

«пожежі сталі» через порушення ізоляції між сталевими листами або стяжними болтами, слабким пресуванням стали, утворенням короткозамкненого кола.

Перелічені фактори можуть впливати як окремо так і сукупно у різних комбінаціях. Це впливає на надійність ізоляційної конструкції обмоток силового трансформатора, оскільки саме обмотки є найуразливішим з конструктивних елементів. Також причинами пошкоджень масляних трансформаторів можуть бути: пошкодження в системі захисту, нечітке регулювання перемикального пристрою, між фазне коротке замикання, забруднення виводів, недостатня якість трансформаторного масла, незадовільний стан виводів в точці з'єднання обмоток.

Таким чином, з урахуванням викладеного вище, у подальших дослідженнях необхідно враховувати причинно-наслідкові зв'язки експлуатаційних причин, через які силовий трансформатор виходить з ладу. В силових трансформаторах конструкційна надійність не є визначаючою в розвитку процесів ушкодження ізоляції. Вагому роль відіграють природні процеси її старіння під впливом експлуатаційних факторів. А тепловий знос ізоляції є тим фактором, що відіграє головну роль у загальному її зношенні. Більшість факторів призводять саме до підвищення нагріву ізоляції і викликає збільшення її теплового зносу.

Висновки. Проведений аналіз механізму пошкодження основних елементів конструкції силового трансформатора з дослідженням причин і наслідків для стану цих елементів доводить, що обмотки трансформатора є найбільш уразливим елементом конструкції, а в обмотках найбільше ушкоджується ізоляція проводів. Аналіз причинно-наслідкових зв'язків експлуатаційних факторів дозволяє виявити діагностичні параметри для контролю стану силового трансформатора.

ДЖЕРЕЛА ТА ЛІТЕРАТУРА

1. Курашкін С.Ф. Механізм пошкодження елементів конструкції силового трансформатора / С.Ф. Курашкін, І.О. Попова. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. Технічні науки. // Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – Вип.186. – Харків: ХНТУСГ, 2017. – С.62-63.

2. Овчаров В.В. Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве / В.В. Овчаров. – К.: УСХА, 1990. – 168 с.

УДК 621.311

*Марина Постнікова, Артем Бобирь
(Мелітополь, Україна)*

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМНИХ ТА КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ЕНЕРГЕТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАВАНТАЖУВАЛЬНОЇ НОРІЇ ПОТОКОВИХ ЛІНІЙ ЗЕРНООЧИСНОГО АГРЕГАТУ ЗАВ-25

Досліджений вплив режимних та конструктивних параметрів на енергетичні характеристики завантажувальної норії поточкових ліній зерноочисного агрегату ЗАВ-25. Для вирішення задачі використаний метод планування математичного експерименту.

Ключові слова: *електропривод, енергетична характеристика, норія, багатофакторний експеримент.*

There was researched an influence of regime and design parameters upon boot elevator energy characteristics of grain cleaning unit ZAV-25. The math's experiment planning method was applied.

Key words: *electric drive, energy characteristic, elevator, multifactor experiment.*

Технологічні процеси сучасних зерноочисних агрегатів характеризуються розмаїттям технологічних схем і впливом на енергетичні характеристики багаточисельних параметрів технологічного і електросилового обладнання. Для визначення впливу режимів роботи обладнання на енергетичні характеристики в робочих процесах очищення зерна базових зерноочисних агрегатів були визначені найбільш суттєві фактори, які впливають на енергетичні характеристики. Тому для вирішення задачі в роботі використаний метод планування математичного експерименту, суть якого складається в застосуванні методів теорії планування експерименту до математичної моделі прийнятого предмету дослідження. При цьому під “експериментом” мається на увазі сукупність розрахунків у відповідності з матрицею планування, яка дає однозначне рішення для функції цілі, що визначається. Відсутність в цьому випадку дисперсії відтворюваності як вхідних, так і вихідних величин, не дозволяє отримати опис функції цілі поліномом з обмеженим числом членів. Тому в прийнятому методі штучно введена дисперсія відтворюваності $S_A^2\{\delta\}$ такої величини, що забезпечила точність розрахунків, що вимагається. В роботі було прийнято, що $S_A^2\{\delta\} = (3\sigma)^2$, де σ – середня квадратична помилка або стандарт, рівний $\sigma = 0,02$, тобто 2 % [1, с. 4]. В цьому випадку всі передумови регресійного аналізу дотримані.

Наприклад, для завантажувальної норії НПЗ-20 агрегату ЗАВ-25, потужність, яку споживає електродвигун визначається за формулою [2, с. 94]

$$D_{\text{н і а е}} = \frac{Q \cdot \dot{H} \cdot g}{\eta_{\text{н і в}} \cdot \eta_{\text{п е р}} \cdot \eta_{\text{д в}}}, \quad (1)$$

де Q – продуктивність норії, кг/с;

H – висота підйому матеріалу, м;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

$\eta_{\text{н і в}}$, $\eta_{\text{п е р}}$, $\eta_{\text{д в}}$ – коефіцієнт корисної дії відповідно норії, передачі, двигуна.

При дослідженні залежності енергетичних характеристик від конструктивних факторів норії зерноочисного агрегату в якості відгуку вибрана спожита потужність електродвигуна. В якості змінних факторів вибрані конструктивні параметри норії.

На математичній моделі спожитої потужності електродвигуна завантажувальної норії зерноочисного агрегату ЗАВ-25 показаний вибір змінних факторів, які впливають на її енергетичні характеристики (рис. 1).

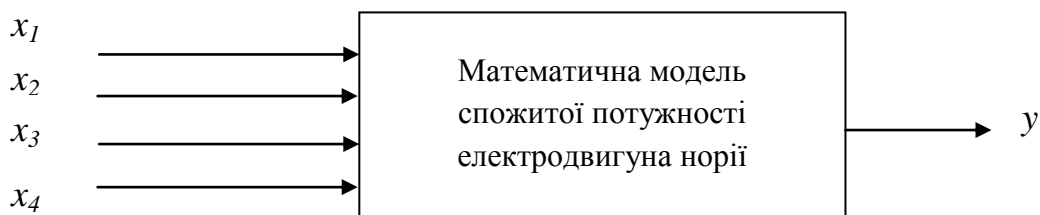


Рис. 1. Математична модель спожитої потужності електродвигуна норії

В математичній моделі (рис. 1) спожитої потужності електродвигуна норії прийнято: x_1 – продуктивність норії, кг/с; x_2 – висота підйому продукту, м; x_3 – коефіцієнт корисної дії норії і передачі; x_4 – коефіцієнт корисної дії електродвигуна; y – спожита потужність електродвигуна, кВт.

Математичний опис енергетичних характеристик визначався шляхом варіювання кожного з факторів на двох рівнях, які відрізняються від основного на величину кроку $\pm\Delta x_i$. Вибір факторів для норії, інтервалів варіювання, рівнів (таблиця 1) визначався на основі аналізу апріорної інформації. Матриця плану повного факторного експерименту (ПФЕ) для норії приведена в таблиці 2.

Таблиця 1

Рівні факторів і інтервали варіювання для норії НПЗ-20

Рівні факторів	Нормована величина	x_1 , т/год.	x_2 , м	x_3 , в.о.
Верхній рівень	+1	20,0	15,75	0,65
Основний рівень	0	15,0	13,75	0,6
Нижній рівень	-1	10,0	11,75	0,55
Шаг варіювання		$\pm 5,0$	$\pm 2,0$	$\pm 0,05$

В табл. 1 прийнято:

x_1 – продуктивність норії, т/год.;

x_2 – висота норії, м;

x_3 – к.к.д. норії і передачі.

Таблиця 2

Матриця плану ПФЕ типу 2^3

N	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	y	\tilde{y}
1	+	-	-	-	+	+	+	-	0,5822	0,6161
2	+	+	-	-	-	-	+	+	1,1643	1,1533
3	+	-	+	-	-	+	-	+	0,7803	0,7989
4	+	+	+	-	+	-	-	-	1,5607	1,5193
5	+	-	-	+	+	-	-	+	0,4926	0,4589
6	+	+	-	+	-	+	-	-	0,9852	0,9961
7	+	-	+	+	-	-	+	-	0,6603	0,6417
8	+	+	+	+	+	+	+	+	1,3206	1,3621
b_i	0,943 3	0,314 4	0,137 2	- 0,0786	0,045 8	- 0,0262	- 0,0114	- 0,0038		

$$S_B^2 \{y\} = 0,0036 \quad S^2 \{b_i\} = 0,00045 \quad S_{aa}^2 \{y\} = 0,00222$$

Перевірка відтворюваності дослідів полягає в оцінці однорідності порядкових дисперсій в матриці плану. Для нормального закону розподілення середня квадратична помилка або стандарт

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2},$$

де σ^2 – дисперсія помилки.

Передбачається, що помилка прийнятна 2 %, тобто $\sigma = 0,02$, отже $3\sigma = 0,06$; $\sigma^2 = 0,0036$.

При повному факторному експерименті дисперсія відтворюваності дослідів

$$S_B^2 \{y\} = \sigma^2; \quad (2)$$

$$S_B^2 \{y\} = 0,0036.$$

Визначаються коефіцієнти регресії. План (табл. 2) дозволяє оцінити лінійні ефекти та парні взаємодії. Потрійними та більшими взаємодіями нехтуємо.

Коефіцієнти регресії, які характеризують лінійні ефекти, визначаються за рівнянням [1, с. 9]

$$b_i = \frac{1}{N} \sum_{g=1}^N x_{i,g} \cdot y_g, \quad (3)$$

де $i = 1, 2, \dots, N-1$;

$g = 1, 2, \dots, N$;

N – кількість дослідів.

Коефіцієнти регресії, які характеризують ефекти взаємодій факторів, визначаються за рівнянням

$$b_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{g=1}^N x_i \cdot x_j \cdot y_g ; \quad (4)$$

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_{g=1}^N x_{0,g} \cdot y_g ; \quad (5)$$

Для перевірки значущості коефіцієнтів регресії розраховується оцінка дисперсії коефіцієнтів регресії за рівнянням [1, с. 10]

$$S^2 \{b_i\} = \frac{S_B^2 \{y\}}{N \cdot m}, \quad (6)$$

де m – число дослідів в кожному рядку плану.

Середньоквадратичне відхилення дисперсії або помилки коефіцієнта регресії b_i визначається за формулою

$$S \{b_i\} = \sqrt{S^2 \{b_i\}}. \quad (7)$$

Для кожного коефіцієнта розраховується розрахункові значення [1, с. 10]

$$t_{ip} = \frac{|b_i|}{S \{b_i\}}, \quad (8)$$

де t_{ip} – розрахункова величина t-критерію для i -го коефіцієнта;

$|b_i|$ – абсолютна величина i -го коефіцієнта;

$S \{b_i\}$ – середньоквадратичне відхилення дисперсії коефіцієнта регресії.

Порівнюються теоретичні та табличні значення за критерієм Стьюдента. В результаті розрахунків отримано рівняння регресії для розрахунку енергетичної характеристики (спожитої потужності) норії в залежності від режимних і конструктивних факторів (коефіцієнти значущі)

$$\tilde{y} = 0,9433 + 0,3144x_1 + 0,1372x_2 - 0,0786x_3 + 0,0458x_{12}. \quad (9)$$

Виконується перевірка моделі на адекватність (критерій Фішера) [1, с. 11]. Порівнюємо розрахункові значення рівняння регресії

$$F_p = \frac{S_{\text{aa}}^2 \{y\}}{S_B^2 \{y\}}, \quad (10)$$

де $S_B^2 \{y\}$ – дисперсія відтворюваності;

$S_{\text{aa}}^2 \{y\}$ – дисперсія адекватності моделі, яка визначається за формулою

$$S_{\text{aa}}^2 \{y\} = \frac{m}{N-d} \sum_{g=1}^N (y_g - \tilde{y}_g)^2, \quad (11)$$

де y_g – значення функції відгуку в g -ому ряді матриці плану;

\tilde{y}_g – розрахункові значення функції відгуку, визначені за розрахунковим рівнянням для умов g -того дослідів плану експерименту;

d – число значущих коефіцієнтів рівняння регресії.

У випадку адекватності моделі

$$F_p < F_k = F_T. \quad (12)$$

Перевірка показала адекватність рівняння регресії. Так як фактори мають різну фізичну природу, різні одиниці виміру, і нарешті, різний порядок значень, для зручності від дійсних

значень факторів переходимо до так званих, нормованих. Нормалізація факторів визначаються за формулою

$$x_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\Delta X_i}, \quad (13)$$

де x_i і x_{i0} – відповідно натуральне і нульове значення факторів.

Значення факторів на верхньому і нижньому рівнях будуть дорівнювати

$$x_{i\bar{i}} = x_{i0} - \Delta X_i; \quad x_{i\underline{i}} = x_{i0} + \Delta X_i.$$

Нормовані значення факторів визначаються

$$x_{i0} = \frac{X_{i0} - X_{i0}}{\Delta X_i} = 0 - \text{базовий};$$

$$x_{i\bar{i}} = \frac{X_{i\bar{i}} - X_{i0}}{\Delta X_i} = +1 - \text{верхній}; \quad x_{i\underline{i}} = \frac{X_{i\underline{i}} - X_{i0}}{\Delta X_i} = -1 - \text{нижній};$$

За допомогою формули (13) переходимо до натуральних значень факторів

$$\tilde{\sigma}_1 = \frac{Q - Q_{\text{під}}}{\Delta Q}; \quad x_2 = \frac{\dot{I} - \dot{I}_{\text{під}}}{\Delta \dot{I}}; \quad x_3 = \frac{\eta_{\text{іі}} - \eta_{\text{ііпід}}}{\Delta \eta_{\text{іі}}}.$$

Тоді рівняння прийме вигляд

$$\dot{D}_{\text{міі}} = 0,9446 - 0,0001 \cdot Q - 0,0001 \cdot H - 1,572 \cdot \eta_{\text{іі}} + 1,41 \cdot Q \cdot \dot{I}. \quad (14)$$

Аналіз багатофакторної моделі потужності, яка споживається електродвигуном, вказує, що на потужність електродвигуна норії впливають: продуктивність, висота норії, ККД норії.

ДЖЕРЕЛА ТА ЛІТЕРАТУРА

1. Рішення задач оптимізації об'єктів дослідження методом планування математичного експерименту / Г.Н. Назар'ян, М.В. Постнікова, О.П. Карпова. – Мелітополь : "Люкс", 2012. – 68 с.
2. Електропривод сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній / Є.Л. Жулай, Б.В. Зайцев, Ю.М. Лавріненко, О.С. Марченко [та ін.] ; За ред. Є.Л. Жулая. – Вища освіта, 2001. – 288 с.

УДК 519.63+697.1

*Лариса Халанчук, Владислав Безкоровайний
(Мелітополь, Україна)*

МЕТОДИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Для аналізу теплопровідності будівельних матеріалів, а отже і дослідження на енергозбереження та енергоефективність, можна використовувати рівняння математичної фізики, наприклад, в задачі розподілення тепла у прямокутній пластині. Знайдені розв'язки нелінійних задач теплопровідності лінійно-різницевиими методами в пакеті програм Scilab дозволяють проводити якісний аналіз теплових процесів.

Ключові слова: енергозбереження, енергоефективність, теплопровідність, чисельні методи.