машине, так и в электродвигателе. Исследование этих потерь является одним из важных вопросов организации рационального использования электрической энергии.

Анализ последних исследований. Вопросом исследования потерь в асинхронном двигателе посвящено ряд работ [1, 2], в которых найдены зависимости в функции коэффициента загрузки на валу. Однако, в них не учитывается влияние температуры окружающей среды на потери активной мощности в электродвигателе.

Формулирование цели статьи. Поэтому целью статьи является исследование потерь активной мощности в асинхронном электродвигателе в функции загрузки на валу, нагрева обмоток и температуры окружающей среды.

Основная часть. Как известно, в асинхронном электродвигателе с короткозамкнутым ротором, как преобразователе электрической энергии в механическую, наблюдаются следующие физические явления, приводящие к потере активной мощности в отдельных элементах его конструкции:

- явление теплового действия электрического тока, протекающего по обмоткам статора;

- явление тепловое действие электрического тока, протекающего по короткозамкнутой обмотке ротора;
- явление тепловое действие вихревых токов, протекающих в магнитопроводе электродвигателя;
- явление перемагничивания (гистерезиса) магнитопровода электродвигателя;
- явление трения в механической системе электродвигателя (в подшипниках, воздуха о ротор);
- другие явления, приводящие к добавочным потерям активной мощности.

Все указанные физические явления, приводящие к потере активной мощности, учитываются Г-образной схемой замещения асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором, приведенной на рис. 1.

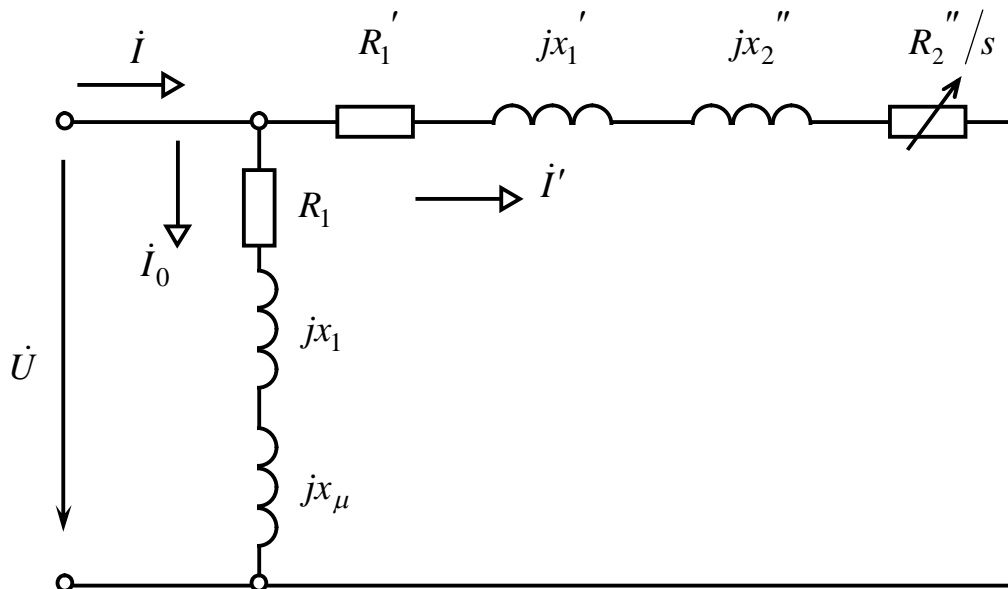


Рис. 1. Схема замещения асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором (для одной фазы).

Используется следующая методика аналитического исследования потерь активной мощности в асинхронном электродвигателе с короткозамкнутым ротором в функции активной мощности, передаваемой с вала электродвигателя рабочей машине, то есть $\Delta P = f(P_2)$:

1) задаемся значениями скольжения магнитного поля относительно ротора s в пределах от нуля до критического значения s_k , в том числе номинальным скольжением;

2) определяем квадрат силы электрического тока ветви расчетной схемы, в том числе при номинальном скольжении

$$I'^2 = \frac{U_n^2}{\left(R_1' + R_2''/s\right)^2 + \left(x_1' + x_2''\right)^2}; \quad (1)$$

3) определяем механическую мощность, в том числе при номинальном токе

$$P_{mx} = 3 \cdot R_2'' \frac{1-s}{s} I'^2; \quad (2)$$

4) определяем потери активной мощности в механической системе электродвигателя и добавочные

$$P_m + P_\delta = P_{mxn} - P_{2n}; \quad (3)$$

5) определяем потери активной мощности от намагничивающего тока

$$P_0 = 3R_1 I_0^2; \quad (4)$$

$$I_0^2 = \frac{U_n^2}{R_1^2 + \left(x_1 + x_\mu\right)^2}; \quad (5)$$

6) определяем потери активной мощности в основной ветви расчетной схемы, в том числе $P_{\Sigma n}$

$$P_\Sigma = 3\left(R_1' + R_2''\right) I'^2; \quad (6)$$

7) определяем потери активной мощности в электродвигателе при номинальном режиме работы без учета потерь в магнитопроводе

$$\Delta P_n' = P_m + P_\delta + P_0 + P_{\Sigma n}; \quad (7)$$

8) определяем потери активной мощности в электродвигателе при номинальном режиме работы по каталожным данным

$$\Delta P_n = \frac{P_{2n}}{\eta_n} - P_{2n}; \quad (8)$$

9) определяем потери в магнитопроводе

$$P_m = \Delta P_n - \Delta P_n'; \quad (9)$$

10) определяем суммарные потери активной мощности в электродвигателе

$$\Delta P = P_m + P_\delta + P_0 + P_\Sigma + P_m; \quad (10)$$

11) определяем механическую мощность, передаваемую на вал рабочей машины

$$P_2 = P_{mx} - P_m - P_\delta; \quad (11)$$

Исследуем потери активной мощности в асинхронном электродвигателе с учетом роста активного сопротивления обмотки при нагревании.

Уравнение теплового баланса асинхронного электродвигателя, рассматривая последний как гомогенное тело, имеет следующий вид

$$Cd\tau + L\tau dt = \Delta P dt, \quad (12)$$

где C – теплоемкость двигателя, $\frac{Дж}{^\circ C}$;

τ – превышение температуры обмотки над температурой окружающей среды, $^\circ C$;

L – теплоотдача электродвигателя в окружающую среду, $\frac{Дж}{с \cdot ^\circ C}$;

ΔP – потери активной мощности в электродвигателе, Вт;

t – текущее время, с.

Перепишем уравнение (12) в другом виде

$$\frac{C}{L} \frac{d\tau}{dt} + \tau = \frac{\Delta P}{L}. \quad (13)$$

В установившемся режиме уравнение (13) принимает вид

$$\tau_y = \frac{\Delta P_y}{L}, \quad (14)$$

где τ_y – установившееся превышение температуры обмотки, $^\circ C$;

ΔP_y – потери активной мощности в электродвигателе в установленном режиме, Вт.

Последние запишутся следующим образом

$$\Delta P_y = \Delta P_{с.н} + \kappa^2 \Delta P_{м.н} (1 + \alpha(\tau_y + \mathcal{G}_{cp} - 75)). \quad (15)$$

Подставляем (15) в (14) и получаем

$$\tau_y = \frac{\Delta P_{с.н} + \kappa^2 \Delta P_{м.н} (1 + \alpha(\tau_y + \mathcal{G}_{cp} - 75))}{L}. \quad (16)$$

Преобразуем (16) и получим

$$\tau_y = \frac{\Delta P_{с.н} + \kappa^2 \Delta P_{м.н} (1 + \alpha(\mathcal{G}_{cp} - 75))}{L - \alpha \kappa^2 \Delta P_{м.н}}. \quad (17)$$

Выражение (17) в номинальном режиме принимает вид

$$\tau_n = \frac{\Delta P_{с.н} + \Delta P_{м.н} (1 + \alpha(\mathcal{G}_{cp} - 75))}{L - \alpha \Delta P_{м.н}}, \quad (18)$$

откуда

$$L = \frac{\Delta P_{с.н} + \Delta P_{м.н} (1 + \alpha(\mathcal{G}_{cp} - 75)) + \alpha \tau_n \Delta P_{м.н}}{\tau_n}. \quad (19)$$

Подставляем (19) в (18) и получаем

$$\tau_y = \tau_n \frac{\Delta P_{с.н} + \kappa^2 \Delta P_{м.н} (1 + \alpha(\mathcal{G}_{cp} - 75))}{\Delta P_{с.н} + \Delta P_{м.н} (1 + \alpha(\mathcal{G}_{cp} - 75)) - \alpha \tau_n \kappa^2 \Delta P_{м.н} (\kappa^2 - 1)}. \quad (20)$$

Уравнение (20) в другом виде запишется следующим образом

$$\tau_y = \tau_n \frac{a + \kappa^2 (1 + \alpha(\mathcal{G}_{cp} - 75))}{a + 1 + \alpha(\mathcal{G}_{cp} - 75) - \alpha \tau_n (\kappa^2 - 1)}. \quad (21)$$

Потери активной мощности в обмотках электродвигателя

$$P_{\Sigma} = P_{\Sigma n} \left(1 + \alpha (\tau_y + \vartheta_{cp} - 75) \right) \kappa^2. \quad (22)$$

Введем новое понятие коэффициента потерь κ_n – отношение потерь активной мощности в электродвигателе ΔP к активной мощности на валу P_2 , то есть

$$\kappa_n = \frac{\Delta P}{P_2}. \quad (23)$$

Проведем расчет потерь активной мощности в электродвигателе типоразмера 4A100S2Y3 для следующих температур окружающей среды: 10, 20, 30, 40, 50 °С.

Результаты исследования приведены на рис. 2.

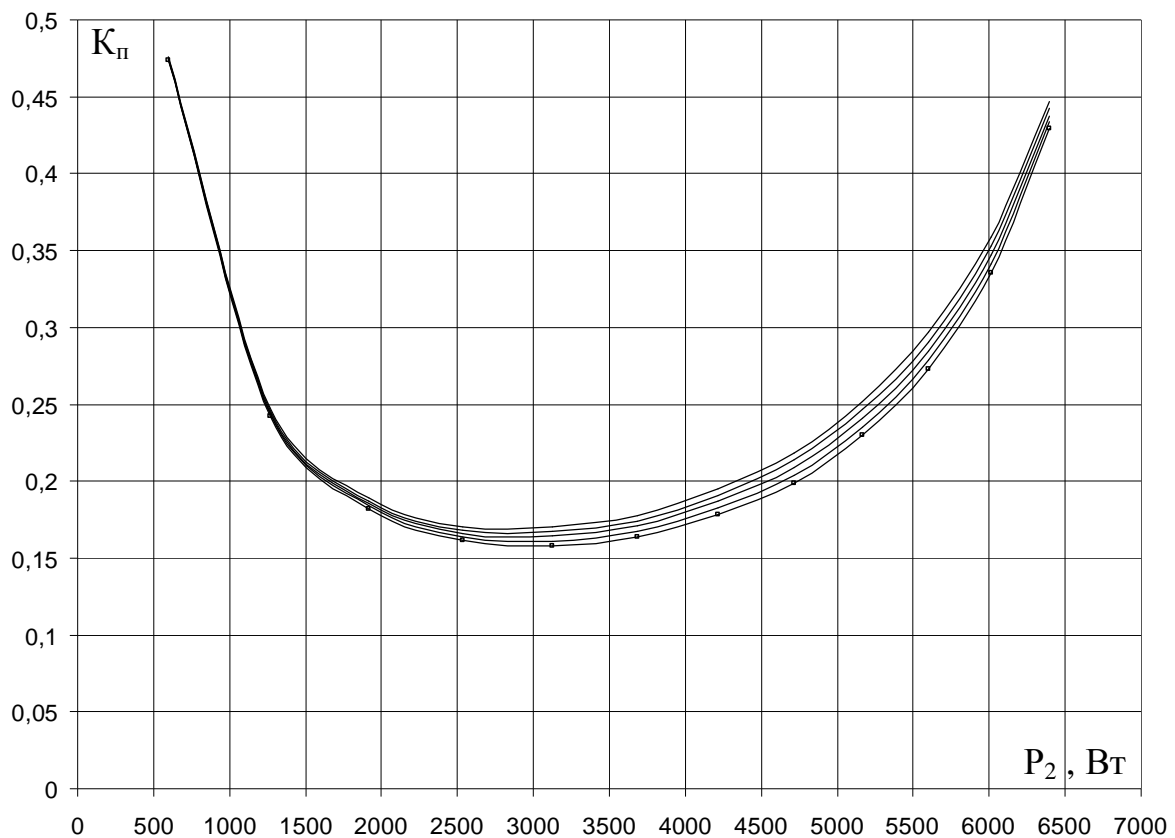


Рис. 2. Зависимости коэффициента потерь в функции активной мощности на валу при температурах окружающей среды 10, 20, 30, 40, 50 °С.

Нижня крива належить до температури оточуючої середовища 10 °С, верхня крива – 50 °С.

Висновки: таким чином, запропоновано методику і отримано залежності втрат активної потужності в асинхронному електродвигуні в функції активної потужності на валу і температури оточуючої середовища.

Література

1. *Овчаров С.В.* Діагностика асинхронних двигунів за допомогою кругової діаграми / *С.В. Овчаров, А.Ю. Вовк* // Техніка в сільськогосподарському виробництві: Труды Таврической государственной агротехнической академии. – Мелітополь: ТДАТУ. – Вип. 1, т. 3. – 1997. – С. 97-100.

2. *Телюта Р.В.* Исследование асинхронного электродвигателя на работоспособность / *Телюта Р.В., Овчаров С.В.* // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання. – Мелітополь: ТДАТУ. – Вип. 10, т. 10. – 2010. – С. 144-147.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В АСИНХРОННОМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕ

Островский А.В., Овчаров С.В., Телюта Р.В.

Аннотація

Предложена методика исследования потерь активной мощности в асинхронном двигателе в функции загрузки на валу и температуры окружающей среды.

ACTIVE POWER LOSSES RESEARCH OF ASYNCHRONOUS MOTOR

A. Ostrovsky, S. Ovcharov, R. Telyuta

Summary

The research of active power losses in an asynchronous motor is offered as the function of load on a billow and ambient temperature.

УДК 631.371

ОБҐРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМУ КЕРУВАННЯ ТЯГОВИМ ДВИГУНОМ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ МОТОБЛОКУ

Ковальов О.В., інженер.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619)42-31-59

Анотація – обґрунтовані та сформульовані режими оптимального керування тяговим двигуном постійного струму мотоблоку з забезпеченням високих техніко-енергетичних показників.

Ключові слова – тяговий електропривод, електротрансмiсія, режим керування, мотоблок, інтервал швидкостей, вентильний перетворювач, крива намагнічення.

Постановка проблеми. Тягові електродвигуни постійного струму знайшли в наш час досить широке застосування в приводі електрифікованих транспортних засобів – електромобілів, електрокар, мотоблоків та ін. Тому представляється досить важливим питання формування таких режимів управління тяговими двигунами постійного струму, які б забезпечували оптимальне регулювання на кожному інтервалі кутових швидкостей характеристики $M_*(\omega_*)$ по мінімуму втрат двигуна за допомогою порівняно простих по конструкції і управлінню вентильних перетворювачів (ВП) при централізованому електропостачанні мотоблоку.

Аналіз останніх досліджень. Проблемі оптимізації регулювання електричних машин, і зокрема ДПС, постійно приділяється увага. Окрім закону оптимального регулювання, обґрунтованого в [1] і використаного в даній статті, для оцінки раціонального регулювання тягового мотоблоку ДПС, питанням енергозбереження в електроприводі присвячена робота Н.Ф. Ільїнського [2] і, нарешті, в [3] детально розглянуті питання управління тяговими ДПС по мінімуму втрат в приводі електротрансмiсій великовантажних автомобілів. Проте отримані при цьому закони регулювання тягового електроприводу (ТЕП) по мінімуму втрат є складними функціональними залежностями, практична

реалізація яких, можлива тільки на основі замкнутих систем автоматичного керування тяговим електроприводом і не можуть бути використані для керування тяговими двигунами потужністю $1...3 \text{ кВт}$ привода мотоблоків.

Формулювання цілей статті. Метою статті є обґрунтування та вибір оптимального режиму керування тяговим двигуном постійного струму мотоблоку з високими техніко-економічними показниками, при використанні порівняно простої програми та пристрою управління тяговим ДПС в приводі мотоблоку.

Основна частина. Сумарні втрати в двигуні постійного струму ΔP_c і ΔP_v можна представити в наступному вигляді:

$$\Delta P_c = \Delta P_{MX.H} \cdot \omega_*^n + \Delta P_{MG.H} \cdot \omega_*^\beta \cdot \Phi^2 + \Delta P_{D.H}; \quad (1)$$

$$\Delta P_v = \Delta P_{a.H} \cdot I_*^2 + \Delta P_{B.H} \cdot I_{B*}^2 + \Delta P_{\Sigma.H} \cdot I_*^2. \quad (2)$$

де $\Delta P_{MX.H}$; $\Delta P_{MG.H}$; $\Delta P_{D.H}$; $\Delta P_{a.H}$; $\Delta P_{B.H}$; $\Delta P_{\Sigma.H}$ – потужності окремих видів втрат при номінальному навантаженні.

Для оцінки сумарних втрат ΔP_c і ΔP_v , а також окремих втрат в двигуні, доцільно їх представити у вигляді відношення до сумарних номінальних втрат $\Delta P_{\Sigma H}$:

$$\begin{aligned} \Delta P_{c*} &= \Delta P_{vH*} / \Delta P_{\Sigma H*}; \quad \Delta P_{c*} = \Delta P_{cH*} / \Delta P_{\Sigma H*}; \\ a_1 &= \Delta P_{MX.H} / \Delta P_{\Sigma H}; \quad a_2 = \Delta P_{MG.H} / \Delta P_{\Sigma H}; \quad a_3 = \Delta P_{D.H} / \Delta P_{\Sigma H}; \quad (3) \\ a_4 &= \Delta P_{a.H} / \Delta P_{\Sigma H}; \quad a_5 = \Delta P_{B.H} / \Delta P_{\Sigma H}; \quad a_6 = \Delta P_{\Sigma.H} / \Delta P_{\Sigma H}. \end{aligned}$$

При цьому

$$\Delta P_{\Sigma H} = P_H \frac{1 - \eta_H}{\eta_H} \quad (4)$$

визначається за паспортними даними.

Рівняння втрат ΔP_c (1) і ΔP_v (2) з урахуванням (3) приймуть вигляд

$$\Delta P_{c*} = a_1 \cdot \omega_*^n + a_2 \cdot \omega_*^\beta \cdot \Phi^2 + a_3; \quad (5)$$

$$\Delta P_{v*} = a_4 \cdot I_*^2 + a_5 \cdot I_{B*}^2 + a_6 \cdot I_*^2. \quad (6)$$

Оскільки $I_* = M_* / \Phi_*$; $I_* = 1 / U_*$, то змінні втрати в ДПС можна представити у функції потоку і напруги:

$$\Delta P_{v*} = a_4 \cdot M_*^2 \neq \Phi_*^2 + a_5 \cdot \beta_{оп}^2 M_*^2 / \Phi_*^2 + a_6 M_*^2 / \Phi_*^2; \quad (7)$$

$$\Delta P_{v*} = a_4 \cdot 1 / U_*^2 + a_5 \cdot 1 / U_*^2 + a_6 \cdot 1 / U_*^2. \quad (8)$$

При роботі електроприводу задаються координати механічного руху M і ω , тому варіюваними змінними, що дозволяють змінити втрати, є напруга U_* і магнітний потік Φ_* створюваний струмом I_{B*} в обмотці збудження двигуна.

Зв'язок між магнітним потоком Φ_* і струмом I_{B*} визначається кривою намагнічення магнітного ланцюга двигуна $\Phi_* = f(F_{B*})$ приведеною на рис. 1. Якщо ДПС працює на лінійній ділянці кривої намагнічення, то $I_{B*} = \hat{O}_*$ і потік, при якому втрати мінімальні, визначаються з умови

$$d\Delta P_{\Sigma*} / d\Phi_* = 0 \text{ або } d\Delta P_{c*} / d\Phi_* = d\Delta P_{v*} / d\Phi_*. \quad (9)$$

$\Phi / \Phi_H, \text{ в.о.}$

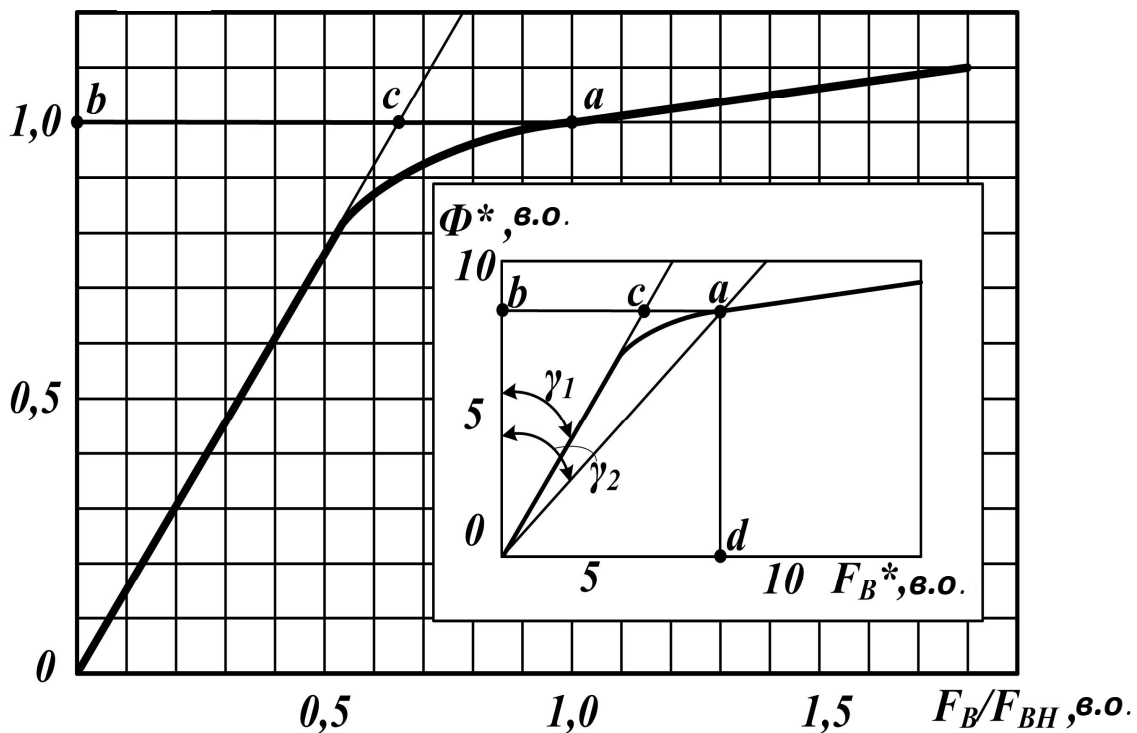


Рис. 1. Універсальна магнітна характеристика ДПС.

Зазначимо, що в загальному випадку згідно рис. 1, магнітний потік Φ_* є нелінійною функцією струму збудження

$$I_{A*}^2 = \Phi_* / K_\mu, \quad (10)$$

де K_μ – коефіцієнт насичення магнітного ланцюга ДПС, визначений як тангенс кута нахилу прямої, що проходить через початок координат і точки на кривій намагнічення, відповідній даному режиму роботи ДПС.

Згідно кривій намагнічення в точці a коефіцієнт K_μ визначається як відношення відрізків, або МДС

$$K_\mu = \frac{\overline{av}}{\overline{вс}} = \frac{F_{ax}}{F_{c*}}. \quad (11)$$

Відповідно до (9) визначимо мінімальні сумарні втрати в ДПС при допущенні, що магнітний потік Φ_* лінійно залежить від струму збудження. Похідні по потоку від сумарних постійних втрат ΔP_{c*} (5) і змінних ΔP_{v*} (7) втрат будуть рівні:

$$d\Delta P_{c*} / d\Phi_* = -2a_2\Phi_*\omega^3; \quad (12)$$

$$d\Delta P_{v*} / d\Phi_* = 2a_4M_*^2 / \Phi_*^3 + 2a_5\beta_{оп}^2 M_*^2 / \Phi_*^3 + 2a_6M_*^2 / \Phi_*^3. \quad (13)$$

При сумісному вирішенні рівнянь (9), (12) і (13) отримаємо значення потоку, при якому втрати в двигуні мінімальні для заданих значень M_* і ω_*

$$\Phi_{опт*}^2 = M_* \sqrt{\frac{a_4 + a_5\beta_{оп}^2 + a_6}{a_2\omega_*^\beta}}. \quad (14)$$

Повні втрати в двигуні для оптимального потоку отримаємо з (7) і (8) при виконанні умови (14)

$$\Delta P_{\Sigma min*} = 2M_* \sqrt{(a_4 + a_6)(a_5 + a_2\omega_*^\beta)} + a_1\omega_*^n. \quad (15)$$

У реальних умовах експлуатації тягових ДПС магнітний потік Φ_* є нелінійною функцією струму збудження I_{B*} (10), тому представляє практичний інтерес визначення характеристик регулювання і умов регулювання, тобто режиму управління, що забезпечує мінімальні сума-

рні втрати в ДПС при реалізації закону регулювання $M_*(\omega_*)$ на всіх зазначених інтервалах кутових швидкостей. Очевидно, що найбільш ефективним з енергетичної і практичної точки зору є режим управління ТЕД, що забезпечує найменші втрати або максимальний ККД при порівняно простій програмі і пристрою управління тяговим ДПС в приводі мотоблоку.

Отримання рівнянь постійних втрат ΔP_{c*} (5) і змінних втрат ΔP_{v*} (8) у вигляді функціональних залежностей від основних параметрів регулювання ДПС U_* і Φ_* дозволяють обґрунтувати режим управління ТЕД мотоблоку, що легко реалізовується на практиці, при максимумі ККД.

Умовою отримання максимального ККД ДПС є рівність постійних і змінних втрат

$$\Delta P_{c*} = \beta_m^2 \Delta P_{v*}, \quad (16)$$

де $\beta_m = \frac{P_2}{P_{2H}}$ – коефіцієнт навантаження ДПС, при якому ККД ДПС максимальний.

З (16) витікає, що

$$\beta_m^2 = \Delta P_{c*} / \Delta P_{v*}. \quad (17)$$

З урахуванням (5) і (6), вважаючи показники ступеня кутової швидкості ω_* $n = 1,5$ і $\beta = 1,5$ отримаємо

$$\beta_m^2 = \frac{a_1 \omega^{1,5} + a_2 \Phi_*^2 \omega^{1,5} + a_3}{a_4 \cdot I_*^2 + a_5 \cdot I_{B*}^2 + a_6 \cdot I_*^2}, \quad (18)$$

або, оскільки $I_* = I / U_*$ отримаємо

$$\beta_m^2 = \frac{a_1 \omega^{1,5} + a_2 \Phi_*^2 \omega^{1,5} + a_3}{a_4 \cdot I / U_*^2 + a_5 \cdot I / U_*^2 \beta_{оп}^2 + a_6 \cdot I / U_*^2}, \quad (19)$$

де коефіцієнти $a_1 \dots a_6$ – відношення окремих видів втрат до сумарних втрат ДПС при номінальному навантаженні (3).

Як зазначалось, у сучасних ДПС значення β_m знаходиться в межах $\beta_m = 0,7 \dots 0,9$, що закладається при проектуванні двигунів і пояснюється найбільш вірогідним тривалим завантаженням ДПС в умовах експлуатації.

Як показано в [1], коефіцієнти відносних втрат в ДПС послідовного збудження істотно різної потужності відрізняються незначно. Тому в порівняльних розрахунках, якщо параметри обраних ДПС не встановлені, можна використовувати усереднені значення $a_1 \dots a_6$:

$$a_{1(MX)} = 0,05 \dots 0,06; \quad a_{2(MT)} = 0,1 \dots 0,3; \quad a_{3(D)} = 0,005 \dots 0,1;$$

$$a_{4(EA)} = 0,45 \dots 0,5; \quad a_{5(EPB)} = 0,17 \dots 0,19; \quad a_{6(Щ)} = 0,03 \dots 0,05.$$

Рівняння (18) і (19) дозволяють оцінити, як змінюється відношення постійних і змінних втрат $\Delta P_{c^*} / \Delta P_{v^*}$ тягового ДПС при зміні основних параметрів регулювання U_* , Φ_* і визначити режим керування ТЕД по мінімуму втрат.

Відповідно до (16) сумарні втрати в двигуні при максимальному ККД рівні

$$\Delta P_{\Sigma OPT^*} = \Delta P_{c^*} + \beta_m^2 \Delta P_{v^*}. \quad (20)$$

Напруга U_{OPT^*} при якій втрати будуть мінімальними, а ККД максимальним, визначається з умови

$$\frac{d\Delta P_{\Sigma OPT^*}}{dU_*} = 0. \quad (21)$$

або

$$\frac{d\Delta P_{c^*}}{dU_*} = \frac{-\beta_m^2 \Delta P_{v^*}}{dU_*}. \quad (22)$$

З (19), узявши похідні по виразах в чисельнику і знаменнику, з урахуванням того, що $\Phi_* \cong U_* / \omega_*$, отримаємо:

$$\frac{d\Delta P_{c^*}}{dU_*} = 2a_2 U_* \sqrt{\omega_*}; \quad (23)$$

$$\frac{d\beta_m^2 \Delta P_{v^*}}{dU_*} = \beta_m^2 \left(-\frac{2a_4}{U_*^3} - \frac{2a_5 \beta_{OP}^2}{U_*^3} - \frac{2a_6}{U_*^3} \right); \quad (24)$$

При сумісному рішенні (22), (23) і (24), отримаємо

$$2a_2 U_* \sqrt{\omega_*} = 2\beta_m^2 \cdot 1 / U_*^3 (a_4 + a_5 \beta_{OP}^2 + a_6)$$

або

$$a_2 U_*^4 \sqrt{\omega_*} = \beta_m^2 (a_4 + a_5 \beta_{оп}^2 + a_6),$$

звідки

$$U_{опт*} = \beta_m \sqrt{\frac{a_4 + a_5 \beta_{оп}^2 + a_6}{a_2 \sqrt{\omega_*}}}, \quad (25)$$

де $U_{опт*}$ – оптимальне значення напруги, що забезпечує регулювання ДПС при максимальному ККД.

Магнітний потік $\Phi_{опт*}$ і струм збудження $I_{опт*}$ при регулюванні напруги по (25) приймаються рівними:

$$\Phi_{опт*} \cong U_{опт*} / \omega_*; I_{опт*} \cong U_{опт*} / (K_\mu \cdot \omega_*), \quad (26)$$

Характеристика регулювання $U_{опт*}$ (25) потоку $\Phi_{опт*}$ і струму $I_{в.опт*}$ (26) спільно з правильно вибраними умовами регулювання, забезпечують режим управління тягового ДПС відповідно до заданого коефіцієнта навантаження β_m і максимальним ККД двигуна.

Розглянемо формування режиму управління ДПС послідовного збудження по максимуму ККД на основних ділянках граничної механічної характеристики $M_*(\omega_*)$ і характеристик регулювання $U_*(I_*)$ представлених в [1]. В інтервалі кутових швидкостей $0 \leq \omega_* \leq \omega_{min*}$ на ділянці АВ в режимі пуску ДПС приймаються наступні умови пуску: $M_* = M_{п*} = 2...3$; $I_* = I_{п*} = 2...3$; $\beta_{оп} = 1$. Характеристика регулювання:

$$\begin{aligned} U_{min*} &= a \Phi_{п*} \omega_{min*} + v I_{п*}; \\ \Phi_{п*} &= \Phi_{п*} (I_{п*}). \end{aligned} \quad (27)$$

Тут $a = E_H / U_H \quad \theta, 95$; $v = I_H R_a' / U_H \quad 0,05$. На інтервалі швидкостей $\omega_{min*} \leq \omega_* \leq 1$ на ділянці DC характеристики $M_*(\omega_*)$ і $U_*(I_*)$. Умови регулювання: $P_{г*} = 1$; $I_* = I_*(\omega_*) = \beta_{оп} = 1$; $\beta_m = const$.

Характеристика регулювання:

$$U_{OPT}^2 = \beta_m \sqrt{\frac{a_4 + a_5 \beta_{OPT}^2 + a_6}{a_2 \sqrt{\omega_*}}}; \quad (28)$$

$$\Phi_{OPT} = U_{OPT} / \omega_*; I_{\bar{B}.OPT} = U_{OPT} / (K_\mu \cdot \omega_*).$$

В інтервалі швидкостей $1 \leq \omega_* \leq \omega_{J^*}$, ω_{J^*} – гранична швидкість, до значення якої забезпечується раціональне економічне регулювання та допустимі потенційно-комутаційні умови при $U_* > 1$. При кратності швидкості $K_\omega \geq 3$ значення ω_{J^*} приймається рівним $\omega_{J^*} = 2$.

Умови регулювання: $P_{J^*} = 1; I_* = I_*(\omega_*); \beta_{OP} = 1; \beta_m = const$.

Характеристика регулювання:

$$U_{OPT}^2 = \beta_m \sqrt{\frac{a_4 + a_5 \beta_{OPT}^2 + a_6}{a_2 \sqrt{\omega_*}}}; \quad (29)$$

$$\Phi_{OPT} = U_{OPT} / \omega_*; I_{\bar{B}.OPT} = U_{OPT} / (K_\mu \cdot \omega_*).$$

В інтервалі швидкостей $\omega_{J^*} \leq \omega_* \leq \omega_{max^*}$ на ділянці C/d характеристики $M_*(\omega_*)$ умови регулювання: $P_{J^*} = 1; \beta_{OP} \geq 0,4; \beta_m = const$. Характеристика регулювання:

$$\Phi_* = \frac{U_{max}^2 - v}{a - \omega_{max^*} U_{max^*}}; \quad U_* = U_{max^*}. \quad (30)$$

Режими оптимального керування ДПС послідовного збудження приведені в табл. 1.

Аналогічно, з урахуванням специфіки систем збудження, можуть бути сформовані режими управління по максимуму КПД ДПС незалежного і змішаного збудження.

Для полегшення обчислень U_{OPT} та Φ_{OPT} по (28) слід встановити зв'язок між коефіцієнтом насичення K_μ та швидкістю ω_* , що досягається побудовою залежностей $U_{OPT}(\omega_*)$ і $\Phi_{OPT}(K_\mu)$ на основі сумісного розглядання графічних залежностей $K_\mu(I_{B^*})$ і $I_{B^*}(\omega_*)$, побудованих на основі характеристик намагнічення (рис. 1) та співвідношень (26) для тих же значень коефіцієнту K_μ .

Для часткових тягових механічних характеристик $P_{J^*} < 1$ при реалізації режиму управління по максимуму ККД зміна напруги і коефіцієнта ослаблення поля визначається за рівняннями:

$$U_{OPT.ч*} = U_{OPT*} \cdot \sqrt{P_{I*}}; \beta_{ОП.ОПТ.ч*} = \beta_{ОПТ.ч*} \cdot P_{I*}. \quad (31)$$

Оптимальні характеристики регулювання (25) і (26) забезпечують управління ДПС по максимуму ККД і заданій величині β_m . Згідно графіка ККД ДПС, значення максимального ККД η_{max} не відрізняється критичністю, тобто при порівняно великій зоні зміни коефіцієнта навантаження β ККД двигуна близькі за значенням η_{max} при $\beta_m = 0,7 \dots 0,9$. Це істотно спрощує практичну реалізацію режимів керування ДПС по максимуму ККД з використанням порівняльних простих за конструкцією вентильних перетворювачів у вигляді керованих тиристорних регуляторів напруги.

Таблиця 1 – Режими оптимального керування ДПС мотоблоку

Інтервали кутових швидкостей	Умови регулювання	Характеристики регулювання	Режими керування
$0 \leq \omega_* \leq \omega_{min*}$	$M_{П*} = 2 \dots 3$ $I_{П*} = 2 \dots 3$ $\beta_{ОП} = 1$	$U_{min*} = 0,95 \Phi_{П*} \omega_{min*} - 0,05 I_{П*}$ $\Phi_{П*} = \Phi_*(I_{П*})$	1
$\omega_{min*} \leq \omega_* \leq 1$	$P_{I*} = 1$ $I_* = I_*(\omega_*)$ $\beta_{ОП} = 1$ $\beta_m = const$	$U_{ОПТ*}^2 = \beta_m \sqrt{\frac{a_4 + a_5 \beta_{ОПТ*}^2 + a_6}{a_2 \sqrt{\omega_*}}}$ $\Phi_{ОПТ*} = U_{ОПТ*} / \omega_*$ $I_{В.ОПТ*} = U_{ОПТ*} / (K_\mu \cdot \omega_*)$	2
$1 \leq \omega_* \leq \omega_{I*}$	$P_{I*} = 1$ $I_* = I_*(\omega_*)$ $\beta_{ОП} = 1$ $\beta_m = const$	$U_{ОПТ*}^2 = \beta_m \sqrt{\frac{a_4 + a_5 \beta_{ОПТ*}^2 + a_6}{a_2 \sqrt{\omega_*}}}$ $\Phi_{ОПТ*} = U_{ОПТ*} / \omega_*$ $I_{В.ОПТ*} = U_{ОПТ*} / (K_\mu \cdot \omega_*)$	3
$\omega_{I*} \leq \omega_* \leq \omega_{ma}$	$P_{I*} = 1$ $\beta_{ОП} \geq 4$ $\beta_m = const$	$\Phi_* = \frac{U_{max}^2 - \nu}{a - \omega_{max*} U_{max*}}$ $U_* = U_{max*}$	4

Висновок. Вибір раціональних режимів управління тяговим ДПС мотоблоків слід проводити на основі трьох критеріїв раціонального керування, що дозволяють забезпечити простими і надійними засобами реалізацію заданої тягової характеристики $M_*(\omega_*)$ з високими техніко-енергетичними показниками.

Література

1. *Ковальов О.В.* Тягові характеристики та керування мотоблоком з електроприводом по максимуму ККД / *О.В. Ковальов* // Вісник Національного технічного Університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХПІ», 2008. – №30. – С. 509-510.
2. *Ильинский Н.Ф.* Электроприводы постоянного тока с управляемым моментом/ *Н.Ф. Ильинский*. – М.: Энергоиздат, 1981. – 144 с.
3. *Пролыгин А.П.* Регулирование двигателей постоянного тока в электроприводе колесных машин/ *А.П. Пролыгин, А.Д. Машихин, А.Б. Миндлин* // Электротехническая промышленность. Тяговое и подъемно-транспортное электрооборудование. – 1975, Вып. 2 (35). – С. 9-11.

ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА УПРАВЛЕНИЯ ТЯГОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА МОТОБЛОКА

Ковалев А.В.

Аннотация

Обоснованы и сформулированы режимы оптимального управления тяговым двигателем постоянного тока мотоблока с обеспечением высоких технико-энергетических показателей.

GROUND OF THE OPTIMUM MODE OF HAULING ENGINE MANAGEMENT OF DIRECT-CURRENT OF MOTOBLOCK

A. Kovalyov

Summary

The modes of optimum hauling engine management of direct-current of motoblock are grounded and formulated with providing of high technique-energy indexes.

УДК 621.313.333.004.58

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СИСТЕМЕ “ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ – РАБОЧАЯ МАШИНА”

Постникова М.В., инженер,

Телюта Р.В., инженер.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619)42-32-63

Аннотация – предложена методика исследования потерь активной мощности в системе “электродвигатель – рабочая машина”.

Ключевые слова – механическая характеристика, вращающий момент, частота вращения, потери активной мощности, полезная активная мощность.

Постановка проблемы. Сегодня в поточных технологических линиях агропромышленного комплекса наблюдаются значительные потери активной мощности как в приводных электродвигателях, так и в рабочих машинах [4].

Анализ последних исследований. Вопросам потерь активной мощности в современных исследованиях уделяется большое внимание. Однако, отдельно рассматриваются как электродвигатели, так и рабочие машины.

Формулирование целей статьи. Целью статьи является комплексное исследование потерь активной мощности в системе “электродвигатель – рабочая машина”.

Основная часть. Как известно, в системе “электродвигатель – рабочая машина” кроме полезной активной мощности, расходуемой на выполнение требуемой работы по переработке продукции наблюдаются потери активной мощности как в приводном электродвигателе, так и в рабочей машине. Исследуем эти потери.

Рассмотрим эмпирическую формулу механической характеристики рабочей машины [2]

$$M_c = M_o + (M_{cн} - M_o) \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^x, \quad (1)$$

где M_c – момент сопротивления рабочей машины, Н·м;

M_o – момент трогания рабочей машины, Н·м;

$M_{с.н}$ – номинальный момент сопротивления рабочей машины, Н·м;

ω – угловая скорость вращения рабочей машины, рад/с;

ω_n – номинальная угловая скорость вращения рабочей машины, рад/с;

x – коэффициент, характеризующий тип механической характеристики.

Известно, что

при $x = 0$ механическая характеристика является независимой от скорости;

при $x = 1$ механическая характеристика является линейно-возрастающей;

при $x = 2$ механическая характеристика является нелинейно-возрастающей;

при $x = -1$ механическая характеристика является нелинейно-спадающей.

Приведём для примера линейно-возрастающую механическую характеристику (рис. 1).

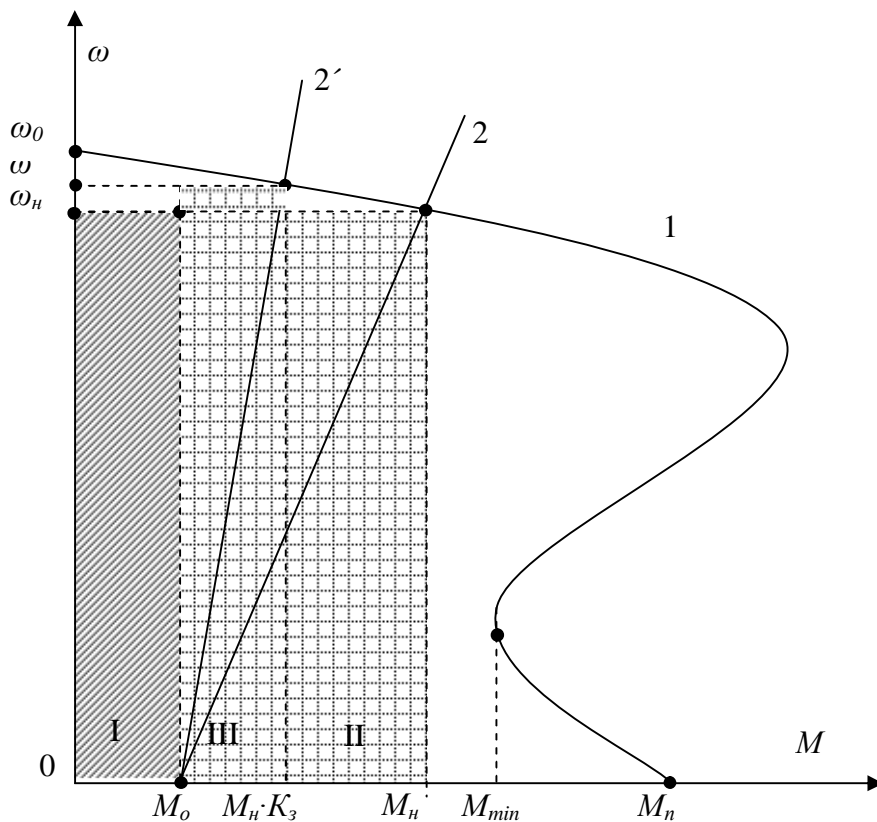


Рис. 1. Механические характеристики:
1 – электродвигателя; 2 – рабочей машины.

Для приведенной механической характеристики принято

$$M_{с.н} = M_n, \quad (2)$$

где M_n – номинальный момент электродвигателя, Н·м.

На рисунке 1 представлены потери активной мощности в рабочей машине на трение (заштрихованная площадь I)

$$P_o = M_o \cdot \omega_n. \quad (3)$$

Активная мощность, потребляемая рабочей машиной на выполнение работы при номинальной загрузке, представляется заштрихованной площадью II

$$P_n = (M_n - M_o) \cdot \omega_n. \quad (4)$$

Активная мощность, потребляемая рабочей машиной на выполнение полезной работы при неполной загрузке (механическая характеристика 2'), представлена заштрихованной площадью III

$$P = (M_n \cdot \kappa_3 - M_o) \cdot \omega, \quad (5)$$

где κ_3 – коэффициент загрузки рабочей машины;

ω – угловая скорость вращения рабочей машины при неполной загрузке, рад/с.

Под коэффициентом загрузки рабочей машины будем понимать отношение фактической её производительности к номинальной, то есть

$$\kappa_3 = \frac{Q}{Q_n}, \quad (6)$$

где Q – фактическая производительность рабочей машины, кг/с;

Q_n – номинальная производительность рабочей машины, кг/с.

При недогрузке рабочей машины коэффициент загрузки

$$\kappa_3 < 1, \quad (7)$$

при перегрузке

$$\kappa_3 > 1, \quad (8)$$

при номинальной загрузке

$$\kappa_3 = 1. \quad (9)$$

Активная мощность, потребляемая рабочей машиной на трение при неполной загрузке рабочей машины

$$P_o = M_o \cdot \omega. \quad (10)$$

Таким образом, в общем случае активная мощность, потребляемая рабочей машиной, равна

$$P_c = P_o + P, \quad (11)$$

то есть состоит из постоянной составляющей активной мощности P_o , расходуемой на трение, и переменной составляющей активной мощности P , расходуемой на выполнение полезной работы.

Запишем выражение коэффициента загрузки работающего электродвигателя

$$\kappa_{зэд} = \frac{P_o + P}{P_{2н}}, \quad (12)$$

где $P_{2н}$ – номинальная активная мощность электродвигателя, Вт.

Перепишем выражение (12) с учётом (5) и (10), введя скольжение электродвигателя

$$\kappa_{зэд} = \frac{\omega_o \cdot (1 - s) \cdot (M_o + (M_n \cdot \kappa_3 - M_o))}{P_{2н}}, \quad (13)$$

где ω_o – синхронная угловая скорость электродвигателя, рад/с;

s – скольжение электродвигателя.

Перепишем выражение (13), используя угловую скорость вращения электродвигателя

$$\kappa_{зэд} = \frac{\omega \cdot (M_o + (M_n \cdot \kappa_3 - M_o))}{P_{2н}}, \quad (14)$$

Величина $(M_n \cdot \kappa_3 - M_o) \cdot \omega$ представляет собой, как было показано ранее (5), полезную активную мощность, а величина $M_o \cdot \omega$ представляет собой, как было показано ранее (10), активную мощность, расходуемую на трение.

Таким образом, измеряя угловую скорость вращения либо скольжение электродвигателя, можно определить, с одной стороны – потери активной мощности в рабочей машине, а с другой – полезную активную мощность, потребляемую рабочей машиной.

По этим данным можно рассчитать коэффициент загрузки электродвигателя и потери активной мощности в электродвигателе.

Зная коэффициент загрузки электродвигателя, пользуясь справочными данными [3], можно определить коэффициент полезного действия электродвигателя и потери активной мощности в нём

$$\Delta P_{эд} = \frac{\kappa_{эд} \cdot P_{2н}}{\eta} - \kappa_{эд} \cdot P_{2н}, \quad (15)$$

где η – коэффициент полезного действия электродвигателя при заданном коэффициенте загрузки.

Проведём исследование потерь активной мощности в системе “электродвигатель – рабочая машина” на примере привода ковшевого элеватора (нории).

Активная мощность, потребляемая ковшевым элеватором (норией) [1]

$$P_c = \frac{g \cdot \kappa_3 \cdot Q_n \cdot H}{\eta_n}, \quad (16)$$

где κ_3 – коэффициент загрузки норией;

Q_n – номинальная производительность норией, кг/с;

H – высота подъёма материала, м;

η_n – номинальный коэффициент полезного действия норией.

Полезная активная мощность, потребляемая норией

$$P = g \cdot \kappa_3 \cdot Q_n \cdot H. \quad (17)$$

Потери активной мощности в норией

$$P_0 = \frac{g \cdot \kappa_3 \cdot Q_n \cdot H}{\eta_n} - g \cdot \kappa_3 \cdot Q_n \cdot H. \quad (18)$$

Таким образом, нами получена зависимость потерь активной мощности в норией в функции производительности норией при заданных значениях высоты подъёма продукта и номинального коэффициента полезного действия норией.

Исследуем потери активной мощности в норией типа НЗ-20 с приводным электродвигателем типоразмера 4А100S4У3 с номинальной мощностью 3 кВт.

Введём понятие коэффициента потерь активной мощности в системе “электродвигатель - рабочая машина”, под которым будем пони-

мать отношение потерь активной мощности в системе к активной мощности, потребляемой рабочей машиной, то есть

$$\kappa_n = \frac{\Delta P}{P_c}, \quad (19)$$

где ΔP – потери активной мощности в системе, Вт.

Последние определяем следующим образом:

$$\Delta P = P_o + \Delta P_{эд}; \quad (20)$$

$$P_o = P_c - P. \quad (21)$$

Введём понятие удельных потерь энергии в системе, расходуемой на единицу перерабатываемой продукции

$$w_{уд} = \frac{\Delta P}{Q}, \quad (22)$$

где $w_{уд}$ – удельные потери энергии, Дж/кг.

Расчётные данные заносим в табл. 1.

Таблица 1

κ_3	0,1	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,25
P_c , Вт	575	650	687	725	800	875	950	1025	1100	1175	1250	1437
P , Вт	75	150	187	225	300	375	450	525	600	675	750	938
P_o , Вт	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
$\kappa_{эд}$	0,19	0,22	0,23	0,24	0,27	0,29	0,32	0,34	0,37	0,39	0,42	0,48
$\Delta P_{эд}$, Вт	126	143	151	159	176	192	209	225	241	258	274	316
ΔP , Вт	626	643	651	659	676	692	709	725	741	758	774	816
$\kappa_{п}$	1,09	0,99	0,95	0,91	0,85	0,79	0,75	0,71	0,68	0,65	0,62	0,57
Q , кг/с	0,56	1,11	1,39	1,67	2,22	2,78	3,34	3,89	4,45	5,00	5,56	6,95
$w_{уд}$, Дж/кг	1126	578	468	395	304	249	212	186	167	151	139	117

На рис. 2 и 3 приведены зависимости коэффициента потерь активной мощности в системе “электродвигатель – рабочая машина” в функции активной мощности, потребляемой рабочей машиной и удельных потерь энергии в системе в функции производительности рабочей машины.

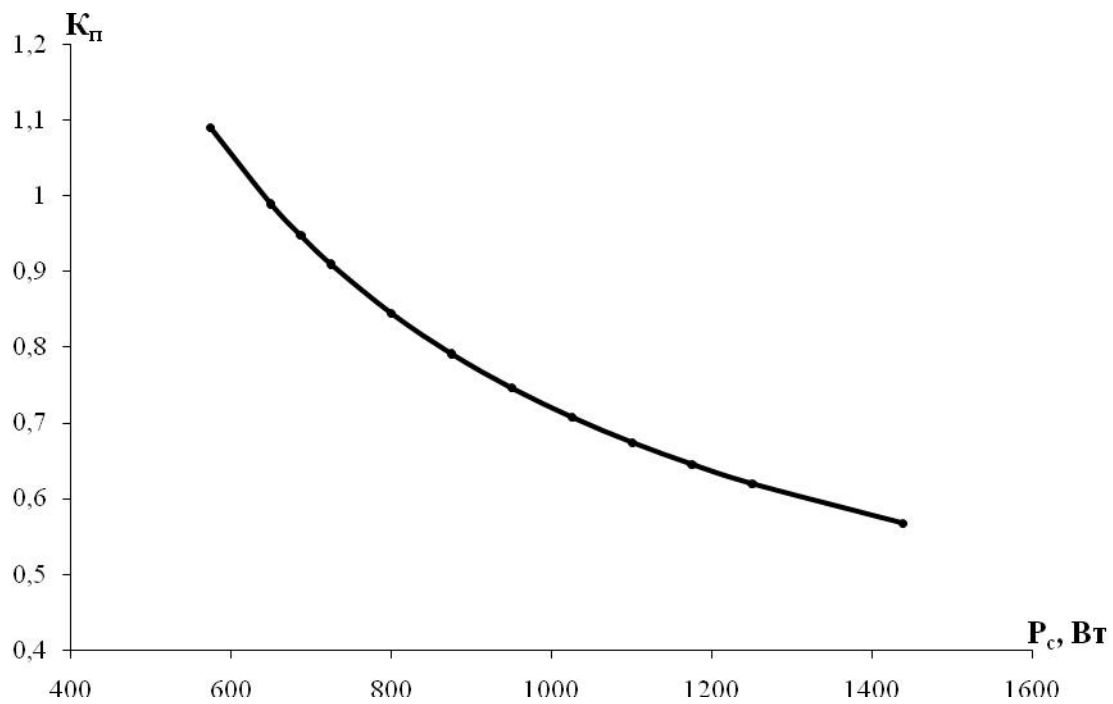


Рис. 2. Зависимость коэффициента потерь активной мощности в системе “электродвигатель – рабочая машина” в функции активной мощности, потребляемой рабочей машиной.

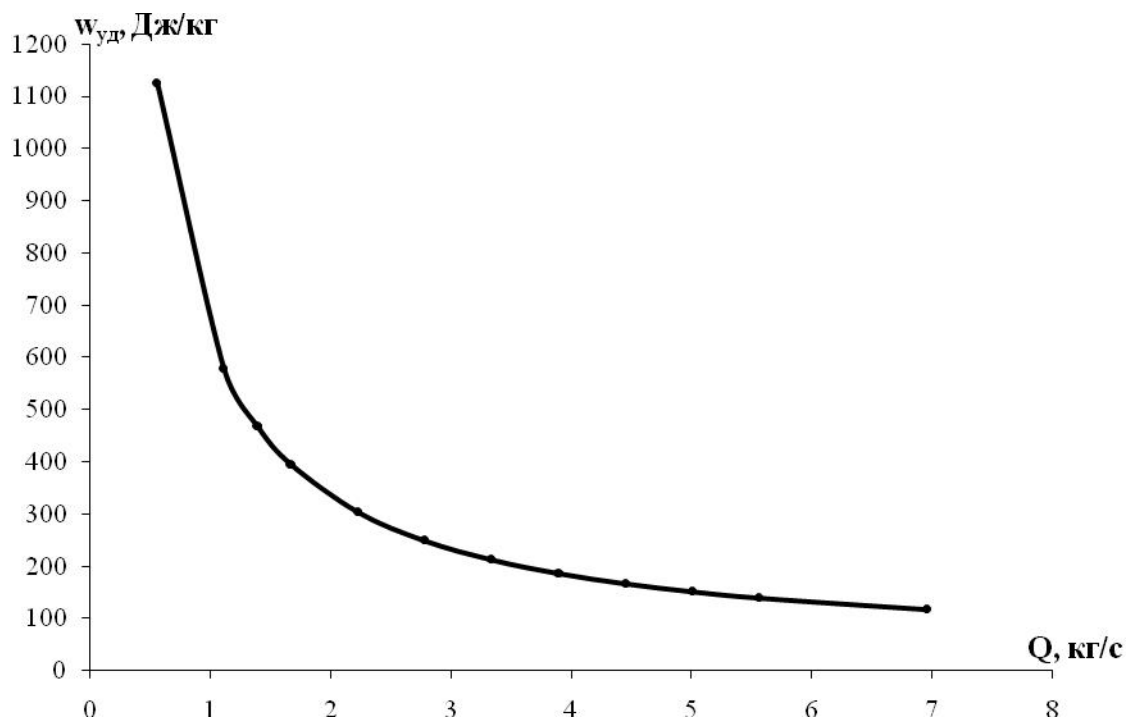


Рис. 3. Зависимость удельных потерь энергии в системе “электродвигатель – рабочая машина” в функции производительности рабочей машины.

Выводы. Как показывают результаты исследования, зависимость удельных потерь энергии в системе “электродвигатель – рабочая машина” в функции производительности носит убывающий характер, и поэтому, возможно создание оптимизационной системы загрузки рабочей машины.

Литература

1. *Кожуховский И.Е.* Механизация очистки и сушки зерна / *И.Е. Кожуховский, Г.Т. Павловский.* – М.: Колос, 1968. – 439 с.
2. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та поточкових ліній: Підручник / [Є.Л. Жуляй, Б.В. Зайцев, Ю.М. Лаврінченко та інш.]; за ред. Є.Л. Жуляя. – К.: Вища освіта, 2001. – 288 с.
3. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник / [А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф, В.И. Афонин, Е.А. Соболевская]; под. ред. А.Э. Кравчика. – М.: Энергоиздат, 1982. – 504 с.
4. *Корчемний М.* Енергозбереження в агропромисловому комплексі / *М. Корчемний, В. Федорейко, В. Щербань.* – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 984 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВТРАТ АКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В СИСТЕМІ “ЕЛЕКТРОДВИГУН – РОБОЧА МАШИНА”

Постнікова М.В., Телюта Р.В.

Анотація

Запропонована методика дослідження втрат активної потужності в системі “електродвигун – робоча машина”.

STUDY OF THE LOSSES TO ACTIVE POWER IN SYSTEM “ELEKTRODVIGATELI-A WORKER MACHINE”

M. Postnikova, R. Telyuta

Summary

The research of active power losses in system “electric motor – a worker machine” is offered.

УДК 621.3.082.64:621.382.2

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ДИОДА В КАЧЕСТВЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Курашкин С.Ф., инженер.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619) 42-32-63

Аннотация – в работе рассмотрена практическая сторона применения полупроводникового диода в качестве измерительного преобразователя температуры

Ключевые слова – измерительный преобразователь температуры, статическая вольт-амперная характеристика диода, обратный ток насыщения диода, температурный потенциал.

Постановка проблемы. Для измерения температуры объектов могут использоваться измерительные преобразователи, принцип действия которых основан на различных физических явлениях. Использование полупроводниковых измерительных преобразователей на основе *p-n* перехода в некоторых практических случаях представляется весьма удобным.

Анализ последних достижений. Влияние температуры на электрофизические параметры полупроводников, в частности диодов и транзисторов, проявляются в изменении концентрации носителей заряда, что приводит к изменению тока, протекающего через полупроводниковый прибор.

В измерительных преобразователях температуры на основе диодов используется известная зависимость параметров *p-n* перехода в полупроводнике от температуры [1]

$$I = I_0 e^{(qU_0/kT-1)}, \quad (1)$$

где I_0 – ток насыщения (или ток утечки);

q – заряд электрона;

U – напряжение, прикладываемое к диоду, В;

k – постоянная Больцмана;

T – температура, К.

Первоначально в качестве температурозависимого параметра использовался обратный ток диода. При увеличении температуры обратный ток насыщения увеличивается примерно в 2 раза у германиевых и в 2,5 раза у кремниевых диодов на каждые 10°C . Для германиевых диодов

$$I_0 = I_{01} \cdot 2^{(T-T_1)/10}, \quad (2)$$

где I_{01} – ток насыщения измеренный при температуре T_1 .

Однако, диапазон температур, в пределах которых возможно использование обратных токов ограничен. Верхний температурный предел применения определяется температурой их теплового пробоя – для германиевых $80\dots 100^{\circ}\text{C}$, для кремниевых $150\dots 200^{\circ}\text{C}$.

Наибольшее распространение получило использование прямых параметров диодов. Их существенными преимуществами являются линейность температурной зависимости, широкий диапазон рабочих температур, высокая стабильность. Чаще всего для измерения температуры используется прямое напряжение на $p-n$ переходе при почти постоянном токе. Изменение прямого напряжения составляет порядка $2,5 \text{ мВ}/^{\circ}\text{C}$, для диодов в интегральном исполнении от $1,5 \text{ мВ}/^{\circ}\text{C}$ в нормальном режиме до $2 \text{ мВ}/^{\circ}\text{C}$ в режиме микротоков.

Так, например, для диода КД503А падение напряжения на $p-n$ переходе при 24°C и токе 10 мА равно 805 мВ ; крутизна преобразования равна $0,6 \text{ мВ}/^{\circ}\text{C}$; для КД102А – $730\dots 740 \text{ мВ}$ и $0,7 \text{ мВ}/^{\circ}\text{C}$.

Формулировка цели статьи. Поставлена практическая задача применения полупроводникового измерительного преобразователя для измерения превышения температуры обмотки статора погружного электродвигателя.

Основная часть. Принцип действия предлагаемого устройства для измерения превышения температуры основан на том, что при неизменном и малом токе, протекающем через полупроводниковый диод падение напряжения на его переходе прямо пропорционально температуре окружающей среды.

Электронный термометр, схема которого приведена на рис. 1, выполнен по балансно-мостовой схеме [2] и содержит стабилизатор напряжения (микросхема DA1), стабилизатор тока, обеспечивающий постоянный ток через диод 10 мА (микросхема DA2), мостовую измерительную схему, датчик температуры – полупроводниковый диод VD1 – и измерительный прибор PV.

Потенциометром R4 устанавливают чувствительность устройства. Потенциометр R1 предназначен для установления стрелки при-

бора при "начальной" температуре в "начальную" точку отсчета, например, 20°C.

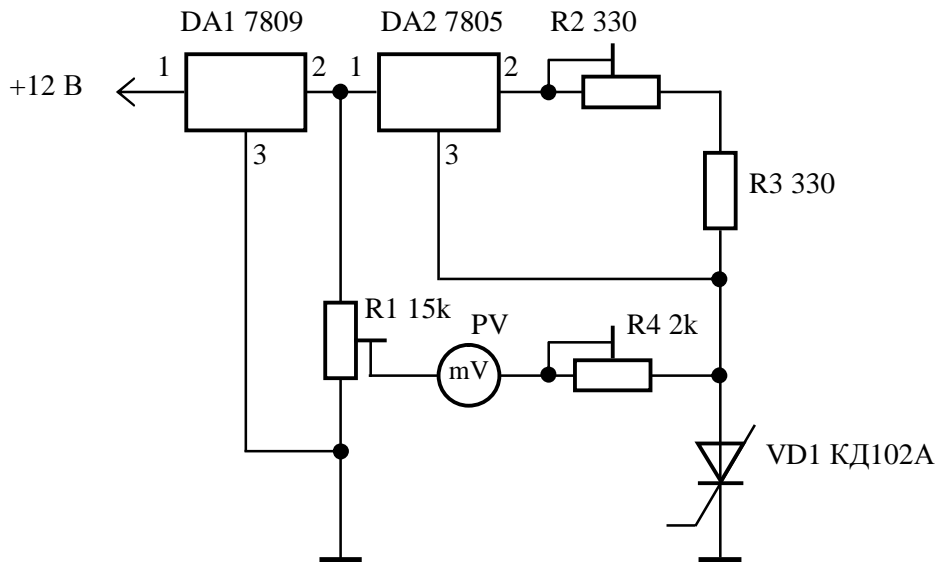


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема измерения превышения температуры обмотки статора.

Питание электронного термометра осуществлялось выпрямленным напряжением 12 В от источника постоянного тока, которое стабилизировалось на уровне 9 В с помощью стабилизатора DA1. Стабилизатор DA2, включенный по схеме генератора стабильного тока, обеспечивал ток диода VD1 на уровне 10 мА. Потенциометр R1 предназначался для баланса моста R1R2R3VD1 – с его помощью стрелка милливольтметра устанавливалась в ноль, компенсируя температуру воды в погружном электродвигателе. Таким образом, показания милливольтметра были пропорциональны превышению температуры обмотки статора погружного электродвигателя.

Милливольтметр PV, включенный в измерительную диагональ моста, R1R2R3VD1 измерял напряжение его небаланса при изменении падения напряжения на полупроводниковом диоде в результате его нагревания.

Чувствительность термометра может быть повышена за счет последовательного соединения нескольких диодов-датчиков, но одновременно возрастает инерционность прибора.

В качестве термопреобразователя использовался полупроводниковый кремниевый диод КД102А [3], который был предварительно отградуирован при температуре окружающей среды 20 °С.

Термопреобразователь был уложен во время ремонта обмотки погружного электродвигателя в лобовой части обмотки статора со стороны насоса по рекомендациям [4]. Крепление термопреобразователя к виткам обмотки осуществлялось с помощью фторопластовой ленты. К милливольтметру термопреобразователь подключался с помощью двужильного экранированного медного кабеля сечением $1,5 \text{ мм}^2$.

Измерения производились для номинального режима работы электродвигателя, который устанавливался с помощью открытия задвижки на нагнетательном трубопроводе установки для испытания погружных электродвигателей.

Тепловая инерция малогабаритного кремниевого диода массой 100 мг составляет $2,5 \text{ }^\circ\text{C}/\text{с}$ [5], что достаточно для поставленной задачи. Результаты измерений выполненные с помощью полупроводникового термоэлектрического преобразователя приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты экспериментальных исследований превышения температуры обмотки статора погружного электродвигателя ПЭДВ 2,8-140

Время t , с	0	60	120	180	240	300	420	540	660
Среднее значение превышения температуры τ , $^\circ\text{C}$	0	5,3	9,7	13,4	15,2	16,5	18,7	20,3	21,7

Время t , с	780	900	1200	1500	1800	2100	2400	2700	3000
Среднее значение превышения температуры τ , $^\circ\text{C}$	22,7	23,5	25,1	25,8	26,2	26,6	26,7	26,8	26,9

Выводы. Таким образом, применение полупроводниковых преобразователей температуры возможно как для научных исследований, так и для применения в схемах функционального диагностирования электротехнического оборудования.

Литература

1. Расчет электронных схем. Примеры и задачи. / [Изьорова Г.И., Королев Г.В., Терехов В.А. и др.]. – М.: Высшая школа, 1987. – 335 с.
2. Шустов М. Электронный термометр / М. Шустов // Радиомир. – 2001. – № 11. – С. 31.

3. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы. Справочник / [Баюков А.Б., Гитцевич А.Б., Зайцев А.А. и др.]; под ред. Н.Н. Горюнова. – М.: Энергоиздат, 1982 – 744 с.

4. Гамзаев М.М. Повышение эксплуатационной надежности погружных электронасосных установок с помощью температурной защиты: автореф. дисс. на соиск. учен. степени канд. техн. наук: спец. 05.20.02 «Электрификация сельскохозяйственного производства» / М.М. Гамзаев. – Челябинск, 1987. – 20 с.

5. Датчики измерительных систем: в 2-х книгах. Кн.1 / [Ж. Аш, П. Андре, Ж. Бофрон и др.]; пер. с франц. под ред. А.С. Обухова. – М.: Мир, 1992. – 480 с.

ЗАСТОСУВАННЯ НАПІВПРОВІДНИКОВОГО ДІОДА У ЯКОСТІ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ТЕМПЕРАТУРИ

С.Ф. Курашкін

Анотація

У роботі розглянута практична сторона застосування напівпровідникового діода у якості вимірювального перетворювача температури.

USING A SEMICONDUCTOR DIODE AS A TEMPERATURE MEASURING TRANSDUCER

S. Kurashkin

Summary

Work is dedicated to practical using semiconductor diode as a temperature measurement and his experimental research in this role.