

Міністерство аграрної політики України



ПРАЦІ

Таврійського державного
агротехнологічного університету

Випуск 10 Том 4

Наукове фахове видання

Мелітополь – 2010 р.

УДК 621.311:631

ПЗ.8

Праці / Таврійський державний агротехнологічний університет. –
Вип. 10. Т. 4. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – 184 с.

Друкується за рішенням Вченої Ради ТДАТУ,
протокол №7 від 2 лютого 2010 р.

У випуску наукових праць наведено зміст доповідей 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. – д.т.н., професор (заступник головного редактора);
Діордієв В.Т. – к.т.н., професор (відповідальний секретар); Дідур В.А.
– д.т.н., професор; Кушнар'єв А.С. – чл.кор. УААН, д.т.н., професор;
Найдиш А.В. – 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;
Яковлев В.Ф. – к.т.н., професор; Ялпачик Ф.Ю. – к.т.н., доцент.

Відповідальний за випуск – д.т.н., професор Овчаров В.В.

Адреса редакції: ТДАТУ,
просп. Б. Хмельницького, 18,
м. Мелітополь
Запорізької обл.,
Україна, 72312

ISSN 2078-0877

© **Таврійський державний
агротехнологічний університет, 2010**

УДК 631.362.23

ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СУШКИ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА ВЫСШИХ РЕПРОДУКЦИЙ

Дидур В.А., д.т.н.,

Ткаченко А.В., к.т.н.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619) 44-02-74

Аннотация – работа посвящена экспериментальной проверке и численным опытам математической модели процесса сушения семян подсолнуха высших репродукций в толстом неподвижном слое, в частности контейнерной сушилки. Математическая модель базируется на новом представлении физической модели как многослойное строение семянки с воздушным каналом в ее оболочке.

Ключевые слова – математическая модель, предельные условия, численные исследования, семена подсолнуха, сушения, многослойное здание, неподвижный слой.

Постановка проблемы. Для сушки малых партий семян подсолнечника высших репродукций целесообразно использовать сушилку контейнерного типа. Более простым способом сушки семян в контейнере является сушка в толстом неподвижном слое. Такой способ сушки широко применяется в сельскохозяйственном производстве. Однако технологические режимы сушки в толстом слое, применяемые для товарного подсолнечника, не могут быть использованы для сушки семян высших репродукций.

Для обоснования рациональных режимов сушки семян подсолнечника высших репродукций необходима новая математическая модель сушки. Такая модель должна учитывать большие различия термодинамических и теплофизических свойств оболочки и ядра семянки и изменения термодинамических характеристик агента сушки при прохождении сквозь слой семян и изменения технологических свойств самих семян в процессе сушки. Рациональные режимы сушки можно определить в результате численных исследований усовершенствованной модели процесса сушки.

Анализ последних исследований. При моделировании физическую модель семянки подсолнечника обычно рассматривают как од-

нородный шар с эквивалентным диаметром и однородными тепло- и влагопроводными свойствами. На самом деле семянка состоит из двух резко отличающихся по технологическим свойствам частей оболочки и ядра, разделённых между собой воздушной прослойкой.

Процесс внутреннего и внешнего тепло- и влагопереноса разработан на базе решения систем уравнений с частными производными [1]. Разработанная теория предназначена в основном для сушки материалов в среде, что находится неподвижно и имеет постоянные термодинамические и теплофизические параметры. Для использования в расчётах реальных процессов сушки и сушильных устройств математические модели, разработанные А.В.Лыковым должны быть уточнены. Существующая теория, которая рассматривает тепло- и влагообмен в системе сплошной шар в сферической оболочке решается при условии полного контакта между поверхностями обоих тел [1]. Кроме того при решении системы уравнений принимаются ряд условий, которые не позволяют использовать решения для рассматриваемой задачи.

Формулирование целей статьи. Целью данной работы является обоснование технологических режимов сушки семян подсолнечника высших репродукций в толстом неподвижном слое контейнерной сушилки.

Основная часть. В качестве предмета исследований взята разработанная нами математическая модель сушки семян подсолнечника, которая учитывает резко различающиеся термодинамические и теплофизические свойства оболочки и ядра семянки, изменение термодинамических характеристик агента сушки и конденсацию влаги при прохождении через слой семян [2]. Здесь в качестве расчётной схемы была принята абстрактная трёхслойная модель семянки с воздушным каналом представлена на рис. 1.

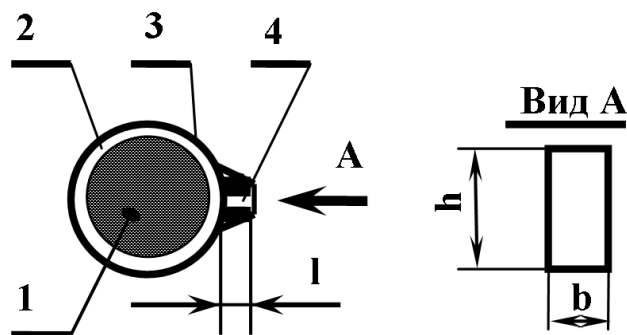


Рисунок 1 – Абстрактная модель семянки подсолнечника:

- 1 – ядро, 2 – воздухоносная полость; 3 – оболочка;
4 – воздушный канал

В основу предлагаемой математической модели сушки семян подсолнечника положена система дифференциальных взаимосвязанных уравнений переноса массы и энергии, разработанная А.В.Лыковым на основе термодинамики необратимых процессов [1]. Математические модели процесса тепло и влагопереноса для оболочки и ядра семянки представлены в безразмерном виде при граничных условиях третьего рода, при постоянных и параболических начальных условиях. Оболочка семянки благодаря её малой толщине рассматривается как неограниченная пластина, а ядро семянки как шар с эквивалентным диаметром. В качестве потенциала влагопереноса принят единый потенциал переноса влаги.

При решении задачи приняты следующие допущения:

$$P = \text{const.}$$

Для тонкого слоя семян высотой Δh за время $\Delta \tau$

$$u = \text{const}; t = \text{const}; a_q = \text{const}; a_m = \text{const};$$

$$\lambda_q = \text{const}; \lambda_m = \text{const}; \delta_m = \text{const};$$

$$c_q = \text{const}; c_m = \text{const}; \alpha_q = \text{const}; \alpha_m = \text{const};$$

$$x_f = \text{const}; t_f = \text{const}; \lambda_f = \text{const};$$

$$[j_q(\tau)]_{\Pi} = \alpha_q [t_f(\tau) - t_{\Pi}(\tau)]; [j_m(\tau)]_{\Pi} = \alpha_m (p_{\Pi} - p_f);$$

где:

P – барометрическое давление, н/м², Па;

u – влагосодержание материала кг/кг;

t – температура материала, °С;

a_q, a_m – коэффициенты соответственно температуропроводности и потенциалопроводности, м²/с;

λ_q, λ_m – коэффициенты соответственно теплопроводности, Вт/(м·К) и влагопроводности; кг/(м·с·ед.потенциала);

δ – термоградиентный коэффициент, 1/град;

c_q, c_m – соответственно удельная теплоёмкость, Дж/(кг·°С) и удельная изотермическая влагеёмкость, кг/(кг·°М);

α_q, α_m – коэффициенты соответственно теплоотдачи, Вт/(м²·К) и массоотдачи, м/с;

x_f, t_f, λ_f – соответственно влагосодержание, кг/кг, температура °С и коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К) агента сушки;

t_{Π}, p_{Π} – соответственно температура поверхности тела и парциальное давление пара у поверхности тела;

j_q – количество подведенного тепла к поверхности семян;

j_m – количество испаряемой влаги с поверхности семян.

Система уравнений тепломассопереноса [по А.В. Лыкову],

$$\frac{\partial T(X, Fo)}{\partial Fo} = \frac{\partial^2 T(X, Fo)}{\partial X^2} + \frac{\Gamma}{X} \frac{\partial T(X, Fo)}{\partial X} - Ko^* \frac{\partial \theta(X, Fo)}{\partial Fo};$$

$$\frac{\partial \theta(X, Fo)}{\partial Fo} = Lu \left[\frac{\partial^2 \theta(X, Fo)}{\partial X^2} + \frac{\Gamma}{X} \frac{\partial \theta(X, Fo)}{\partial X} \right] - LuPn \left[\frac{\partial^2 T(X, Fo)}{\partial X^2} + \frac{\Gamma}{X} \frac{\partial T(X, Fo)}{\partial X} \right];$$

Безразмерные граничные условия третьего рода:

$$\frac{\partial T(1, Fo)}{\partial X} - Bi_q [1 - T(1, Fo)] + (1 - \varepsilon) Ko Lu Ki_m = 0;$$

$$\frac{\partial \theta(1, Fo)}{\partial X} + Pn \frac{\partial T(1, Fo)}{\partial X} + Ki_m = 0.$$

Постоянные начальные

условия:

$$T(X, 0) = \theta(X, 0) = 0;$$

$$T = \frac{t - t_0}{t_c - t_0}; \quad \theta = \frac{\theta_0 - \theta}{\theta_0 - \theta_p}.$$

Параболические начальные

условия:

$$T(X, 0) = -(1 - X^2)W_1; \quad \theta(X, 0) = -(1 - X^2)V_1;$$

$$W_1 = \frac{t - t_{II}}{t_c - t_{II}}; \quad V_1 = \frac{\theta_{II} - \theta}{\theta_{II} - \theta_p}.$$

где

Γ – постоянная формы: для неограниченной плоскости $\Gamma=0$; для шара $\Gamma=2$;
Индексы p, r – соответственно параметры поверхности, равновесного значения;

$X = \xi/R$ – безразмерная координата (ξ – текущая координата, R – характерный размер, равный для неограниченной пластины половине её толщины, а для шара – радиусу);

Fo – теплообменный критерий Фурье;

Ko^* – модифицированный критерий Коссовича $Ko^* = \varepsilon Ko$;

Ko – критерий Коссовича;

Lu – критерий Лыкова;

Pn – критерий Поснова для переноса влаги массопроводностью;

Bi_q – теплообменный критерий Био;

Ki_m – массообменный критерий Кирпичёва;

ε – критерий фазового перехода;

T, θ – соответственно безразмерные потенциалы тепло- и влагопереноса;

Для создания замкнутой системы уравнений проведены экспериментальные исследования, которые позволили определить теплофизические и термодинамические зависимости оболочки и ядра семянки (табл. 1).

Таблица 1 – Уравнения регрессии термо- и влагонепроводных характеристик оболочки (О) и ядра (Я) семян подсолнечника

О, Я	Уравнения регрессии
О	$\lambda_q = (0,807\Pi^3 - 1,1772\Pi^2 + 0,5691\Pi + 0,0569)u + 0,4471e^{-2,0827\Pi}$
Я	$\lambda_q = -0,5418\Pi + 0,2175$; $\lambda_q = 0,2026u + 0,1701$; $\lambda_q = -0,0017M + 0,2713$
О	$\rho = -0,2272u^2 + 0,5811u + 0,4338$
Я	$\rho = 2,8388u^3 - 2,8873u^2 + 0,94u + 0,8625$
О	$a_q = -0,0006u^3 + 0,0013u^2 - 0,0014u + 0,0004$
Я	$a_q = 0,0003u^3 + 0,0003u^2 - 0,0001u + 0,0001$
О	$u = 0,0002\varphi^3 - 0,091\varphi^2 + 0,2479\varphi + 0,0068$
Я	$u = 0,0807\varphi^3 - 0,1461\varphi^2 + 0,1485\varphi - 0,0051$
О	$\theta = 2 \cdot 10^7 u^5 - 8 \cdot 10^6 u^4 + 993630u^3 - 53951u^2 + 1271,5u - 0,1917$
Я	$\theta = 1 \cdot 10^8 u^5 - 2 \cdot 10^7 u^4 + 1 \cdot 10^6 u^3 - 36283u^2 + 867,62u - 0,0195$
О	$c_m = -64,324u^4 + 25,414u^3 - 3,6598u^2 + 0,2164u + 4 \cdot 10^{-6}$
Я	$c_m = -231,84u^4 + 52,528u^3 - 4,66772u^2 + 0,1725u + 1 \cdot 10^{-5}$
О	$a_m = 0,011u^3 - 0,0005u^2 + 0,0003u - 3 \cdot 10^{-6}$
Я	$a_m = -0,0196u^3 + 0,0052u^2 + 0,0002u + 3 \cdot 10^{-6}$
О	$\delta_m = 31,939u^4 - 67,374u^3 + 42,003u^2 - 6,6245u + 0,5836$
Я	$\delta_m = -85,572u^4 + 129,9u^3 - 72,624u^2 + 17,743u - 1,5247$

где

ρ – плотность, кг/м³;

\dot{I} , \dot{I} , φ – соответственно пористость оболочки, масличность ядра, относительная влажность воздуха, доли единицы.

Влагосодержание и температура агента сушки определялись соответственно из материального и теплового баланса. Баланс составлялся с учётом свойств оболочки и ядра. При определении температуры агента сушки в гигроскопической области учитывалось тепло, затрачиваемое на удаление связанной влаги. Определение влагосодержания, температуры и максимального влагосодержания агента сушки позволило учитывать конденсацию влаги в элементарных слоях в процессе прохождения агента сушки через толстый неподвижный слой.

Для проверки адекватности математической модели сушки семян подсолнечника в толстом неподвижном слое была создана экспериментальная установка, разработана специальная методика исследований и аппаратная схема замеров параметров кинетики сушки.

Проверка адекватности математической модели. Исследования процесса сушки проводились на семенах гибрида подсолнечника Запорожский-9 массой 1000 зёрен 59,6 г, масличностью 50,9 % с исходной влажностью семян относительно сухого вещества 17,51 %. Температура окружающего воздуха колебалась от 18 до 27° С, относительная влажность составляла 78 %, барометрическое давление 770 мм рт. ст.

Начальная температура семян 20° С, температура агента сушки на входе в контейнер изменялась в пределах 45-50° С, средняя скорость агента сушки в контейнере без учёта семян составляла 0,3 м/с.

Результаты проведенного опыта позволили построить экспериментальную кривую сушки и сравнить с ней теоретическую кривую, полученную численным исследованием описанной математической модели (рис.4). Относительная ошибка численных исследований при описании кривой сушки не превышает 16,8 %. На рис.5 построены экспериментальные и теоретические температурные кривые ядра в четвёртом элементарном слое. Относительная ошибка численных исследований температурных кривых –15 %.

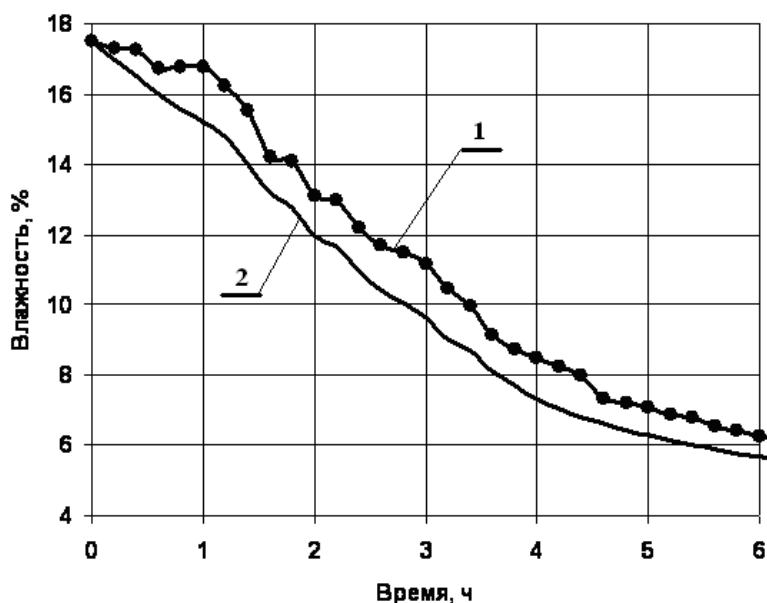


Рисунок 4 – Кинетика сушки семян подсолнечника в толстом слое:
1 – экспериментальная; 2 – расчетная.

При экспериментальном исследовании неравномерности температурного поля в сушильном контейнере проводились две серии опытов. Цель первой серии опытов – исследование неравномерности температурного поля по горизонтальному сечению сушильного контейнера. Для этой серии опытов датчики температуры устанавливались в двух слоях: на высоте 320 мм и 640 мм от уровня решета контейнера. В каждом слое по 5 датчиков: четыре в углах четырехугольника со

стороной 800 мм, и один в центре, на пересечении диагоналей. Высота слоя семян подсолнечника в контейнере равна 960 мм. Размеры горизонтального сечения контейнера – 1300×1300 мм.

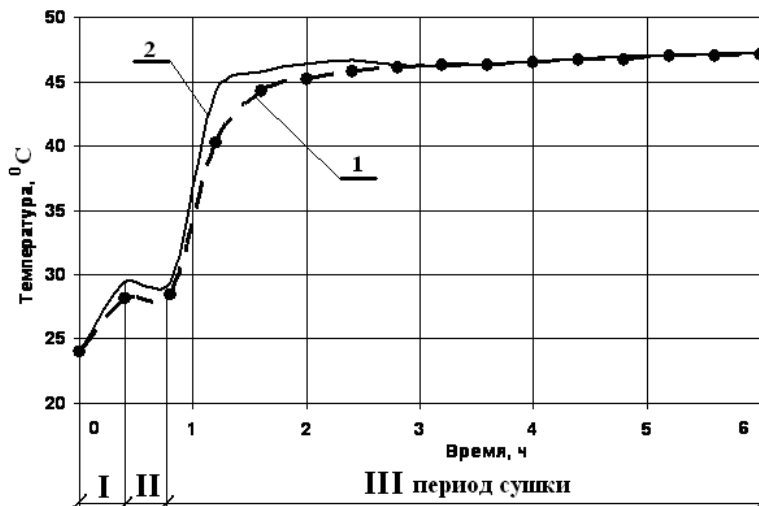


Рисунок 5 – Динамика температуры ядра в элементарном слое:
1 – экспериментальная; 2 – расчётная.

Результаты исследований неравномерности температурного поля в сушильном контейнере по горизонтальным сечениям контейнера представлены на рис.6. Верхняя кривая показывает изменение температуры теплоносителя на входе в сушильный контейнер. Нижняя кривая показывает температуру окружающего воздуха. Первый пучок температурных кривых, возрастающих через час после начала сушки семян, даёт разброс температурного поля по сечению контейнера на высоте 300 мм. Второй пучок температурных кривых, возрастающих через два с половиной часа после начала сушки, даёт разброс температуры семян на высоте 650 мм.

Неоднородность температурного поля в горизонтальном сечении контейнера обусловлена неоднородностью потока теплоносителя внутри насыпного слоя. Эта неоднородность вызвана условиями подвода теплоносителя (внешняя макронеоднородность) и неоднородностью укладки семян в слое (внутренняя макронеоднородность). Не следует исключать и влияние неоднородности на уровне одной семечки (микронеоднородность). Указанная неоднородность потока теплоносителя и, соответственно, температурного поля влияет на эффективность сушки, а при высоких температурах может вызвать локальный перегрев семян.

Цель второй серии опытов – исследование неравномерности температурного поля по высоте контейнера. Результаты экспериментальных исследований (кривые с экспериментальными точками) температурного поля по высоте сушильного контейнера представлены на

рис.7. На этом же графике представлены температурные кривые, полученные методом численных исследований (кривые в виде пунктирных линий без экспериментальных точек). Относительная ошибка численных исследований неравномерности температурного поля по высоте слоя семян в контейнерной сушилке по сравнению с экспериментальными данными не превышает 15 %.

В процессе сушки записывалась разность температур между центром семянки и её оболочкой. Величина разности на протяжении сушки не превышала $0,5^{\circ}\text{C}$.

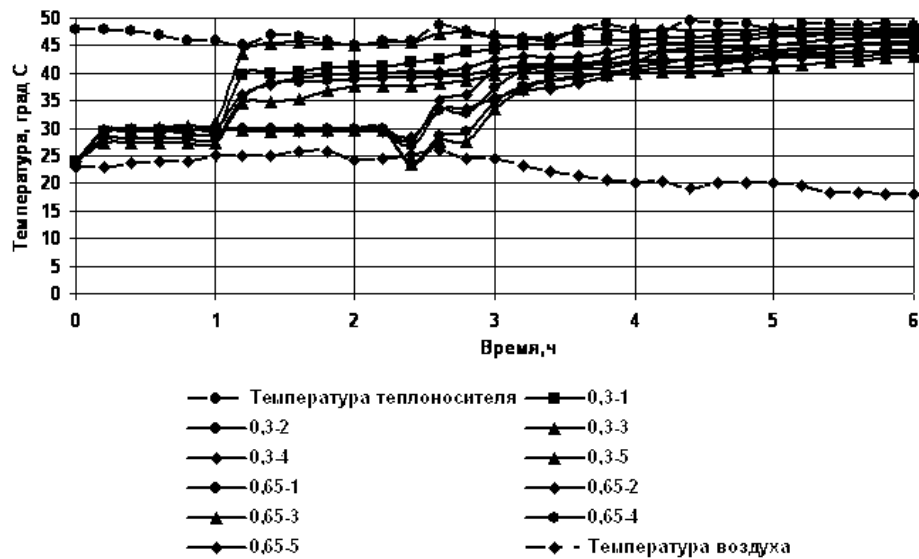


Рисунок 6 – Экспериментальные температурные кривые ядра в двух горизонтальных сечениях сушильного контейнера (на высоте 0.3 м и 0.6 м)

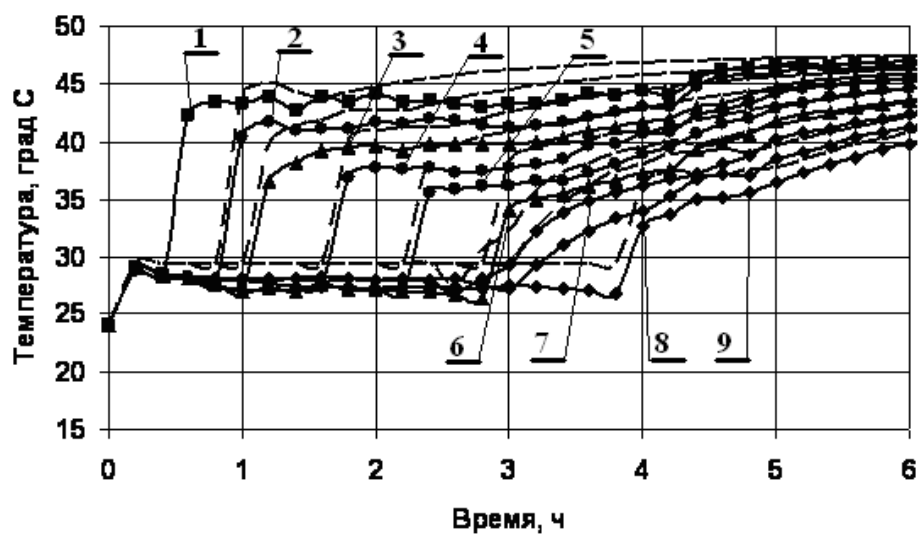


Рисунок 7 – Экспериментальные (сплошные) и расчётные (пунктирные) температурные кривые ядра по высоте неподвижного слоя семян: 1 – 50 мм; 2 – 150 мм; 3 – 250 мм; 4 – 350 мм; 5 – 450 мм; 6 – 550 мм; 7 – 650 мм; 8 – 750 мм; 9 – 850 мм

Таким образом, по результатам сравнения экспериментальных и теоретических данных кривых сушки семян подсолнечника в толстом неподвижном слое и температурных кривых ядра семечки по высоте слоя, можно сделать вывод об адекватности полученной модели процесса сушки действительному процессу в толстом неподвижном слое. Это позволяет проводить численные исследования процесса сушки [3].

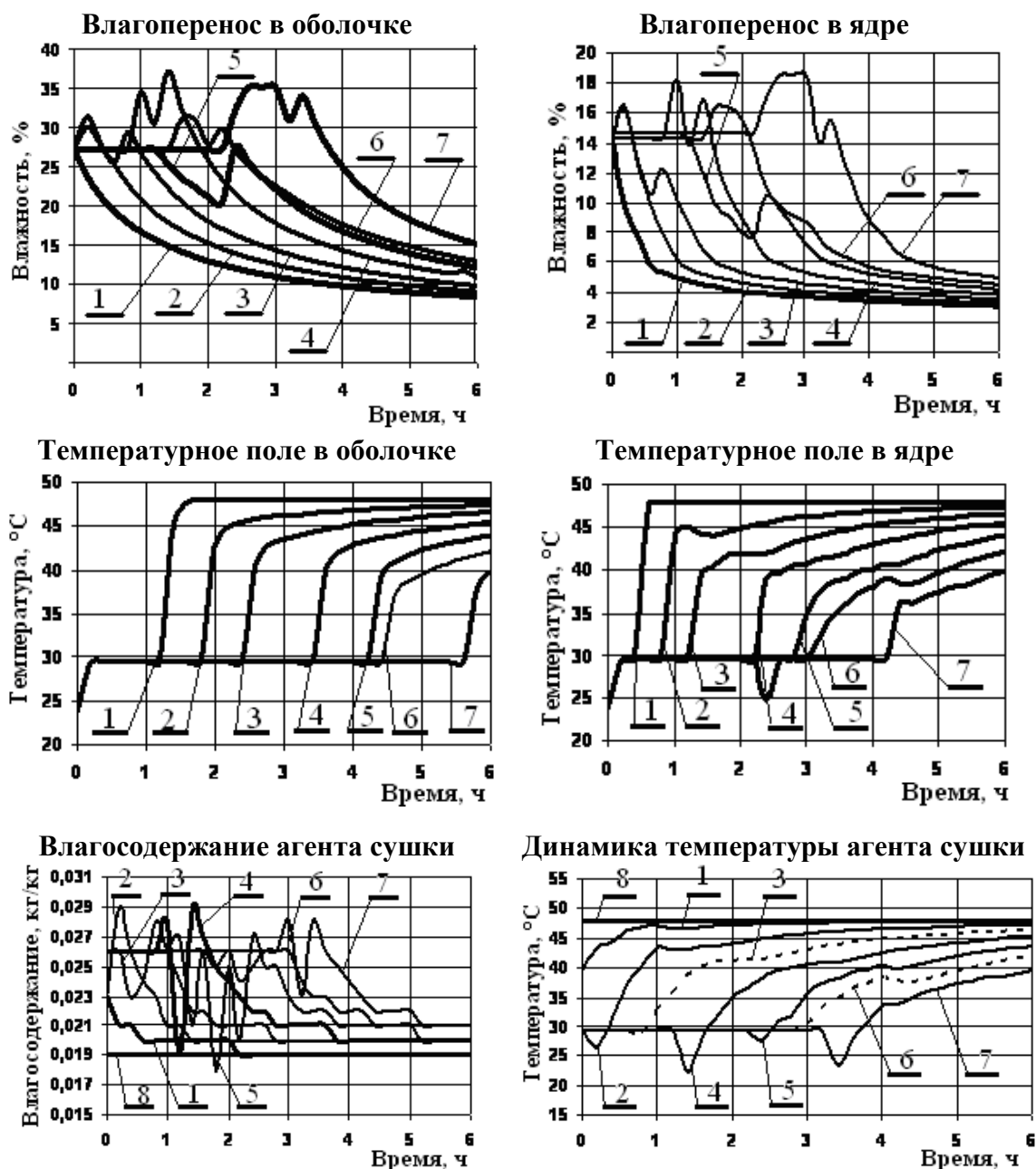


Рисунок 8 – Результаты численных исследований динамики сушки семян подсолнечника высших репродукций в неподвижном слое при начальной влажности 17,5 % и скорости фильтрации агента сушки 0,3 м/с; высота насыпи семян 1 м, высота элементарного слоя 0,05 м:

1 – 1-й слой; 2 – 4-й; 3 – 7-й; 4 – 10-й; 5 – 13-й; 6 – 16-й;

7 – 19-й слой; 8 – вход в 1-й слой

Обоснование рациональных режимов процесса сушки. Первая серия численных исследований проводилась при исходных данных, близких к экспериментальным применительно к контейнерной сушилке. Температура агента сушки на входе принималась равной 48°C , скорость фильтрации агента сушки – $0,3\text{ м/с}$. Начальная влажность W_c оболочки семянки – $27,28\%$, ядра – $14,36\%$, семян $17,51\%$. Толщина слоя семян в контейнере высотой 1 м разбивалась на элементарные слои высотой $0,05\text{ м}$ каждый. Для анализа результатов численных исследований пронумеруем условно принятые слои: самый нижний – первый, самый верхний – двадцатый. Элементарный отрезок времени – 12 мин . Сушка производилась в течение 6 ч .

В первые 12 мин интенсивность сушки выше в первом нижнем слое: влагосодержание оболочки снижается с $27,28\%$ до $23,79\%$ (рис.8), влагосодержание ядра снижается с $14,36\%$ до $9,94\%$. В последующих двух элементарных слоях интенсивность сушки снижается: во втором слое оболочки – до $24,5\%$, ядра – до $10,67\%$, в третьем слое: оболочки – до $25,18\%$, ядра – до $11,48\%$. В это же время параметры агента сушки в этих слоях изменяются следующим образом. Влагосодержание на выходе первого слоя от $0,0194$ повышается до $0,023$, второго слоя – до $0,026$, третьего слоя – до $0,0283$. Температура агента сушки соответственно понижается: при выходе из первого слоя от 48°C до $39,58^{\circ}\text{C}$, при выходе из второго слоя – до $32,7^{\circ}\text{C}$, третьего слоя до $27,42^{\circ}\text{C}$. Это ниже температуры мокрого термометра. Поэтому в четвёртом слое пар конденсируется. Влажность оболочки возрастает с $25,28\%$ до $31,46\%$, влажность ядра возрастает с $14,36\%$ до $16,56\%$, влагосодержание агента сушки снижается от $0,0283$ до $0,0233$. При конденсации влаги выделяется тепло: температура агента сушки на выходе из четвёртого слоя повышается с $27,42^{\circ}\text{C}$ до $29,5^{\circ}\text{C}$. Температура оболочки и ядра не повышается, поскольку она равна температуре мокрого термометра, а сушка проходит во влажной области. При повышении влажности материала, за счёт увеличения её разности с влажностью равновесной, повышается интенсивность сушки. Влажность оболочки в следующие 12 минут снижается с $31,4$ до $28,05\%$, влажность ядра – с $16,5$ до $12,45\%$. Расход тепла на испарения влаги оболочки и ядра семянки вызывает снижение температуры агента сушки с $34,08$ до $26,34$ и повышение его влагосодержания с $0,0254$ до $0,0287$.

На рис.9 показано образование и продвижение характерных зон сушки в толстом неподвижном слое семян подсолнечника с исходным влагосодержанием семян $u = 0,2$ (влажностью $16,7\%$) при температуре агента сушки 45°C и скоростях фильтрации его от $0,1$ до $0,4\text{ м/с}$.

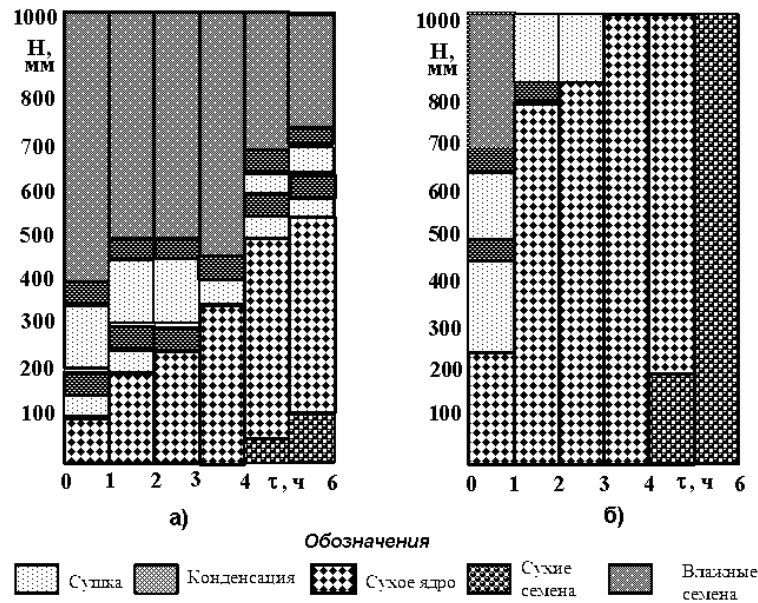


Рисунок 9 – Образование и продвижение характерных зон сушки в толстом неподвижном слое семян при исходном влагосодержании $u=0,2$ кг/кг: а – при скорости фильтрации агента сушки $0,1$ м/с; б – при скорости фильтрации агента сушки $0,4$ м/с

При скорости фильтрации агента сушки $0,1$ м/с через 1 час высота зоны сушки повторялась дважды по 150 мм, в том числе высота зоны сухого ядра – 100 мм в первой зоне. Зона конденсации по высоте слоя также повторилась дважды. С течением времени высоты зоны сушки и зоны сухого ядра медленно возрастали. Две зоны конденсации влаги по высоте насыпи на протяжении 6 часов перемещались по высоте, но не исчезали. Через 6 часов сушки высота зоны сухих семян составила 100 мм, сухого ядра – 450 мм, зоны влажных семян – 750 мм.

При скорости фильтрации $0,4$ м/с интенсивность сушки резко возрастает. Так, высота зоны сухого ядра через час составляет 200 мм, через 2 часа – 800 мм. Через 4 часа зона сухого ядра распространилась по всей высоте насыпи, происходила сушка оболочки семян. Через 5 часов зона сухих семян составила 220 мм, а через 6 часов – всю высоту насыпи.

Проведены численные исследования кинетики сушки семян подсолнечника высших репродукций в неподвижном слое высотой 1 м при исходном влагосодержании семян $u_c - 0,12$ и $0,15$; скоростях v фильтрации агента сушки $0,1$ м/с; $0,2$ м/с; $0,3$ м/с; $0,4$ м/с; при $u_c - 0,2$ и $v - 0,2$ м/с; $0,3$ м/с; $0,4$ м/с; $0,5$ м/с; при $u_c - 0,25$ и $0,3$ и $v - 0,4$ м/с; $0,5$ м/с; $0,6$ м/с; $0,7$ м/с; $0,8$ м/с; $0,9$ м/с. Проведены численные исследования кинетики сушки при высоте неподвижного слоя 2 м с разбивкой на элементарные слои $0,05$ м при скорости фильтрации $0,7$ м/с и исходном влагосодержании семян $0,12$; $0,15$; $0,2$; $0,25$. Анализ прове-

денных численных исследований при различной исходной влажности и разных режимах фильтрации агента сушки позволил установить рациональные режимы сушки и высоту неподвижного слоя семян. Кинетика сушки семян подсолнечника при высоте неподвижного слоя 1 м и рациональных режимах представлены на рис. 10.

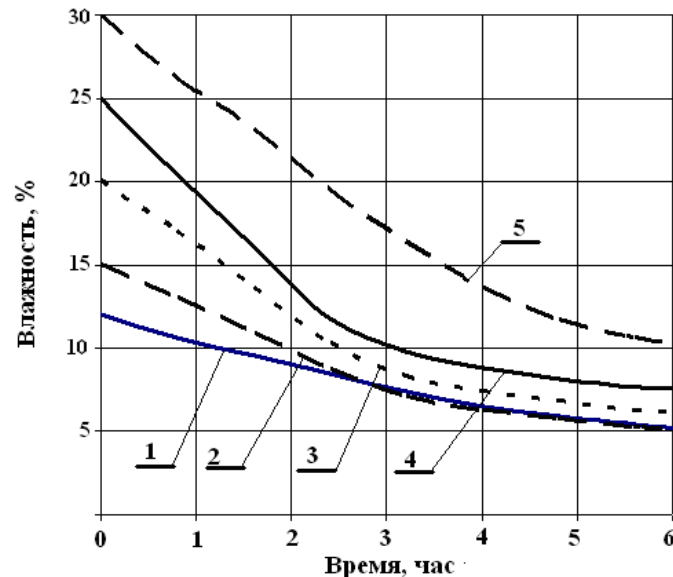


Рисунок 10 – Кинетика сушки семян подсолнечника в толстом неподвижном слое при рациональных режимах:

1 – $u_c = 0,12$, $v = 0,2$ м/с; 2 – $u_c = 0,15$, $v = 0,3$ м/с; 3 – $u_c = 0,2$, $v = 0,3$ м/с; 4 – $u_c = 0,25$, $v = 0,6$ м/с; 5 – $u_c = 0,3$, $v = 0,7$ м/с

Из представленных кривых кинетики сушки видно, что при высоте неподвижного слоя 1 м, температуре агента сушки $46 - 48^\circ\text{C}$ времени сушки 6 ч влажность семян достигнет кондиционного значения при исходном влагосодержании $u_c = 0,12$ и скорости фильтрации агента сушки $v = 0,2$ м/с, при $u_c = 0,15 \div 0,2$ и $v = 0,3$ м/с. Однако при $u_c = 0,25$ и $v = 0,6$ м/с; при $u_c = 0,3$ и $v = 0,7$ м/с время сушки значительно увеличивается и по расчётным данным достигает 24 часов. Однако в нашей зоне при обычных условиях уборки исходное влагосодержание семян подсолнечника не превышает величины 0,2.

Таким образом, численные исследования математической модели позволили обосновать следующие рациональные технологические режимы сушки семян подсолнечника высших репродукций:

- температура агента сушки – $46 - 48^\circ\text{C}$;
- при исходном влагосодержании семян $u_c = 0,12$ скорость фильтрации агента сушки $v = 0,2$ м/с, при $u_c = 0,15 \div 0,2$ $v = 0,3$ м/с, при $u_c = 0,25$ $v = 0,6$ м/с, при $u_c = 0,3$ $v = 0,7$ м/с.

Сравнительные производственные испытания контейнерной и шахтной сушилок. Установленные на основе численных исследований математических моделей рациональные режимы сушки семян подсолнечника высших репродукций были проверены в производственных условиях на созданной контейнерной сушилке в семеноводческом хозяйстве «Солнечное» Института масличных культур УААН. Сравнительные испытания шахтной и контейнерной сушилок при сушке гибрида Запорожский - 28 показали, что энергия прорастания и лабораторная всхожесть у семян после сушки в контейнерной сушилке значительно выше, чем в шахтной сушилке [4] (табл.2).

Таблица 2 – Сравнительные испытания шахтной и контейнерной сушилок

Исходная влажность, %	Агент сушки		Время сушки, ч	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %
	температура, °С	скорость, м/с			
Шахтная сушилка СЗШ-16А					
12.5	60	0.6	1.4	82	88
13.4	80	0.6	1.0	80	85
Контейнерная сушилка					
12.7	45	0.3	6,0	96	94
14.1	48	0.3	6.3	94	91

При испытании контейнерной сушилки были использованы режимы сушки, полученные расчётным путём и подтверждено правильность выбора этих режимов. Сушка семян родительских форм гибридов подсолнечника в толстом неподвижном слое сушильного контейнера обеспечивает энергию прорастания до 92-98 %, лабораторную всхожесть – до 90-98 %.. Применение контейнерной сушилки позволяет повысить урожайность родительских форм и гибридов первого поколения семян подсолнечника на 8-10 % и исключить смешивание разных видов, сортов, гибридов и партий семян.

Выводы. На основании анализа предлагаемых численных исследований математических моделей сушки семян подсолнечника высших репродукций можно сделать следующие выводы:

1. Аналитически и экспериментально определены закономерности изменения теплофизических, термодинамических характеристик оболочки и ядра семянки подсолнечника в зависимости от их технологических свойств и параметров агента сушки. Это позволило подтвердить факт резкого отличия определяемых характеристик, а следовательно невозможности применения абстрактной модели семянки в виде сплошного шара.

2. Разработана математическая модель процесса сушки, которая включает ранее не учитываемые факторы, изменяющиеся во времени (физико-механические, морфологические, теплофизические и термодинамические свойства семян подсолнечника и их отдельных элементов). Исследования этой модели позволили определить динамику тепло- влагопереноса, термодинамических характеристик агента сушки и установить место и время конденсации водяного пара по слоям. Массу конденсируемого пара можно уменьшить, управляя скоростью фильтрации агента сушки. В частности, установлено, что при исходной влажности семян 16 – 17 % и повышении скорости фильтрации агента сушки с 0.1 м/с до 0.4 м/с высота зоны сушки уже в первый час увеличивается в 2.5 раза, а конденсация водяного пара через 2 часа прекращается.

3. Численные исследования математической модели позволили обосновать рациональные технологические режимы сушки семян подсолнечника высших репродукций:

- температура агента сушки – 46 – 48° С;
- при исходном влагосодержании семян $u_c = 0,12$ скорость фильтрации агента сушки $v = 0,2$ м/с, при $u_c = 0,15 \div 0,2$ $v = 0,3$ м/с, при $u_c = 0,25$ $v = 0,6$ м/с, при $u_c = 0,3$ $v = 0,7$ м/с.

4. На базе усовершенствованных методов экспериментальных исследований и приборного обеспечения проведены исследования кинетики сушки и динамики температурного поля в неподвижном слое семян, которые подтвердили адекватность разработанных математических моделей. Расхождение результатов численных исследований по сравнению с экспериментальными данными кинетики сушки не превышает 16.8 %, а динамики температурного поля по высоте слоя семян в контейнерной сушилке – 15 %.

5. Производственной проверкой доказано, что практическая реализация контейнерной сушилки с предлагаемыми режимами позволили повысить:

- энергию прорастания до 92-98 %;
- лабораторную всхожесть до 90-98 %.

Литература

1. *Лыков В.А.* Теория тепло- и массопереноса /А.В. Лыков, Ю.А. Михайлов. – Л.: Госэнергоиздат., 1963. – 535 с
2. *Дидур В.А.* Контейнерная технология послеуборочной обработки семян подсолнечника высших репродукций /В. А. Дидур, А.В. Ткаченко // Східноєвропейський журнал передових технологій. Математика и кибернетика – фундаментальные и прикладные аспекты. – 2007. – №3/6 – С. 62 – 72.

3. Дидур В.А. Обоснование технологических режимов сушки семян подсолнечника высших репродукций / В.А. Дидур, А.В. Ткаченко // Известия Международной академии аграрного образования. Информационные технологии в эксплуатации МТП АПК. – 2008. – Вып.7, том. 1. – С. 27 – 34.

4. Ткаченко А.В. Эффективность контейнерной сушилки для послеуборочной обработки семян высших репродукций /А.В. Ткаченко, В.А. Дидур //Праці ТДАТА – Мелітополь, 2006. – Вип.45. – С. 58 – 64.

ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СУШІННЯ НАСІНЬ СОНЯШНИКА ВИЩИХ РЕПРОДУКЦІЙ

Дідур В.А., Ткаченко А.В.

Анотація

Робота присвячена експериментальній перевірці й чисельним дослідом математичної моделі процесу сушіння насіння соняшника вищих репродукцій у товстому нерухливому шарі, зокрема контейнерної сушарки. Математична модель базується на новій уяві фізичної моделі як багатошарової будови сім'янки з повітряним каналом у її оболонки.

RESEARCHES OF MATHEMATICAL MODEL OF DRYING OF SEEDS OF SUNFLOWER OF THE HIGHER REPRODUCTIONS

V. Didur, A. Tkachenko

Summary

The work is devoted experimental check and numerical researches of mathematical model of process of drying of seeds of sunflower in a thick motionless layer, particularly container dryer. The mathematical model is based on new representation of physical model as a multilayered structure seeds with air channels in its cover.

УДК 621.313.333.004.58

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ТА РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ЗАХИСТУ ВІД АВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ

Квітка С.О., к.т.н.,

Вовк О.Ю., к.т.н.,

Нестерчук Д.М., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-32-63

Анотація – робота присвячена дослідженню впливу неповнофазного режиму й струмового навантаження на теплові процеси в асинхронному електродвигуні та розробці пристрою захисту трифазних асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи.

Ключові слова – асинхронний електродвигун, не повно фазний режим, струмове навантаження, пристрій захисту.

Постановка проблеми. Агропромисловий комплекс, а саме, виробництво і переробку сільськогосподарської продукції, відрізняється від промислового виробництва в частині електропостачання тим, що мережі живлення мають велику протяжність; до одних і тих же електричних мереж підключено виробниче і побутове навантаження, останнє має явно виражений несиметричний характер; рівень технічного обслуговування електроустаткування в агропромисловому комплексі значно нижчий, ніж в промисловому виробництві.

Строк служби сучасних асинхронних електродвигунів не менше 20 тис. годин. Це означає, що в сільськогосподарському виробництві, де електродвигуни, в цілому, мають напрацювання 1000...3000 годин у рік, їх строк служби повинен продовжуватись 7...20 років.

Однак на практиці електродвигуни працюють значно менше. Основною причиною передчасного виходу електродвигунів з ладу є відсутність надійного захисту від аварійних режимів роботи.

Якщо електродвигуни експлуатувати при незадовільному захисті, або зовсім без нього, то їх аварійність щорічно складає 20...25 % і більше [1, 2].

Аналіз останніх досліджень. Розглянемо аварійні режими електродвигунів і причини, що їх спричинюють [2].

Перший і самий розповсюджений аварійний режим сільськогосподарських електродвигунів – обрив фази (40...50 %). При обриві

фази електродвигун майже завжди виходить з ладу, тому що на двох фазах він не розганяється – залишається в загальмованому режимі. Отже, струм в статорній обмотці перевищує номінальний приблизно у 5 раз, і обмотка виходить з ладу.

Другий небезпечний аварійний режим – заклинювання робочої машини (20...25 %). Електродвигун в таких випадках практично завжди виходить з ладу, тому що струм в статорній обмотці перевищує номінальний у 5...7 раз.

Третій аварійний режим сільськогосподарських електродвигунів – тривалі перевантаження (10...15 %) які частіше за все зустрічаються при приводі подрібнювачів і дробарок при безперервній подачі продукту.

Четвертий аварійний режим – пробій ізоляції при її зволоженні і порушенні охолодження електродвигунів (15...20 %).

Відомо, що всі основні аварійні режими призводять до перегріву статорної обмотки електродвигуна, і якщо пристрій захисту своєчасно не спрацює, то це в підсумку призводить до виходу з ладу статорної обмотки електродвигуна [2, 3].

В наш час в сільськогосподарському виробництві для захисту електродвигунів від аварійних режимів роботи використовують теплові реле електромагнітних пускачів, автоматичні вимикачі, захист за напругою нульової послідовності, захист за мінімальною напругою, реле максимального струму, захист за струмом нульової послідовності та інше [2, 3].

Проте, недоліки, які властиві вказаним пристроям захисту, обмежують їх використання [2, 3].

Формулювання цілей статті. Дослідження теплових процесів асинхронних електродвигунів та розробка технічних засобів контролю та захисту електродвигунів від аварійних режимів роботи в процесі їх експлуатації є необхідним та актуальним питанням, яке спрямоване на підвищення експлуатаційної надійності трифазних асинхронних електродвигунів.

Основна частина. Здійснено дослідження як змінюється напруга на затискачах електродвигуна при не повно фазному режимі. Для чого проаналізуємо вплив не повно фазного режиму на електродвигун серії АИР80А4У3, враховуючи вихідні дані: номінальне ковзання $s_H = 0,07$, кратності напруг прямої і зворотної послідовностей $k_{u1} = 0,5$ і $k_{u2} = 0,5$, кратність моменту зрушення робочої машини $m_0 = M_{TP}/M_{CH} = 0,3$.

Результати аналізу у вигляді залежностей $\varepsilon = f(k_3)$ і $I = f(k_3)$ наведено на рис.1 та рис.2.

Оскільки кратності напруги симетричних складових прямої і зворотної послідовностей дорівнюють одна одній, то в порівнянні з

несиметричним повно фазним режимом цей режим є більш важким: результуючий пусковий момент дорівнює нулю, ковзання за одних і тих же умов більше.

Таким чином, на підставі проведеного дослідження можна зробити наступний висновок: робота в не повно фазному режимі навіть мало навантажених електродвигунів супроводжується інтенсивним процесом теплового зносу ізоляції.

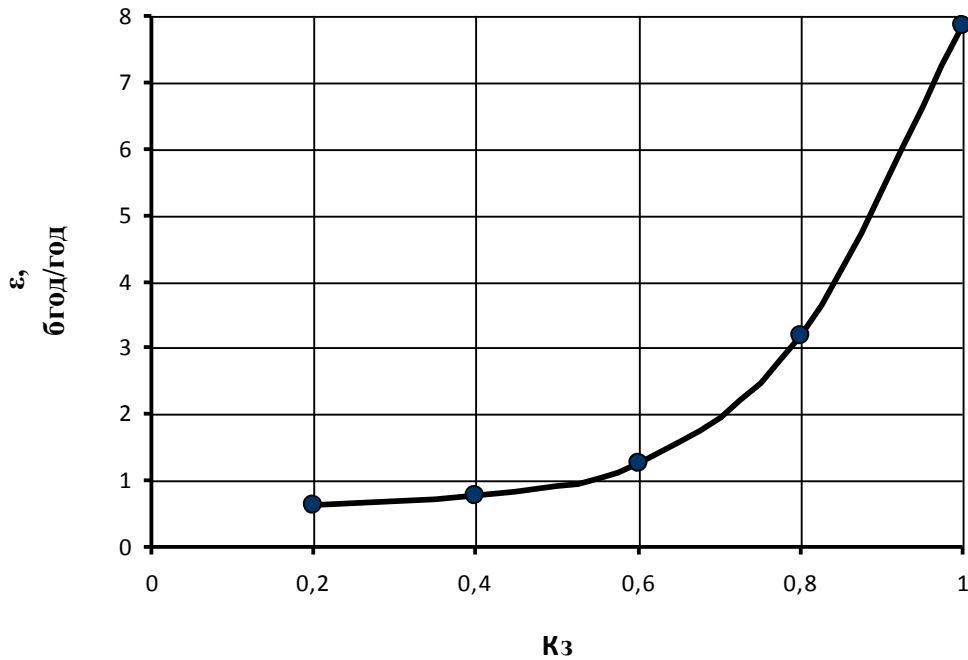


Рис.1. Залежність зміни швидкості теплового зносу ізоляції обмотки асинхронного електродвигуна в функції коефіцієнта навантаження

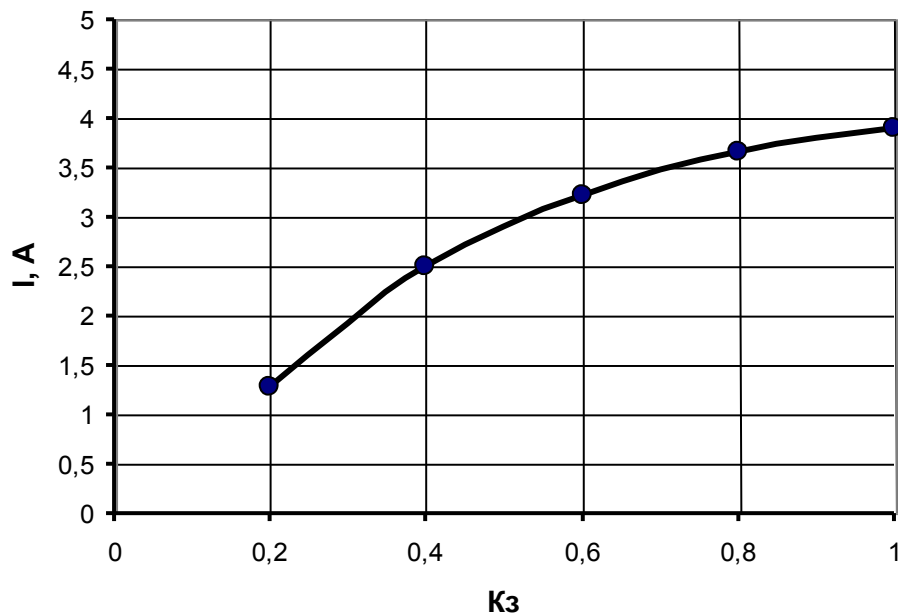


Рис.2. Залежність сили струму в обмотці статора асинхронного електродвигуна в функції коефіцієнта навантаження

Інша експлуатаційна дія, сила струму електродвигуна, в процесі його роботи може змінюватись в залежності від завантаження робочої машини, яке внаслідок відсутності пристроїв регулювання має випадковий характер.

Здійснено дослідження теплових процесів під дією струмового навантаження, для чого проаналізуємо вплив струмового навантаження на електродвигун АИР100L4У3 при кратностях напруг $k_U = 0,9$ і $k_U = 0,8$.

Результати аналізу у вигляді залежностей $I = f(k_3)$ наведено на рис.3.

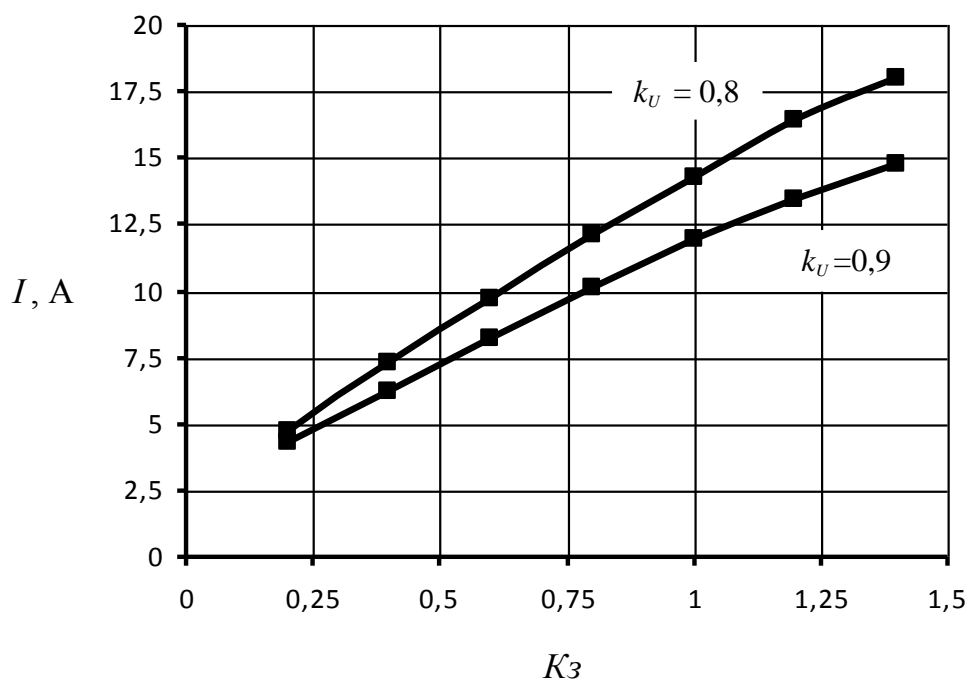


Рис.3. Залежності сили струму в обмотці статора асинхронного електродвигуна в функції коефіцієнта завантаження при кратностях напруг $k_U = 0,8$ і $k_U = 0,9$

Таким чином, асинхронні електродвигуни досить чутливі до відхилення напруги на затискачах. У завантажених на повну потужність електродвигунів при зниженні напруги різко збільшується швидкість теплового зносу ізоляції.

Для захисту асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи було розроблено пристрій (рис.4), реалізований на мікроконтролері (МК) типу ATmega 16.

До складу пристрою входять наступні блоки: вимірювання струму (БВС), вимірювання температури (БВТ), виконавчий елемент (ВЕ), цифрової індикації (ЦІ), клавіатура (КЛ), комутаційний порт (КП) і блок живлення (БЖ).

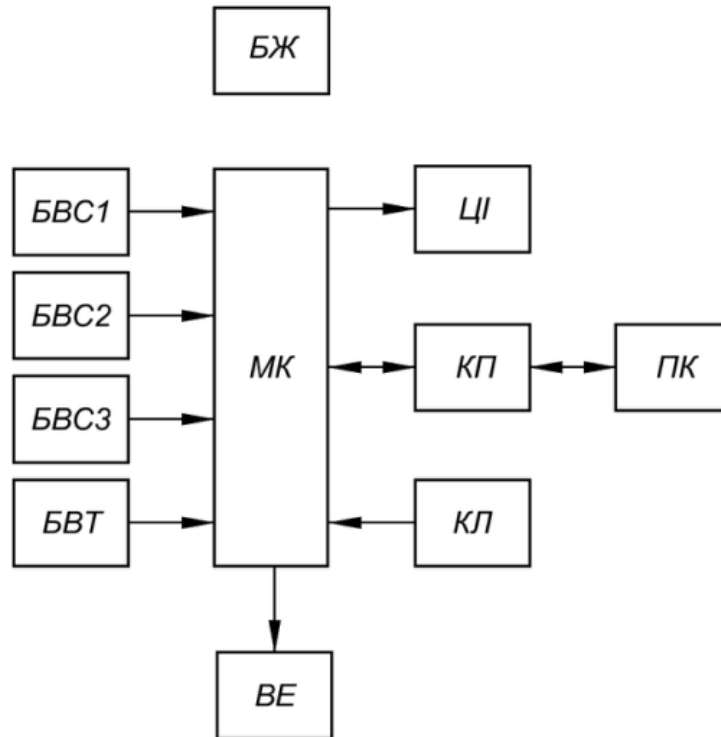


Рис.4. Структурна схема пристрою захисту трифазних асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи

Призначенням блоків вимірювання струму (БВС1)...(БВС3) і температури (БВТ) є вимірювання і перетворення таких діагностичних параметрів, як струм, що споживається статорною обмоткою електродвигуна, і температури ізоляції статорної обмотки, в інформативний електричний сигнал, який для подальшої обробки надходить на відповідні порти мікроконтролера.

Мікроконтролер здійснює обробку і порівняння вхідних діагностичних параметрів з величинами уставок.

В залежності від значення вхідних параметрів (після їх порівняння із значеннями уставок) мікроконтролер видає управляючий сигнал оператору про стан електродвигуна або сигнал на відключення відповідного електродвигуна за допомогою виконавчого елемента (ВЕ).

В пристрої передбачений роз'єм для підключення ISP-програмактора (призначений для запису програми в мікроконтролер) та комутаційний порт (КП), призначенням якого є обмін даними між пристроєм і персональним комп'ютером (ПК).

Визначення вхідних параметрів діагностування, порівняння їх з уставками, прийом та видача сигналів управління виконується за програмою. Програмою передбачений ввід даних щодо конструктивних, режимних та експлуатаційних чинників. Для вводу даних і

управління пристроєм в схемі передбачена клавіатура (КЛ), а для спостереження за поточним значенням діагностичних параметрів – цифрова індикація (ЦІ). Електричне живлення електронних блоків пристрою здійснюється від блоку живлення (БЖ).

Висновки. Розроблений пристрій захисту електродвигунів дозволяє зменшити вихід двигунів з ладу до 5...7 %; видавати сигнал при перевищенні номінального струму електродвигуна або відключати електродвигун при небезпечних збільшеннях струму (небезпечних перевищеннях температури ізоляції статорної обмотки електродвигуна); повністю використовувати переважувальну здатність електродвигуна в межах допустимих перевищень температури.

Література

1. *Овчаров В.В.* Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве / В.В.Овчаров. – К.: УСХА, 1990. – 168с.
2. *Грундулис А.О.* Защита электродвигателей в сельском хозяйстве / А.О. Грундулис. – М.: Колос, 1982. – 104 с.
3. *Мусин А.М.* Аварийные режимы асинхронных электродвигателей и способы их защиты / А.М.Мусин.– М.: Колос, 1979. – 112 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ И РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ОТ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ

Квитка С.А., Вовк А.Ю., Нестерчук Д.Н.

Аннотация

Работа посвящена исследованию влияния неполнофазного режима и токовой нагрузки на тепловые процессы в асинхронном электродвигателе и разработке устройства защиты трехфазных асинхронных электродвигателей от аварийных режимов работы.

DIAGNOSING OF TERMAL PROCESSES OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTORS AND DESIGN OF THE DEVICE FOR PROTECTION FROM FAILURE MODES

S. Kvitka, O. Vovk, D. Nesterchuk

Summary

The article is devoted to the study of influence of phase failure and current load and design of the device for protection of asynchronous electric motors from failure modes.

УДК 621. 316. 929

РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ КОНТРОЛЮ ВІДХИЛЕННЯ НАПРУГИ НА АСИНХРОННОМУ ДВИГУНІ

Попова І.О., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-32-63

Анотація – в роботі розроблено електричну принципову схему пристрою контролю відхилення напруги на затискачах асинхронного двигуна, в якому в якості датчика відхилення напруги використано аналог лямбда-діода на біполярних транзисторах.

Ключові слова – відхилення напруги, аналог лямбда-діода, біполярний транзистор.

Постановка проблеми. Велика аварійність асинхронних двигунів обумовлена особливостями експлуатації їх в агропромисловому комплексі, до специфічних умов якої слід віднести низьку якість напруги в мережі, зокрема, відхилення напруги від номінального значення. Щорічно виходить з ладу до 15-20 % асинхронних двигунів [1]. Головна причина виходу їх з ладу є аварійні експлуатаційні режими і в переважній більшості випадків трапляється пошкодження їх обмотки статора. Тому розробка і удосконалення пристроїв діагностування режиму роботи асинхронних двигунів є одним з шляхів рішення проблеми їх експлуатаційної надійності.

Аналіз останніх досліджень. Відхилення напруги на затискачах асинхронного двигуна в бік зменшення призводить до зменшення моменту, який розвиває двигун у квадратичній залежності, зниженню частоти обертання, зменшенню повного опору обмотки, що призводить до збільшення сили фазного струму і швидкості теплового зносу ізоляції обмоток [2].

В сучасних електронних пристроях контролю режимів роботи асинхронних двигунів використовують лямбда-діод. Це напівпровідниковий прилад, який виконано на однім кристалі. Прилад – це двохполюсник, що складається з двох комплементарних польових транзисторів із керованим р-п переходом. Вольт-амперна характеристика (ВАХ) лямбда-діода має ділянку з позитивним диференціальним опором, що властиво звичайному діоду, і ділянку з негативним диференціальним опором, як у тунельного діода [3].

Перевагою цього приладу є його висока технологічність; він простіше у виготовленні, ніж звичайні прилади з негативним опором, дозволяє одержати дуже різноманітні ВАХ (на відміну від тунельних діодів, у яких ділянки з негативним опором обмежені дуже вузькою областю). Але регулювати ширину ВАХ лямбда-діода можна в обмеженому діапазоні.

Існує аналог лямбда-діода, де використані два польових транзистора, один з яких з $p-n$ переходом і каналом p -типу, а другий з $p-n$ переходом і каналом n -типу, які представляють собою комплементарну пару, включених згідно з визначеною схемою з об'єднаними витоками [4]. Перевагою аналога лямбда-діода над лямбда-діодом на монокристалі є можливість змінювати ширину ВАХ в широкому діапазоні шляхом підключення затворів польових транзисторів до резисторного дільника напруги. До недоліків пристрою на польових транзисторах слід віднести те, що вони повинні бути тільки комплементарною парою, тобто ретельно підібрані, щоб їх початковий струм стоку і напруга відсічки повинні бути за можливістю близькими, а вдруге – польові транзистори мають малий струм стоку (до 10 мА) і у випадку використання таких приладів в пристроях контролю режимів роботи розосереджених об'єктів на їхню роботу можуть впливати опори провідників, електромагнітні поля працюючих електродвигунів великої потужності.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). В роботі поставлена задача розробити пристрій контролю відхилення напруги на асинхронному двигуні на базі аналога лямбда-діоду на біполярних транзисторах. Аналог лямбда-діоду на біполярних транзисторах дає можливість значно збільшити величину струму, що протікає через нього і уникнути залежності від впливу електромагнітних полів електродвигунів великої потужності, опорів провідів і підбору комплементарної пари польових транзисторів, з якої складається аналог лямбда-діоду на польових транзисторах.

Основна частина. Розроблена принципова електрична схема пристрою контролю відхилення напруги (рис.1), яка працює наступним чином.

Контрольована напруга мережі подається на трифазний випрямляч VD1 - VD3, далі через конденсатор C1 і регулювальний резистор R1 подається на анод стабілітрона VD4. Якщо напруга мережі перебуває в межах, контрольованих пристроєм, робоча точка аналога лямбда-діода, утвореного транзисторами VT2 і VT3, перебуває поза зоною негативного диференціального опору його ВАХ, тому генерація в паралельному LC-контурі, включеному на виході транзистора VT3 аналога лямбда-діода, не виникає. При підвищенні напруги в контрольованій мережі, зростає падіння напруги на потенціометрі R1, у

зв'язку із чим відбувається пробій стабілітрона VD4, а відповідно збільшується напруга база-емітер транзистора VT1.

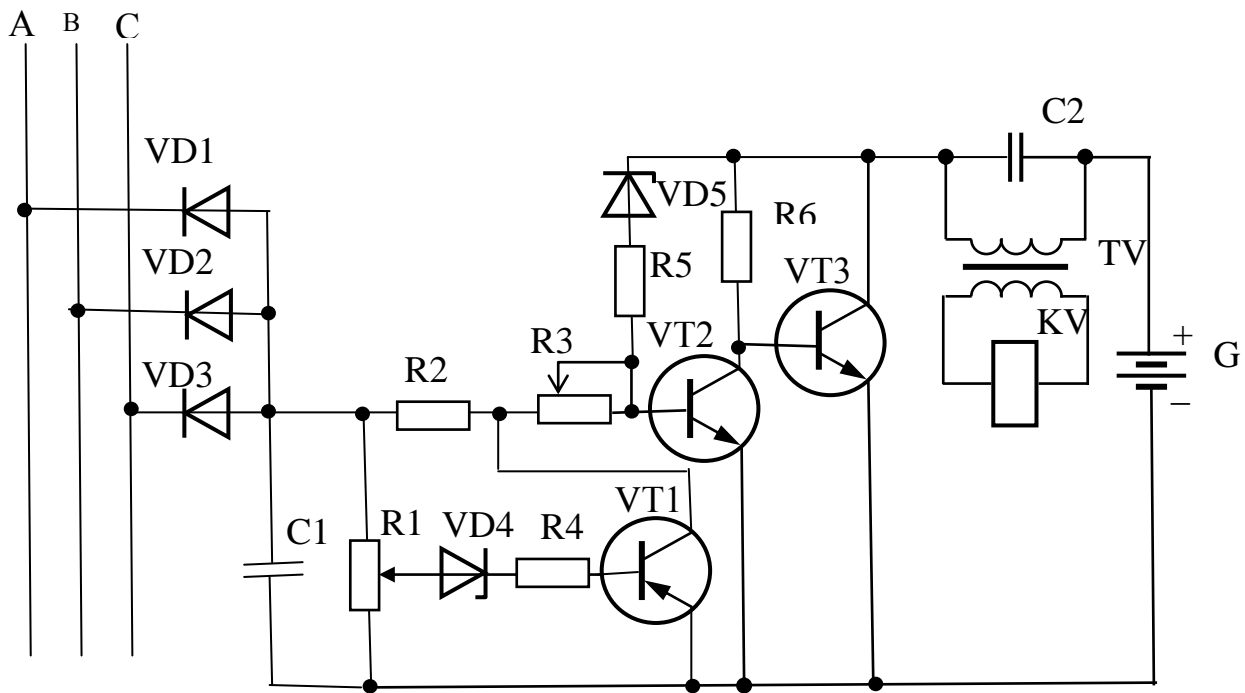


Рис.1. Принципова електрична схема пристрою контролю відхилення напруги на затисках асинхронного двигуна

Останній відкривається, що приводить до зменшення падіння напруги на його колекторному переході й шунтуванню переходу база-емітер транзистора VT2, що призводить до його закриття.

Напруга колектор-емітер транзистора VT2 зростає, а відповідно напруга база-емітер транзистора VT3 також збільшується, що призводить до відкриття VT3 і зсуву робочої точки аналога лямбда-діода на ділянку ВАХ з негативним диференціальним опором А'В'. Ця зміна викликає генерацію в паралельному коливальному LC-контурі, утвореному конденсатором C2 і первинною обмоткою трансформатора TV.

При виникненні гармонійних коливань наводиться електрорушійна сила (ЕРС) у вторинній обмотці трансформатора TV, яка достатня для спрацьовування проміжного реле KV, котушка якого може бути використана, як для інформаційних цілей, а саме, відхилення напруги досягло граничного значення, так і для рішення завдання захисту електродвигуна від відхилення напруги в бік її підвищення.

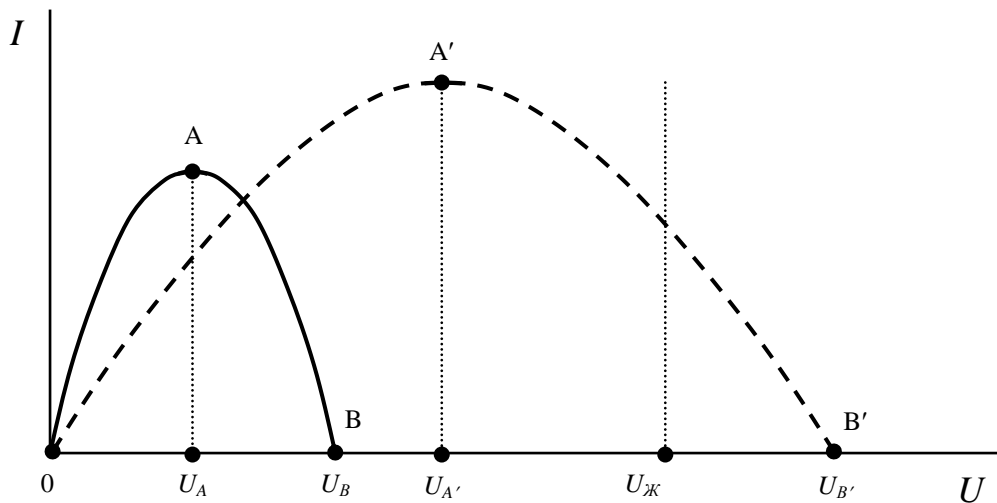


Рис.2. ВАХ пристрою контролю відхилення напруги в мережі

При відхиленні напруги мережі в бік її зменшення, стабілітрон VD4 і транзистор VT1 замкнені, але саме це ж приводить до зменшення напруги база-емітер транзистора VT2 і його закриття.

Як і в попередньому випадку відбувається закриття транзистора VT3, зсув робочої точки ВАХ в область негативного диференціального опору. Надалі робота пристрою аналогічна розглянутому.

Слід відмітити, що біполярний транзистор VT1 в схемі забезпечує можливість регулювати ширину ВАХ аналога лямбда-діода (рис.2) при збільшенні відхилення напруги вище верхнього граничного значення в контрольованій електричній мережі.

В схемі потенціометр R1 призначений для завдання і регулювання верхньої границі контрольованої напруги., а регульований резистор R3 дозволяє регулювати ширину вольт-амперної характеристики (ВАХ) аналога лямбда-діода в значному діапазоні напруги, а також з його допомогою можна задавати і регулювати нижню границю контрольованої напруги мережі.

Резистор R2 призначений для обмеження струму бази біполярного транзистора VT2, а резистор R5 забезпечує зазначену величину напруги між базою і емітером біполярного транзистора VT2, при якій транзистор знаходиться у відкритому стані. Резистор R4 обмежує струм бази біполярного транзистора VT1 [5].

Висновки. Наведена принципова електрична схема пристрою дозволяє контролювати відхилення напруги на затисках асинхронного двигуна в сторону як зменшення, так і його збільшення в заданому діапазоні, одночасно схемне рішення дозволяє контролювати напруги на двигуні будь-якої потужності, оскільки на елементну базу схеми не впливає електромагнітне поле двигуна, опори проводів, і не треба підбирати комплементарну пару транзисторів.

Література

1. Некрасов А.И. Система технического сервиса электрооборудования в АПК / А.И. Некрасов // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 2002. – № 5. – С.23-25.
2. Сыромятников И.А. Режимы работы асинхронных и синхронных двигателей: [Под ред. Л.Г. Мамиконянца] / И.А. Сыромятников. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 240 с.
3. Жарков В.Я. Исследование схемы аналога лямбда-диода в качестве датчика температуры / В.Я. Жарков, И.А. Попова // Питання електрифікації сільського господарства: Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. – Харків: ХДТУСГ, 2000. Вип.3. - С.178-180.
4. Патент 50344 А Україна, МПК⁷ Н02Н7/09. Пристрій захисту електродвигунів при несиметрії напруги / І.О. Попова, А.Я. Чураков (Україна). – № 2001128981; Заявл. 25.12.2001; Опубл.15.10.2002, Бюл. № 10
5. Патент 45353 Україна, МПК (2009) G01K 7/16, Н02Н 7/09. Пристрій контролю відхилення напруги в електричній мережі / А.Я. Чураков І.О. Попова, С.Ф. Курашкін (Україна). – u200904659; Заявл. 12.05.2009; Опубл.10.11.2009, Бюл. № 21. 2009.

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ ОТКЛОНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ НА АСИНХРОННОМ ДВИГАТЕЛЕ

Попова И.А.

Аннотация

В работе разработано электрическую принципиальную схему устройства контроля отклонения напряжения на зажимах асинхронного двигателя, в котором в качестве датчика отклонения напряжения использованы аналог лямбда-диода на биполярных транзисторах.

DEVELOPMENT DEVICE CHECKING THE DEFLECTION OF THE VOLTAGE ON INDUCTION MOTOR

I. Popova

Summary

In work is presented electric principle scheme device checking the deflection of the voltage on grip of the induction motor, in which as sensor of the deflection of the voltage is used analogue lambda-diode on bipolar transistor.

УДК 632.935.4:621.396.652

НАНОТЕХНОЛОГІЇ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Никифорова Л.Є., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-23-41

Анотація – робота присвячена аналізу сучасних нанотехнологій, їх класифікації та застосуванню в сільському господарстві з обґрунтуванням механізму їх розробки.

Ключові слова – нанотехнологія, сільське господарство, електротехнологія, електромагнітне поле, рослинництво, насіння.

Постановка проблеми. Задоволення потреб населення України в продовольстві пов'язано з вирішенням народногосподарської проблеми підвищення продуктивності сільськогосподарських біологічних об'єктів при мінімальних енерго- та ресурсо- затратах.

Суть проблеми полягає в тому, що на отримання всього 1% збільшення продуктивності сільськогосподарських культур в рослинництві та в тваринництві припадає біля 5% антропогенних витрат, знизити які можна за умов розроблення нових, менш енергоємних технологій. Керуючись інформаційно-резонансною взаємодією електромагнітних випромінювань із біологічними об'єктами (БО), з'являється можливість зміни традиційних технологій на наноелектромагнітні з інформаційним рівнем впливу на сільськогосподарські біологічні об'єкти з метою підвищення їх продуктивності.

Аналіз останніх досліджень. Теоретичні й експериментальні дослідження останніх років, що проведені під керівництвом Н.Д. Девяткова, Е.М. Нефедова, Ф.І. Ізакова, І.І. Мартыненко, І.Ф. Бородіна, Л.С. Кучина, А.Д. Черенкова, Л.С. Червінського та інших свідчать, що метаболічні процеси в біологічному об'єкті пов'язані з наявністю інформаційних процесів на основі електромагнітних полів міліметрового діапазону довжин хвиль.

Біофізичний аналіз механізму впливу показав, що зміни в БО відбуваються на молекулярному рівні, а інформаційна дія низько енергетичних електромагнітних полів (НЕ ЕМП) спрямована на азотисті структури ДНК, з якими пов'язаний механізм спадковості й мутацій, причому граничне значення енергії електромагнітного поля повинне перевищувати рівень слабких нековалентних зв'язків у макромолеку-

лі: іонних взаємодій, водневих зв'язків і вандервальсових взаємозв'язків, тобто рівні енергії повинні лежати в інтервалі від десятків мкВт/см² до одиниць мВт/см².

Біологічна дія низько енергетичних електромагнітних полів надзвичай високочастотного діапазону виявлена на клітинному й організменому рівнях та пов'язана з резонансним характером поглинання електромагнітних випромінювань. Резонансний характер поглинання визначається тим, що між ядром і клітинною оболонкою, заряджених різнополярно, перебувають білки-вібратори, відповідальні за резонансний прийом електромагнітного випромінювання.

Пошуки первинних механізмів впливу низькоенергетичних електромагнітних полів на клітину повинні йти паралельно з вивченням молекулярних принципів будови й функціонування мембран. Причому специфічні механізми впливу електромагнітного поля, що з'ясовуються, можуть визначати відповідні електричні й магнітні властивості мембран молекул і процесів з їхньою участю.

Тому наукові дослідження, що пов'язані з вивченням механізму дії НЕ ЕМП на біологічні об'єкти сільськогосподарського призначення та розробка, на базі отриманих результатів, нанотехнологій підвищення їх продуктивності є *актуальними* та практично значущими.

Формулювання цілей статті. Отже ціллю даної роботи є аналіз сучасних нанотехнологій в сільському господарстві та дослідження впливу НЕ ЕМП на біологічні об'єкти сільськогосподарського призначення.

Основна частина. Термін «нанотехнології» вперше застосував професор Токійського наукового університету Норіо Танігучі у 1974 році. За його визначенням нанотехнологія передбачає обробку, розподіл, об'єднання та деформацію окремих атомів та молекул речовини, при цьому розмір наномеханізму не повинен перевищувати одного мікрона, або тисячі нанометрів [1].

Початок розвитку нанотехнологій пов'язує з розробкою у 1981 р. Г. Бінінгом та Г. Рорером, науковцями з швейцарського відділення ІВМ, скануючого тунельного мікроскопу, що дав можливість впливати на речовину на атомарному рівні. Трохи пізніше, у 1986 році було розроблено атомно-силовий мікроскоп (рис.1). Він дозволив на відміну від тунельного, робити взаємодію не тільки з провідним, але й з будь-якими матеріалами.

Завдяки створенню цих пристроїв вчені отримали можливість маніпулювати частками хімічних елементів – атомами, штучно роблячи зборку молекул, без хімічних реакцій на молекулярному рівні. Цей процес на практиці отримав назву нанотехнології.

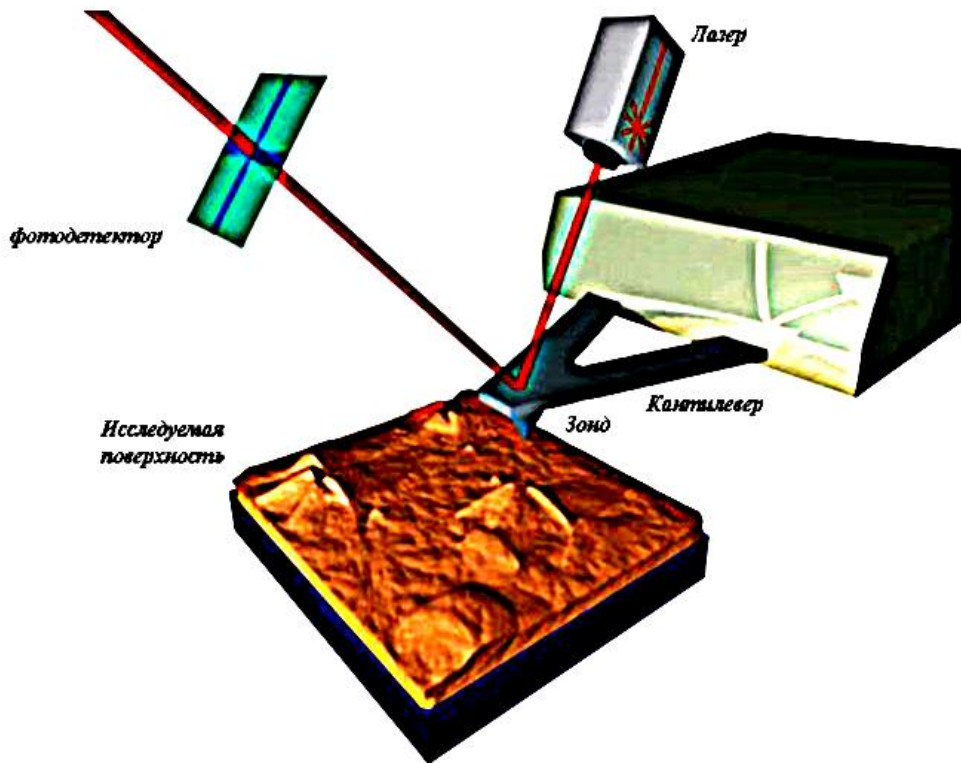


Рис. 1. Атомно-силовий мікроскоп

В Україні слово «нанотехнології» поки ще не затвердилось. Замість міжнародного терміну використовують десятки аналогічних за функціональним поняттям та призначенню, наприклад: квантова, лазерна, хвильова, мікрохвильова терапія в медицині; використання електричних, магнітних оптичних випромінювань; електромагнітних високо та надвисокочастотних полів в технологіях сільського господарства. Тому під терміном «наноелектротехнологія» науковці розуміють електрофізичний вплив на біологічні об'єкти та їх складові елементи на рівні біоклітин та їх структур, з метою отримання нових властивостей БО та керування їх життєдіяльністю.

Отже, якщо класифікувати прикладні аспекти застосування нанотехнологій у сільському господарстві, то можна виділити наступні:

– нанотехнології для зберігання сільськогосподарської продукції (опромінення плодів когерентним світлом; отримання нанодисперсій срібла, міді та їх сумішей, що мають високу бактерицидну властивість і можуть бути використані у якості компонентів папіру для упаковки продуктів);

– нанотехнології у переробці агропродукції (наноелектротехнологія сушіння зерна, що використовує конвективне сушіння разом із НВЧ сушінням; використання каталізаторів на основі нанорозмірного паладію та наноуглеродних матеріалів для гідрування рослинної олії);

– використання нанотехнологій в рослинництві (застосування кремнієграфічних біостимуляторів та нанопрепаратів, використання наноелектротехнологій підвищення продуктивності рослин);

– використання нанотехнологій в тваринництві (при формуванні мікроклімату-електрохімічне очищення повітря; електроконсервування силосної маси зелених кормів електроактивованим консервантом);

– застосування наноматеріалів в техніці сільського господарства (використання фулеренів, шляхом введення їх у мастильні матеріали; нанопокриття з часток кобальту для підвищення ресурсу підшипників ковзання, використання реметалізаторів у сільхозтехніці для підвищення ресурсу двигуна, підвищення його потужності і т.ін.).

Нами, на основі проведених досліджень з визначення оптимальних параметрів зовнішнього НЕ ЕМП, та впливу його на біологічні об'єкти сільськогосподарського призначення (насіння), створені технічні пристрої й методика передпосівної обробки посівного матеріалу тепличних культур у виробничих умовах [2].

Для передпосівної обробки насіння тепличних культур електромагнітним полем у виробничих умовах створена установка з наступними технічними характеристиками:

- діапазон робочих частот 37 – 38 ГГц;
- вихідна потужність 4,5 Вт;
- відносна нестабільність частоти 10^{-7} ;
- крутизна електронної перебудови 40 МГц/мА;
- встановлена потужність 50 Вт;
- кількість оброблюваного матеріалу 20 кг/год;
- маса 5 кг.

Виробничі випробування по застосуванню низькоенергетичних електромагнітних полів надзвичай високочастотного діапазону для активації насіння тепличних культур наведені в табл. 1.

Економічний ефект по впровадженню електромагнітної технології склав 11 – 12 тис.грн. за рік у теплицях з площею 2000 м².

Висновок: отже, великі перспективи використання наноелектротехнологій відкриваються в області виробництва та переробки сільськогосподарської сировини, отримання харчової продукції та кормів з метою отримання та зберігання продукції заданої якості при мінімумі трудових і ресурсоенергетичних затрат.

Таблиця 1 – Основні результати застосування низько енергетичної наноелектротехнології активації насіння тепличних культур

Культура, сорт	Підвищення врожайності на:	Рік і місце використання
Огірок “ТСХ 575”, Корольок, Амазонка, Гладіатор, Естафета, Concerto	250 - 280 ц/га	2002-2006 р.р. фермерське господарство “Мехтієв Ш.А”, тепличному комплексі ТОВ “Оксамит”
Томати гібрид “Rinato”, Фараон, Майстер, Кострома, Recento	200 - 250 ц/га	2002-2006 р.р. фермерське господарство “Мехтієв Ш.А”, тепличному комплексі ТОВ “Оксамит”
Морква Карлена, Найтская	35 ц/га	2004-2006 р.р. Фермерське господарство “Мехтієв Ш.А.”

Література

1. *М.К. Роко, Р.С. Уильямс, П. Аливисатос* Нанотехнологии в ближайшем десятилетии. Перевод с англ. Под редакцией Андриевского Р.А. – М.: «Мир», 2002.

2. *Никифорова Л.Е.* Инновационная технология низкоэнергетической электромагнитной обработки семян / Мартыненко И.И., Никифорова Л.Е. // Энергетика: економіка, технології, екологія. – Київ: КПІ, 2007. – № 3. – С 25-28.

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Никифорова Л.Е.

Аннотация

Работа посвящена анализу современных нанотехнологий, их классификации и применению в сельском хозяйстве с обоснованием механизма их разработки.

NANOTECHNOLOGIES ARE IN AGRICULTURE

L. Nikiforova

Summary

Work is devoted the analysis of modern nanotechnologies, their classification and application in agriculture with the ground of mechanism of their development.

УДК 621.313.333.2

ДІАГНОСТУВАННЯ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ЗАГЛИБНОМУ ЕЛЕКТРОДВИГУНІ

Овчаров С.В., к.т.н.,

Островський А.В., інженер,

Курашкін С.Ф., інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-32-63

Анотація – проведено дослідження перетворення електричної енергії в заглибному електродвигуні за коефіцієнтами втрати електричної енергії та витрати ресурсу ізоляції.

Ключові слова – перетворення електричної енергії, швидкість теплового зносу ізоляції, коефіцієнт втрат електричної енергії, коефіцієнт витрати ресурсу ізоляції.

Постановка проблеми. Експлуатаційна надійність заглибних електродвигунів артезіанських свердловин залишається невисокою, що веде до перебоїв подачі води сільськогосподарським споживачам. Тому потребує вдосконалення системи діагностування та їх захисту від роботи в аварійних режимах.

Аналіз останніх досліджень. Існуючі методи дослідження режимів роботи заглибних електродвигунів, як правило, в якості критерію оцінки режимів роботи використовують силу електричного струму, не використовуючи такий об'єктивний показник, як витрату ресурсу ізоляції обмоток електродвигуна.

Формулювання цілей статті. Метою статті є дослідження залежності витрати ресурсу ізоляції заглибного електродвигуна в функції кратності сили електричного струму.

Основна частина. Ресурс роботи до першого капітального ремонту заглибного електродвигуна прийнято вважати базовим ресурсом, який для типорозмірів із зовнішнім діаметром 69; 114 и 150 мм складає 12500 годин, а для типорозмірів із зовнішнім діаметром 180; 219 и 270 мм – 14000 годин. Витрати базового ресурсу електродвигуна пов'язані, насамперед, з режимом його роботи та визначається, в основному, тепловим зносом ізоляції.

Швидкість теплового зносу ізоляції показує, скільки базових годин витрачається за одну годину роботи електродвигуна та розраховується за виразом [1, 2]:

$$\varepsilon = \varepsilon_n e^{B \left(\frac{1}{\theta_n} - \frac{1}{\theta_y} \right)}, \quad (1)$$

де ε – швидкість теплового зносу ізоляції, бгод/год;

ε_n – номінальна швидкість теплового зносу ізоляції, бгод/год;

θ_n – абсолютна номінальна температура ізоляції даного класу, К;

θ_y – фактична абсолютна стала температура ізоляції, К;

B – показник, що характеризує ізоляцію даного класу, К.

В свою чергу, стале перевищення температури ізоляції електродвигуна та абсолютна стала температура ізоляції залежать від кратності сили електричного струму, що споживається електродвигуном [1, 2]:

$$\tau_y = \tau_n \frac{a + k^2}{a + 1}, \quad (2)$$

де τ_n – номінальне перевищення температури ізоляції даного класу, °С;

a – коефіцієнт втрат (відношення номінальних втрат в сталі до номінальних втрат у міді);

k – кратність сили електричного струму по відношенню до номінального значення;

$$\theta_y = \tau_y + \vartheta_{cp} + 273, \quad (3)$$

де ϑ_{cp} – температура навколишнього середовища, °С.

Введемо поняття коефіцієнта втрат електричної енергії в асинхронному електродвигуні, який є відношенням фактичних втрат активної потужності ΔP до номінальних ΔP_n , тобто:

$$k_n = \frac{\Delta P}{\Delta P_n}. \quad (4)$$

В свою чергу, номінальні втрати складаються з номінальних втрат в сталі ΔP_{cn} і номінальних втрат в міді ΔP_{mn} :

$$\Delta P_n = \Delta P_{cn} + \Delta P_{mn}. \quad (5)$$

Фактичні втрати активної потужності – це сума номінальних втрат в сталі ΔP_{cn} і фактичних втрат в міді ΔP_{mn} , які пропорційні квадрату кратності сили електричного струму, що споживається електродвигуном:

$$\Delta P = \Delta P_{cn} + k^2 \Delta P_{mn}. \quad (6)$$

Таким чином, коефіцієнт втрат енергії запишеться таким чином:

$$k_n = \frac{\Delta P_{cn} + k^2 \Delta P_{mn}}{\Delta P_{cn} + \Delta P_{mn}}, \quad (7)$$

або в іншому вигляді:

$$k_n = \frac{a + k^2}{a + 1}. \quad (8)$$

Стале перевищення температури ізоляції з урахуванням (8):

$$\tau_y = k_n \tau_n. \quad (9)$$

Коефіцієнт витрат ресурсу ізоляції ε - це відношення швидкості теплового зносу ізоляції до номінального значення ε_n , тобто:

$$k_p = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_n}, \quad (10)$$

або

$$\varepsilon = \varepsilon_n e^{B \left(\frac{1}{\theta_n} - \frac{1}{k_n \tau_n + \vartheta_{cp} + 273} \right)}. \quad (11)$$

Здійснено дослідження витрат ресурсу ізоляції заглибного електродвигуна ПЭДВ 2,8-140 в функції завантаження за струмом, прийнявши постійною температуру навколишнього середовища (температура води в артезіанській свердловині) $\vartheta_{cp} = 10$ °С.

Для електродвигуна, що досліджується: $\theta_n = 353$ К; $B = 9500$ К; $\tau_n = 70$ °С; $\vartheta_{cp,n} = 10$ °С; $\Delta P_{ст.н} = 270$ Вт; $\Delta P_{м.н} = 564$ Вт; $a = 0,48$.

Результати розрахунку заносяться до таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати розрахунку

k	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
ΔP , Вт	270,0	382,8	495,6	608,4	721,2	834,0	946,8	1059,6	1172,4
k_n	0,32	0,46	0,59	0,73	0,86	1,0	1,14	1,27	1,41
k_p	0,00	0,04	0,09	0,22	0,48	1,00	2,02	3,94	7,42

На підставі отриманих результатів побудуємо залежність коефіцієнта витрат ресурсу ізоляції в функції кратності струму завантаження заглибного електродвигуна (рис. 1).

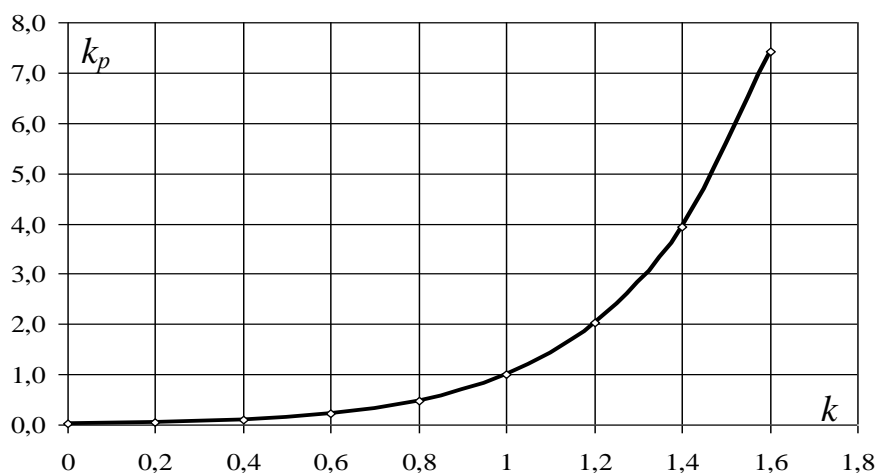


Рис. 1. Залежність коефіцієнта витрат ресурсу ізоляції в функції кратності струму завантаження

Аналіз процесу перетворення електроенергії в електродвигуні показує, що за допомогою коефіцієнтів втрати й витрати ресурсу ізоляції можливе функціональне діагностування електродвигунів. При

цьому необхідно враховувати безперервний поточний коефіцієнт витрати ресурсу за поточним перевищення температури ізоляції над температурою навколишнього середовища, тобто:

$$k_p = e^{B \left(\frac{1}{\theta_n} - \frac{1}{\tau + \vartheta_{cp} + 273} \right)}, \quad (12)$$

де τ – поточне перевищення температури ізоляції електродвигуна, °С.

Враховуючи, що асинхронний електродвигун, з точки зору, нагріву – це гетерогенне тіло, тепловий процес якого описується сумою декількох експонент, замінюємо рівняння нагріву електродвигуна однією еквівалентною експонентою з сталим перевищенням температури обмотки над температурою навколишнього середовища τ_y та еквівалентної сталої часу нагріву T_y :

$$\tau = \tau_y \left(1 - e^{-\frac{t}{T_y}} \right) + \tau_{нач} e^{-\frac{t}{T_y}}, \quad (13)$$

де $\tau_{нач}$ – початкове перевищення температури обмотки статора, °С.

Складаємо структурну схему функціонального діагностування заглибного електродвигуна (рис. 2).

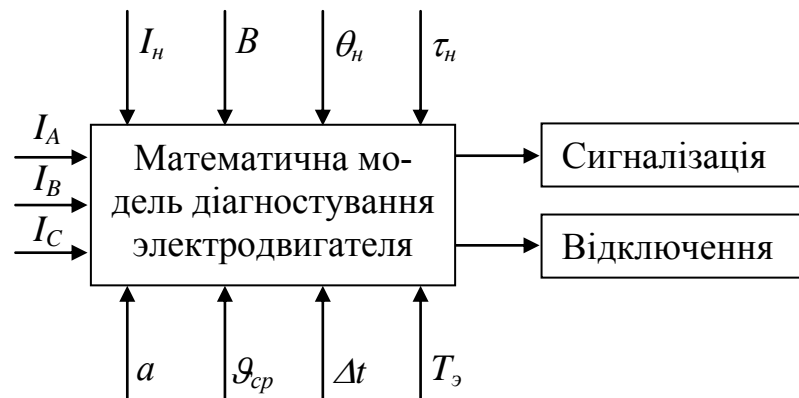


Рис. 2. Структурна схема функціонального діагностування заглибного електродвигуна

Складаємо алгоритм розрахунку:

$$k_{ni} = \frac{a + k_i^2}{a + 1}; \quad k_i = \frac{I_{ск.i}}{I_n};$$

$$I_{ск.i} = \sqrt{\frac{I_{Ai}^2 + I_{Bi}^2 + I_{Ci}^2}{3}};$$

$$k_{pi} = e^{B \left(\frac{1}{\theta_n} - \frac{1}{\tau_i + \vartheta_{cp} + 273} \right)};$$

$$\tau_i = \tau_{iy} \left(1 - e^{-\frac{\Delta t}{T_3}} \right) + \tau_{(i-1)} e^{-\frac{\Delta t}{T_3}}; \quad \tau_{iy} = k_{ni} \tau_n.$$

Умовою нормального режиму перетворення електричної енергії в заглибному електродвигуні є:

$$k_n \leq 1 \text{ и } k_p \leq 1. \quad (14)$$

Висновки. Таким чином, запропонований математичний алгоритм функціонального діагностування перетворення електричної енергії в заглибному електродвигуні за коефіцієнтами втрат електричної енергії та витрати ресурсу ізоляції. Потребують наступного обґрунтування уставки коефіцієнтів втрат електричної енергії та витрати ресурсу ізоляції.

Література

1. *Овчаров В.В.* Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве / В.В.Овчаров. – К.: УСХА, 1990. – 168 с.
2. *Овчаров С.В.* Исследование потерь мощности в асинхронном электродвигателе / С.В. Овчаров, Р.В. Телюта // Проблемы энергозбереження та енергозбереження в АПК України: Збірник наукових праць. – 2009. – С. 53 – 57.

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ПОГРУЖНОМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕ

Овчаров С.В., Островский А.В., Курашкін С.Ф.

Аннотация

Проведены исследования преобразования электрической энергии в погружном электродвигателе по коэффициентам потери электрической энергии и расхода ресурса изоляции.

PUMP ELECTROMOTOR TRANSFORMATION TO ELECTRIC ENERGY DIAGNOSTIC

S. Ovcharov, A. Ostrovski, S. Kurashkin

Summary

There was researched the transformation to electric energy in pump electromotor as well as the factors of electric energy losses and consumption of insulation resource.

УДК 321.313.333.2

МЕТОД ПЕРІОДИЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ

Вовк О.Ю., к.т.н.,

Безменнікова Л.М., к.т.н.,

Квітка С.О., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-32-63

Анотація – Представлено метод діагностування асинхронних електродвигунів, який спрямований на підвищення експлуатаційної надійності асинхронних електродвигунів на підприємствах агропромислового комплексу шляхом періодичного діагностування їх роботоздатності.

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

Постановка проблеми. Асинхронні електроприводи становлять близько 95 % загальної кількості електроприводів і споживають більше половини електроенергії галузі, але у процесі експлуатації на підприємствах агропромислового комплексу України щорічно відмовляє в середньому 20 – 25 % наявного парку електродвигунів (при випробуваннях на надійність за цей термін відмовляє 2 – 3 %), що призводить до незапланованих матеріальних витрат, пов'язаних з раптовою зупинкою технологічних ліній, а також на ремонт асинхронних двигунів. Причина – недостатній рівень експлуатації означених електродвигунів на підприємствах агропромислового комплексу, зокрема – відсутність достатньої інформації про їх стан [1, 2]. Тому одна із складових підвищення рівня експлуатації асинхронних електродвигунів – це своєчасний контроль асинхронних електродвигунів як системи взаємопов'язаних вузлів, для чого необхідно розроблення та впровадження раціонального методу діагностування асинхронних електродвигунів.

Аналіз останніх досліджень. Методи періодичного діагностування асинхронних електродвигунів, що існують на 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 електродвигу-

на 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 відносно їх застосування в умовах агропромислового комплексу України: 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.

Формулювання цілей статті. Отже, розроблення і впровадження методу діагностування асинхронних електродвигунів, який забезпечить всебічну оцінку їх стану, а також спростить практичну реалізацію діагностування в порівнянні з існуючою, є актуальним завданням. Контроль роботоздатності електродвигунів в експлуатації на підприємствах агропромислового комплексу України – складний процес, що вимагає методів, які повинні забезпечувати скорочення часу контролю і бути розраховані на мобільні малогабаритні пристрої для діагностування, а також дозволяти періодично контролювати роботоздатність всіх вузлів електродвигунів і визначати несправності.

Основна частина. Для діагностування асинхронних електродвигунів обрано метод розділення втрат потужностей, внаслідок того, що він не потребує додаткової електричної машини для навантаження асинхронного електродвигуна. Виходячи із вимог до випробувань асинхронного електродвигуна щодо його нагрівання [4], електродвигун перед початком діагностування повинен знаходитись у холодному стані.

Першим виконується дослід короткого замикання. Електродвигун встановлюється на стільницю та закріплюється, його ротор гальмується спеціальним пристроєм. За допомогою регулятора напруги (індукційного регулятора) сила струму піднімається від нуля до номінального значення. В досліді виконуються вимірювання (за допомогою вимірювального комплексу К-500) для кожної фази електродвигуна, тобто номінальний струм встановлюється для кожної фази по черзі. Вимірюються активна потужність, споживана кожною фазою електродвигуна ($\Delta P_{K.A}$ – фазою A ; $\Delta P_{K.B}$ – фазою B ; $\Delta P_{K.C}$ – фазою C), струм у кожній фазі, що дорівнює номінальному струму ($I_{K.A}$ – у фазі A ; $I_{K.B}$ – у фазі B ; $I_{K.C}$ – у фазі C ; $I_{K.A} = I_{K.B} = I_{K.C} = I_H$), напруга на затисках кожної фази ($U_{K.A}$ – фази A ; $U_{K.B}$ – фази B ; $U_{K.C}$ – фази C). По закінченні дослідів вимірюються опори постійному струму кожної з фаз електродвигуна ($R_{1A.K}$ – фази A ; $R_{1B.K}$ – фази B ; $R_{1C.K}$ – фази C) за допомогою чотирьохплечого моста.

За результати вимірювань в досліді короткого замикання визначають сумарну активну потужність $\Delta P_K = \Delta P_{K.A} + \Delta P_{K.B} + \Delta P_{K.C}$, що споживає електродвигун у досліді, середнє значення фазної напруги

$U_K = (U_{K.A} + U_{K.B} + U_{K.C}) / 3$ та середнє значення фазного струму $I_{K.H} = (I_{K.A} + I_{K.B} + I_{K.C}) / 3$. Також визначають середнє значення опору постійному струму фази електродвигуна $R_{1K} = (R_{1A.K} + R_{1B.K} + R_{1C.K}) / 3$. Далі знаходять втрати активної потужності в обмотці статора при номінальному струмі в досліді:

$$\Delta P_{E1} = 3 \cdot R_{1K} \cdot I_{K.H}^2, \quad (1)$$

втрати активної потужності в обмотці ротора при номінальному струмі:

$$\Delta P_{E2} = \Delta P_K - \Delta P_{E1} - \Delta P_{MG} \left(\frac{U_K}{U_H} \right)^2, \quad (2)$$

де ΔP_{MG} – втрати в магнітопроводі електродвигуна при номінальній напрузі (визначаються з досліді холостого ходу), *Вт*;
 U_H – номінальна фазна напруга електродвигуна, *В*.

Потім виконується дослід холостого ходу. Спочатку електродвигун вмикається на номінальну напругу, яка встановлюється за допомогою регулятора напруги, і працює 15 хвилин для встановлення усталеного теплового стану. Після цього виконуються вимірювання для кожної фази електродвигуна, тобто номінальна напруга встановлюється для кожної фази по черзі. Вимірюються активна потужність, споживана кожною фазою електродвигуна ($\Delta P_{X.A}$ – фазою *A*; $\Delta P_{X.B}$ – фазою *B*; $\Delta P_{X.C}$ – фазою *C*), струм у кожній фазі ($I_{X.A}$ – у фазі *A*; $I_{X.B}$ – у фазі *B*; $I_{X.C}$ – у фазі *C*), напруга на затисках кожної фази, що дорівнює номінальній напрузі ($U_{X.A}$ – фази *A*; $U_{X.B}$ – фази *B*; $U_{X.C}$ – фази *C*; $U_{X.A} = U_{X.B} = U_{X.C} = U_H$). Потім напругу на затисках електродвигуна знижують до $U_{X.A1} = U_{X.B1} = U_{X.C1} = 0,7 \cdot U_H$ та вимірюють ті ж самі величини при цій напрузі: активну потужність, споживану кожною фазою електродвигуна ($\Delta P_{X.A1}$ – фазою *A*; $\Delta P_{X.B1}$ – фазою *B*; $\Delta P_{X.C1}$ – фазою *C*), струм у кожній фазі ($I_{X.A1}$ – у фазі *A*; $I_{X.B1}$ – у фазі *B*; $I_{X.C1}$ – у фазі *C*), напругу на затисках кожної фази, що дорівнює зниженій в 0,7 рази відносно номінальної напруги ($U_{X.A1}$ – фази *A*; $U_{X.B1}$ – фази *B*; $U_{X.C1}$ – фази *C*; $U_{X.A1} = U_{X.B1} = U_{X.C1} = 0,7 \cdot U_H$). По закінченні досліді вимірюються опори постійному струму кожної з фаз електродвигуна ($R_{1A.X}$ – фази *A*; $R_{1B.X}$ – фази *B*; $R_{1C.X}$ – фази *C*) за допомогою чотирьохплечого моста.

За результатами вимірювань в досліді холостого ходу визначають сумарну активну потужність $\Delta P_X = \Delta P_{X.A} + \Delta P_{X.B} + \Delta P_{X.C}$, що споживає електродвигун у досліді при номінальній напрузі U_H , сумарну активну потужність $\Delta P_{X1} = \Delta P_{X.A1} + \Delta P_{X.B1} + \Delta P_{X.C1}$, що споживає електродвигун у досліді при зниженій в 0,7 рази відносно номінальної напруги, а також середнє значення фазного струму $I_X = (I_{X.A} + I_{X.B} + I_{X.C}) / 3$ при номінальній напрузі U_H та середнє значення фазного струму $I_{X1} = (I_{X.A1} + I_{X.B1} + I_{X.C1}) / 3$ при зниженій напрузі. Також визна-

чають середнє значення опору постійному струму фази електродвигуна $R_{1X} = (R_{1A.X} + R_{1B.X} + R_{1C.X}) / 3$. Далі знаходять втрати активної потужності в обмотці статора при номінальній напрузі в досліді:

$$\Delta P_{E1.X} = 3 \cdot R_{1X} \cdot I_X^2, \quad (3)$$

втрати активної потужності в обмотці статора при зниженій в 0,7 рази відносно номінальної напруги в досліді:

$$\Delta P_{E1.X,1} = 3 \cdot R_{1X} \cdot I_{X1}^2, \quad (4)$$

механічні втрати:

$$\Delta P_{MX} = \frac{U_H^2 (\Delta P_{X1} - \Delta P_{E1.X,1}) - 0,49 \cdot U_H^2 (\Delta P_X - \Delta P_{E1.X})}{U_H^2 - 0,49 \cdot U_H^2}, \quad (5)$$

або

$$\Delta P_{MX} = \frac{\Delta P_{X1} - \Delta P_{E1.X,1} - 0,49 \cdot (\Delta P_X - \Delta P_{E1.X})}{0,51}, \quad (6)$$

втрати в магнітопроводі при номінальній напрузі:

$$\Delta P_{MГ} = \Delta P_X - \Delta P_{MX} - \Delta P_{E1.X}. \quad (7)$$

За отриманими результатами визначають поточні сумарні втрати активної потужності в асинхронному електродвигуні при номінальній потужності на валу P_H і номінальній напрузі на затискачах U_H :

$$\Delta P_{H,П} = \Delta P_{E1} + \Delta P_{E2} + \Delta P_{MГ} + \Delta P_{MX} + 0,005 \cdot \frac{P_H}{\eta_H}, \quad (8)$$

та поточний коефіцієнт корисної дії асинхронного електродвигуна:

$$\eta_{H,П} = \frac{P_H}{P_H + \Delta P_{H,П}}. \quad (9)$$

Метод діагностування, в основу якого покладні досліди короткого замикання та холостого ходу, ґрунтується на порівнянні поточного коефіцієнту корисної дії асинхронного електродвигуна з допустимим, яке відповідно до [5] визначається наступним чином:

$$\eta_{доп} = \eta_H - 0,15(1 - \eta_H), \quad (10)$$

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

η_H – номінальне значення коефіцієнта корисної дії асинхронного електродвигуна.

У разі $\eta_{H,П} < \eta_{доп}$ роботоздатність електродвигуна знизилась і його функціональний стан став неномінальним, внаслідок чого двигун необхідно ремонтувати.

Виходячи з викладеного вище метод діагностування складається з наступних операцій:

- операція 1: дослід короткого замикання для визначення втрат активної потужності в обмотках асинхронного електродвигуна;

- операція 2: вимірювання опорів постійного струму обмотки статора асинхронного електродвигуна для визначення їх значень після досліду короткого замикання та після досліду холостого ходу;
- операція 3: дослід холостого ходу для визначення втрат активної потужності в магнітопроводі та механічних втрат асинхронного електродвигуна;
- операція 4: визначення сумарних втрат активної потужності в асинхронному електродвигуні та його коефіцієнту корисної дії, який порівнюють з допустимим.

Схематично виконання вказаних операцій можна відобразити наступним чином (рис.1).

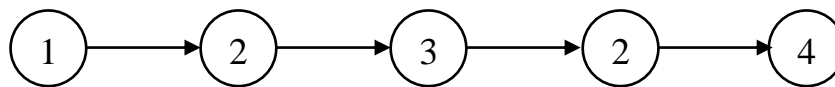


Рис. 1. Послідовність виконання діагностичних операцій

В основу метода діагностування асинхронних електродвигунів покладена технологія періодичного діагностування, яка складається з наступних операцій: збору початкових даних, виконання технічних операцій з діагностування, виконання розрахункових операцій з діагностування; та ґрунтується на періодичному порівнянні коефіцієнта корисної дії асинхронного електродвигуна при номінальній потужності на валу і номінальній напрузі на затискачах з припустимим значенням (10). Перед виконанням діагностичних операцій асинхронний електродвигун відключають від приводного елемента робочої машини, очищають і оглядають відповідно до технології технічного обслуговування даного електродвигуна. Як метрологічний пристрій для вимірювання значень опорів обмоток використовують вимірювальний міст постійного струму типу Р-333 або більш досконалий. Як метрологічний пристрій для вимірювання значень необхідних фізичних величин використовують вимірювальний комплект типу К-500 або більш досконалий. Як обчислювальний використовують комп'ютер. Розрахунки значень величин, необхідних для діагностування, виконуються в редакторі "Ms Excel" по складеній програмі. Таким чином, блок-схема методу діагностування асинхронних електродвигунів буде мати такий вигляд (рис.2).

Здійснено експериментальну перевірку розробленого метода діагностування асинхронних електродвигунів. Завдання експериментальної перевірки полягало в перевірці його здатності виявляти несправності електродвигуна, які є характерними для нього при виробничій експлуатації. При перевірці методу діагностування був використаний прискорений експеримент у лабораторних умовах, що застосовується в промисловості для перевірки надійності електричних машин

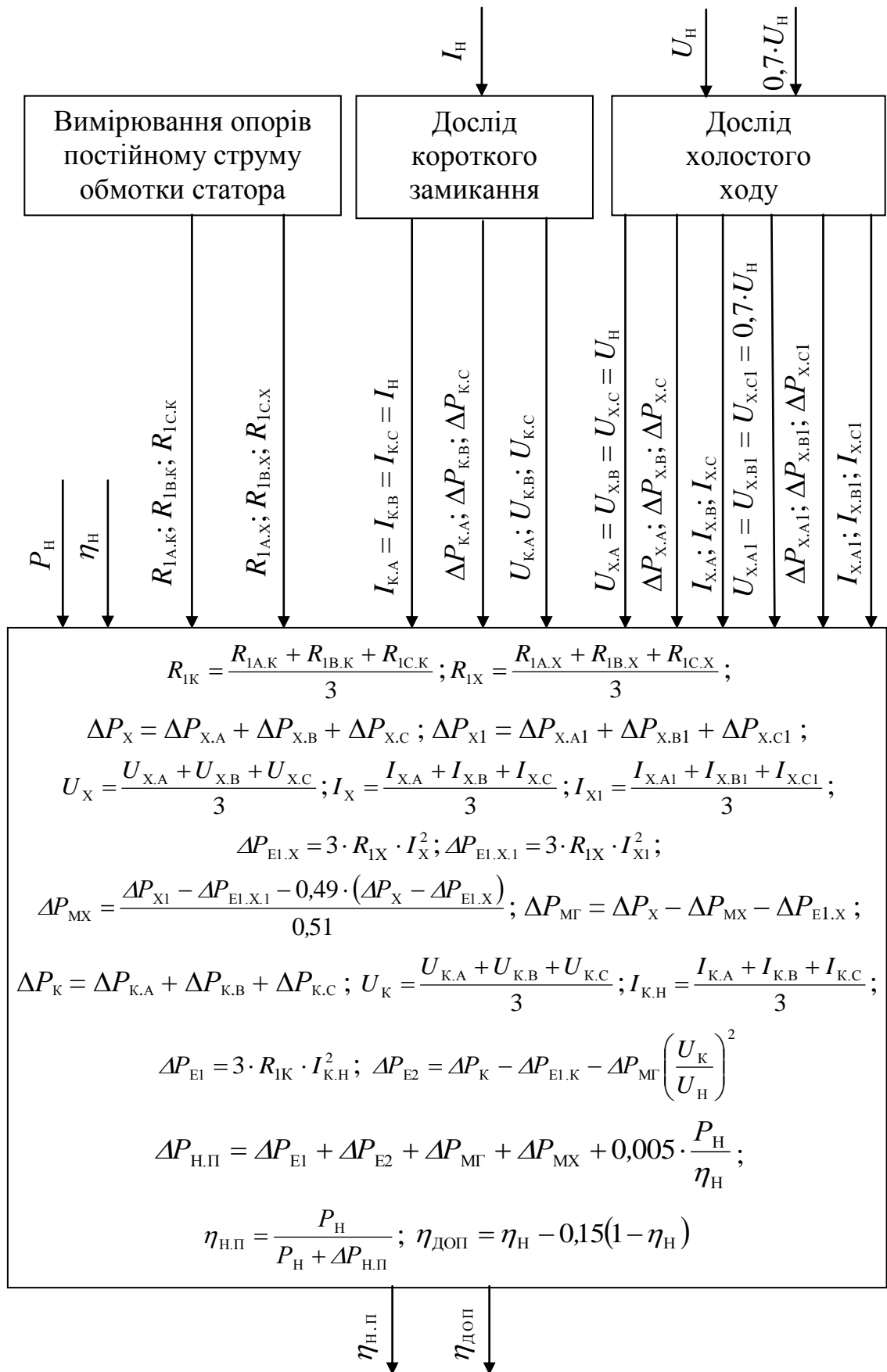


Рис. 2. Блок-схема методу діагностування асинхронних електродвигунів

(зокрема їх ізоляції) [5]. Прискорення експерименту полягало в навмисному введенні певної несправності в один з вузлів електродвигуна (“навмисної поломки”) і наступному знаходженні функціонального стану електродвигуна запропонованим методом.

У якості контрольованого був узятий асинхронний електродвигун типу 4А80В2У3, який має наступні паспортні дані: $P_H = 1,1 \text{ кВт}$, $U_{\phi, H} = 220 \text{ В}$, $I_{\phi, H} = 2,47 \text{ А}$, $\eta_H = 77,5 \%$ [5].

Результати експериментальної перевірки методу діагностування асинхронних електродвигунів зведено до таблиці 1 (значення основних фізичних величин, що визначались при діагностуванні).

Таблиця 1 – Результати експериментальної перевірки методу діагностування

Фізична величина	Значення фізичної величини		Відносне відхилення, %
	Електродвигун справний	Електродвигун несправний	
Електричні втрати в обмотці статора, $Вт$	114,4	182,3	+ 59,4
Електричні втрати в обмотці ротора, $Вт$	71,1	71,2	+ 0,1
Втрати в магнітопроводі, $Вт$	111,3	111,2	- 0,09
Механічні втрати, $Вт$	18,3	18,9	+ 3,3
Коефіцієнт корисної дії	0,774	0,738	- 4,7

З таблиці 1 видно, що електричні втрати в обмотці статора збільшилися на 59,4 % внаслідок збільшення струму, що споживає електродвигун, а це відбулося тому, що в обмотці статора виникла несправність.

Електричні втрати в обмотці ротора незначно збільшилися (на 0,1 %), що обумовлено збільшенням струму в обмотці ротора внаслідок збільшення струму, що споживає електродвигун, а це відбулося тому, що в обмотці статора виникла несправність.

Втрати в магнітопроводі незначно зменшилися (на 0,09 %), тому що збільшилось спадання напруги в обмотці статора внаслідок збільшення струму, що споживає електродвигун, а це відбулося тому, що в обмотці статора виникла несправність.

Механічні втрати збільшилися на 3,3 %, що обумовлено виникненням гальмівних моментів, які виникають при роботі несправного електродвигуна.

Коефіцієнт корисної дії електродвигуна зменшився на 4,7 % внаслідок збільшення втрат активної потужності в електродвигуні, а це відбулося тому, що в обмотці статора виникла несправність.

Висновки. Таким чином, запропонований метод діагностування асинхронних електродвигунів здатен визначати функціональний стан електродвигуна, що діагностується. Узагальненим діагностичним па-

раметром, 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 / В.В. Овчаров. – К.: УСХА, 1990. – 168 с.
2. *Єрмолаєв С.О.* Експлуатація енергообладнання та засобів автоматизації в системі АПК / С.О. Єрмолаєв, В.О. Мунтян, В.Ф. Яковлев. – К.: Мета, 2003. – 534 с.
3. *Хорольский В.Я.* Теоретические основы эксплуатации электрооборудования сельскохозяйственных предприятий: Учебное пособие / В.Я. Хорольский. – Ставрополь: Ставр. с/х ин-т, 1992. – 149 с.
4. *Коварский Е.М.* Испытание электрических машин / Е.М. Коварский, Ю.И. Янко. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 320с.
5. *Копылов И.П.* Справочник по электрическим машинам: В 2-х т., Т.1. / И.П. Копылов, Б.К. Клоков – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 456 с.

МЕТОД ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Вовк А.Ю., Безменникова Л.Н., Квитка С.А.

Аннотация

Представлен метод диагностирования асинхронных электродвигателей, который направлен на повышение эксплуатационной надежности асинхронных электродвигателей на предприятиях агропромышленного комплекса путем периодического диагностирования их работоспособности.

METHOD PERIODIC MONITORING OF THE ASYNCHRONOUS MOTORS

O. Vovk, L. Bezmennikova, S. Kvitka

Summary

The paper is dedicated to method of monitoring asynchronous electric motors, which is directed on increasing to serviceability of the asynchronous electric motors in agriculture by periodic diagnosing of their functional condition.

УДК 631.362.3:633.1.001

ПЕРЕДУМОВИ ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОЧИСТКИ ЗЕРНА МЕТОДОМ ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Михайлов Є.В., к.т.н.,
Дудка В.С., аспірант*,
Сінніков А.С., магістрант,
Бойко С.С., магістрант
Таврійський державний агротехнологічний університет
Тел. (0619) 42-21-32

Анотація – в роботі приведені передумови вивчення процесу попередньої очистки зерна методами планування експерименту ворохоочісника скальператорного типу.

Ключові слова – зерно, зерновий ворох, ворохоочісник, очистка зерна, машина попередньої очистки зерна, скальператор, планування, матриця.

Постановка проблеми. Визначення технологічних процесів у рослинництві методами математичного планування експерименту є достатньо перспективним напрямком. Від вибору факторів та рівнів їх варіювання залежить надалі значимість факторів. Може виявитися так, що важливий за значущості фактор за розрахунками 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 процес.

Аналіз останніх досліджень. В наш час розроблені різноманітні плани багатофакторного експерименту. Великий вклад в розробку методики планування експерименту в дослідженнях сільськогосподарських процесів зродили С. В. Мельников, В. Р. Алешкин та П. М. Рошин. [1]

Також є програми для персональних комп'ютерів, які вирішують задачі лінійного програмування, симплекс-методів з виведенням симплекс-таблиць, D- оптимальне планування, планування Бокса-Бенкина та центральне композиційне планування та інше.[1]

Ціль дослідження. Обґрунтувати передумови вивчення процесу попередньої очистки зерна методом планування експерименту.

* Науковий керівник – к.т.н., доц. Михайлов Є.В.

© к.т.н. Михайлов Є.В., аспірант Дудка В.С., магістрант Сінніков А.С., магістрант Бойко С.С.

Основна частина. Для процесу попереднього очищення вороху циліндричним решетом з зовнішньою робочою поверхнею, [2] були обрані фактори та рівні їх варіювання (таблиця 1).

Таблиця 1 – Фактори та рівні їх варіювання

Позначення факторів	Найменування факторів	Од. вим.	Рівні варіювання факторів	
			нижній	верхній
X_1	Подача повітря	м ³ /с	0,40	0,50
X_2	Подача зернового матеріалу	кг/с	6	9
X_3	Коефіцієнт живого перетину лотка-інтенсифікатора	%	37	47
X_4	Кут повороту лотка-інтенсифікатора щодо горизонталі	град	15	35
X_5	Кут виходу струменів повітря з щілин лотка-інтенсифікатора	град	60	80
X_6	Кут нахилу жалюзійної перегородки щодо горизонталі	град	55	75
X_7	Кут нахилу стулок жалюзі до горизонталі	град	20	45
X_8	Коефіцієнт живого перетину жалюзійного повітророзподільника	%	12	22

З метою скорочення загального обсягу дослідів ставиться експеримент з відсіювання. Матриця планування експерименту з відсіювання базується на восьми факторах. Це дозволяє отримати лінійні рівняння регресії у загальному вигляді.

Таблиця 2 – Матриця планування експерименту з відсіювання

№	Фактори								Відгуки		
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	\bar{Y}_1	\bar{Y}_2	\bar{Y}_3
1	-	-	-	-	+	-	+	+			

Продовження таблиці 2

№	Фактори								Відгуки		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	\bar{Y}_1	\bar{Y}_2	\bar{Y}_3
2	+	+	-	-	-	+	+	+			
3	+	-	+	-	+	-	-	-			
№	Фактори								Відгуки		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	\bar{Y}_1	\bar{Y}_2	\bar{Y}_3
4	+	-	-	+	+	+	+	-			
5	-	+	+	-	-	-	-	+			
6	-	+	-	+	+	+	-	+			
7	-	-	+	+	-	+	-	-			
8	+	+	+	+	-	-	+	-			
9	-	+	-	+	+	-	+	+			
10	+	+	-	-	-	-	-	+			

Рівняння моделі, що описує вплив факторів на критерій оптимізації “питома продуктивність”.

$$y_1 = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_4X_4 + B_5X_5 + B_6X_6 + B_7X_7 + B_8X_8 \quad (1)$$

Рівняння моделі, що описує вплив факторів на критерій оптимізації “утрати повноцінного зерна і відходи”.

$$y_2 = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_4X_4 + B_5X_5 + B_6X_6 + B_7X_7 + B_8X_8 \quad (2)$$

Рівняння моделі, що описує вплив факторів на критерій оптимізації “повнота видалення бур’янистої домішки”.

$$y_3 = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_4X_4 + B_5X_5 + B_6X_6 + B_7X_7 + B_8X_8 \quad (3)$$

де B_0, B_1, \dots, B_8 – коефіцієнти полінома.

Розраховуємо коефіцієнти регресії.

$$B_0 = \frac{\sum_{i=1}^N \bar{y}_i}{N} \quad (4)$$

де \bar{y}_i – середнє значення відгуку, в i – му рядку матриці плану;
 N – кількість дослідів.

$$B_i = \frac{\sum_{i=1}^N x_{iu} \bar{y}_i}{N} \quad (5)$$

де $i = 1, 2, \dots, k$;

k – кількість факторів;

x_{iu} – значення i – го фактору в i – му рядку матриці плану.

Коефіцієнти регресії значимі, якщо їх абсолютне значення вище величини довірчого інтервалу Δb_i , який знаходиться за формулою:

$$\pm \Delta b_i = \pm t S_{b_i} \quad (6)$$

де t – табличне значення критерію Стюдента;

S_{b_i} - середньоквадратичне відхилення коефіцієнтів регресії.

$$S_{b_i} = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{N \cdot m}} \quad (7)$$

де m – кількість паралельних дослідів.

Для перевірки гіпотези, що до адекватності представлення результатів дослідів лінійним рівнянням вираховується критерій Фішера:

$$F = \frac{S_{LF}^2}{S_y^2} \quad (8)$$

де S_{LF}^2 – дисперсія неадекватності математичної моделі;

S_y^2 – дисперсія помилки дослідів.

Дисперсія неадекватності обчислюється по формулі

$$S_{LF}^2 = \frac{m \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}{N - n - 1} \quad (9)$$

де m – кількість повторів;

N – кількість дослідів;

n – кількість факторів;

y – теоретичне значення критерію оптимізації по математичній моделі.

Дисперсія помилки досліду обчислюється за формулою:

$$S_y^2 = \frac{\sum_{m=1}^N \sum_{i=1}^m (y - \bar{y})}{N(m-1)} \quad (10)$$

Для прийняття гіпотези, що до адекватності, необхідно щоб:

$$F \leq F_{табл} \quad (11)$$

Висновки: 1. З метою реалізації плану багатofакторного експерименту визначені фактори та рівні їх варіювання та запропонована матриця планування експерименту із відсіювання.

2. Приведені рівняння моделі, що описують вплив факторів на критерій оптимізації у загальному вигляді, а це дозволить продовжити вивчення процесу попередньої очистки зерна циліндричним решетом з зовнішньою робочою поверхнею.

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. Михайлов Е. В. Анализ значимости факторов, влияющих на рабочий процесс сепаратора зернового вороха / Е. В. Михайлов // Науч. труды ЛСХИ. Методы и средства повышения эффективности рабочих процессов сельскохозяйственных машин. – Л.: 1983. – с. 43-46.

ПРЕДПОСЫЛКИ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЧИСТКИ ЗЕРНА МЕТОДОМ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Михайлов Е.В., Дудка В.С., Синников А.С., Бойко С.С.

Аннотация

В работе приведенные предпосылки изучения процесса предварительной очистки зерна методами планирования эксперимента ворохоочистителя скальператорного типа.

THE PRECONDITIONS OF STUDY OF CROP PRELIMINARY CLEANING PROCESS BY MEANS OF EXPERIMENT PLANNING

Y. Mikhailo, V. Dudka, A. Sinnikov, S. Boyko

Summary

Grain precleaning process learning with experiment planning methods of scalperator type cleaner is realized.

ІДЕНТИФІКАЦІЯ МОДЕЛІ ПРИЙМАЛЬНОГО ТРАКТУ ІМПУЛЬСНИХ РЕФЛЕКТОМЕТРИЧНИХ СИСТЕМ

Мунтян В.О. д.т.н.,

Федюшко Ю. М., к.т.н.,

Лисенко О.В. к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет,

Тел. (0619) 42-11-52

Анотація – проведено аналіз та ідентифікацію моделі приймального тракту за рахунок поєднання значно малих неоднорідностей.

Ключові слова – рефлектометрична система, ідентифікація, неоднорідність, біоречовина.

Постановка проблеми. Впровадження електромагнітних полів в сільськогосподарське виробництво неможливе без вивчення електрофізичних властивостей сільськогосподарських продуктів, матеріалів і біологічних об'єктів. Вирішення цієї проблеми можливо за рахунок використання імпульсних рефлектометрів.

До складу імпульсних рефлектометричних систем діелектричної спектроскопії біологічних об'єктів в широкому частотному діапазоні, входять пристрої, параметри яких визначають точність вимірювань. В зв'язку з чим виникає необхідність дослідження їх характеристик та ідентифікації багатоелементних систем, які описуються відповідними неоднорідностями.

Аналіз останніх досліджень. Існує матеріал, в якому розглянуті питання застосування імпульсної рефлектометрії для виявлення несправностей в кабельних і повітряних лініях, вимірювання мінімальних значень дискретних неоднорідностей в лініях передачі електромагнітної енергії і для інших цілей в системах зв'язку і телекомунікації [1,2].

Заміна параметрів ланцюгів і трактів в часовій області викликає інструментальні похибки, пов'язані з реєстрацією пікосекундних сигналів, основними з яких є : нелінійність стробоскопічного перетворення напруги та часової розгортки, нестабільність зчитування сигналів, наявність випадкових складових сигналу.

На основі аналізу джерел виникнення похибок приймального тракту імпульсних рефлектометричних систем була розроблена структурна схема, яка приведена на рис. 1.

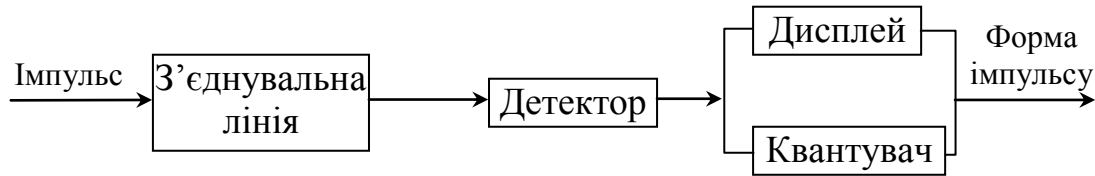


Рис.1. Структурна схема приймального тракту імпульсного рефлектометра

Через з'єднувальну лінію імпульс поступає на детектор, частина якого направляється на квантувач, а інша на дисплей.

Використовуючи загальні підходи математичних моделей перекладу вимірювальної інформації із часової області в частотну, на основі двох кінцевих рядів, порядок яких визначається масивами вхідних даних по N дискретним значенням, відповідно до виразу:

$$\Gamma(j\omega) = \frac{\dot{F}_{omp}(j\omega)}{\dot{F}_{зонд}(j\omega)} = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} f_{omn}(n\Delta t) \exp\left[-j \frac{2\pi}{N} nk\right] + \sum_{n=0}^{N-1} x_{omn}(n\Delta t) \exp\left[-j \frac{2\pi}{N} nk\right]}{\sum_{n=0}^{N-1} f_{зонд}(n\Delta t) \exp\left[-j \frac{2\pi}{N} nk\right] + \sum_{n=0}^{N-1} x_{зонд}(n\Delta t) \exp\left[-j \frac{2\pi}{N} nk\right]}, \quad (1)$$

З виразу (1) видно, що похибки при вимірюванні коефіцієнта відображення пов'язані зі зміною імпульсних сигналів в елементах хвилеводу, технічних характеристик вузлів, методами обробки реєстрованих рефлекторам.

Формулювання цілей статті. Метою статті є ідентифікація елементів моделі імпульсного рефлектометра, шляхом встановлення зв'язку між елементами еквівалентної схеми приймального тракту, для вимірювання діелектричної проникності матеріалів і біоречовин.

Основна частина. При вирішенні задачі ідентифікації, за модель досліджуваної неоднорідності приймається електрична схема, яка складається з R -, L -, C - елементів [3].

Якщо неоднорідності малі (наприклад, при відображенні максимальне значення сигналу зменшується більш ніж в 10 разів), то багатократними відображеннями сигналів між ними можна нехтувати і з достатньою точністю вважати відображений сигнал за рівний сумі сигналів відображених від кожної.

Еквівалентні схеми біологічних об'єктів являють собою достатньо складні моделі. Наприклад, на рис. 2 представлена еквівалентна

схема заміщення клітини у вигляді послідовного з'єднання схем для мембрани і протоплазми, а також з урахуванням міжклітинного опору.

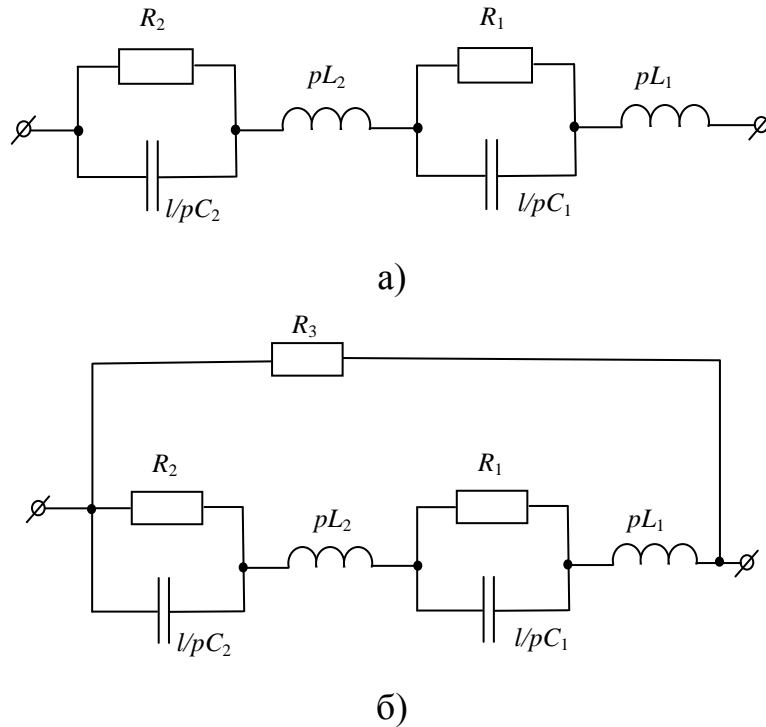


Рис. 2. Еквівалентна схема заміщення клітини (а); еквівалентна схема заміщення клітини з урахуванням міжклітинного опору (б)

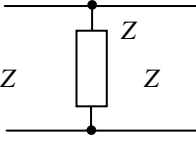
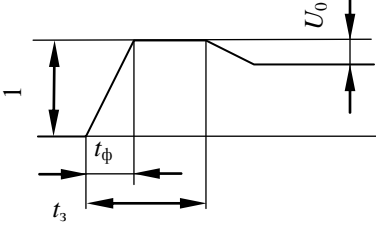
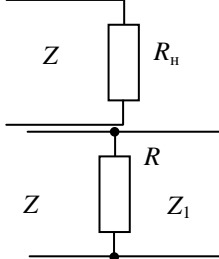
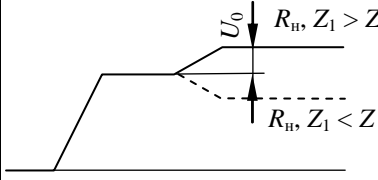
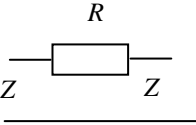
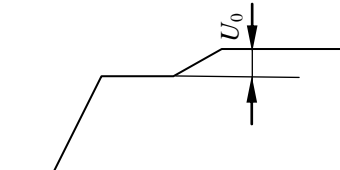
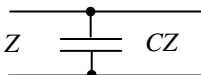
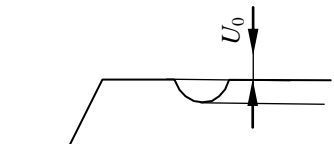
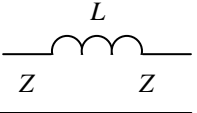
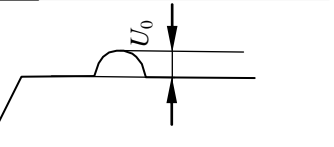
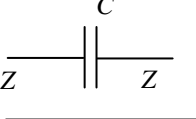
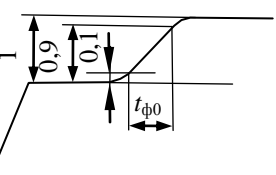
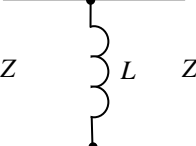
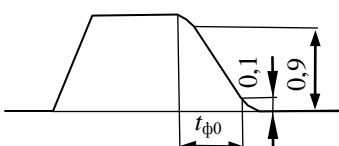
Ці схеми являють собою складні моделі і вимагають пошуку нових рішень задачі ідентифікації, а також вдосконалення апаратурного, методичного, програмного і метрологічного забезпечення імпульсних рефлектометричних систем для дослідження електрофізичних параметрів біологічних об'єктів.

Спостереження відображеного імпульсного сигналу дозволяє контролювати ступінь однорідності тракту, визначати положення неоднородностей і проводити їх ідентифікацію [4].

Розрахунок простих неоднородностей приведений в таблиці 1.

Рішення задачі ідентифікації багатоелементних схем значно спрощується, якщо еквівалентну схему розглядати як поєднання декількох малих (вже розглянутих) неоднорідностей, як віддалених однієї від іншої, так і розташованих в одному перетині.

Таблиця 1 – Розрахунок простих неоднорідностей

Схема	Рефлектограмма	Розрахункове співвідношення
		$R = Z \cdot \frac{1 - u_0}{2u_0}$
		$R_n = Z \cdot \frac{1 + u_0}{1 - u_0}$ $Z_1 = Z \cdot \frac{1 + u_0}{1 - u_0}$
		$R = Z \cdot \frac{2u_0}{1 - u_0}$
		$C = \frac{2}{Z} \cdot t_\phi \cdot u_0$
		$L = 2Z \cdot t_\phi \cdot u_0$
		$C = \frac{0,22}{Z} \cdot (t_{\phi 0}^2 - t_{\phi 3}^2)^{1/2}$
		$L = 0,22W \cdot (t_{\phi 0}^2 - t_{\phi 3}^2)^{1/2}$

Як приклад, на рис. 3 приведена еквівалентна схема лінії, що містить три неоднорідності: послідовну індуктивність L , віддалену від неї на відстань l паралельну ємність C і стрибок хвильового опору.

Процес формування відображеного сигналу в лінії може бути представлений у вигляді багатократних перевідображень від трьох неоднородностей.

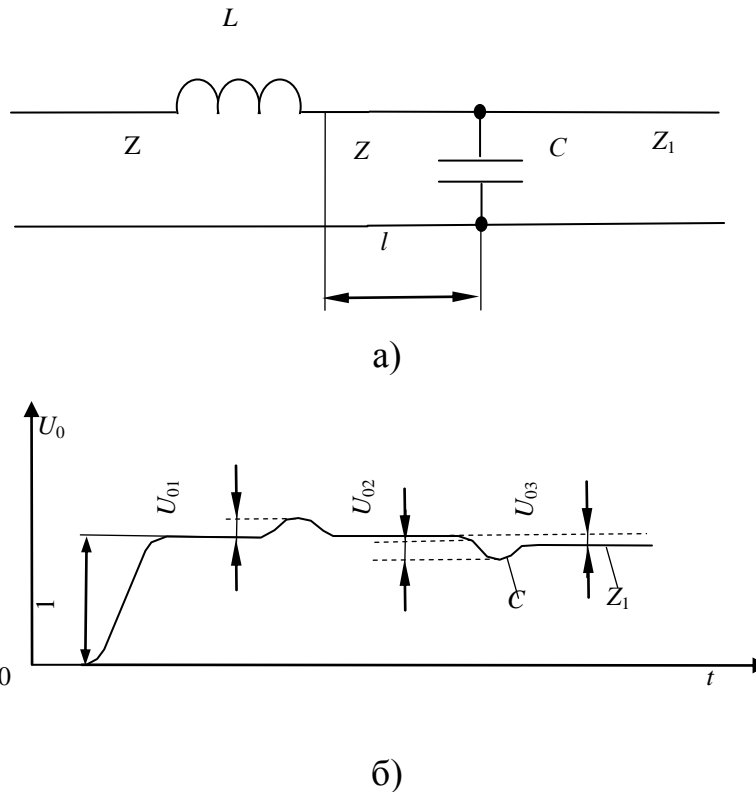


Рис. 3. Еквівалентна схема лінії з неоднорідностями (а); рефлектограма (б)

Характер кожної неоднорідності може бути визначений по виду відображеного сигналу, параметри еквівалентної схеми визначаються за виразами, які приведені в таблиці 1, для значень u_{01} , u_{02} , u_{03} .

З проведеного аналізу можна зробити висновок, що важливими характеристиками імпульсного рефлектометра є чутливість і тривалість фронту його апаратної функції, під якою розуміють спостережуваний на екрані рефлектометра перепад зондуючої напруги. Тривалість фронту апаратної функції визначається тривалістю фронту сигналу, що формується генератором, і тривалістю фронту перехідної характеристики стробоскопічного осцилографа.

Саме від тривалості фронту апаратної функції в значній мірі залежить припустима здатність імпульсного рефлектометра. Принцип функціонування, конструкція змішувача і стробоскопічного перетворювача визначають рівень внутрішніх шумів, а значить, і чутливість рефлектометра та динамічний діапазон приладу [3,4].

Імпульсні рефлектометри, що мають тривалість фронту апаратної функції 50...100 пс, рівень власних шумів 2...5 мВ і амплітуду зондуючого сигналу 0,2...1В, дозволяють визначати безпосередньо по рефлектограмі відхилення хвильового опору лінії від номіналу на 0,5 Ом, мінімальну ємкісну неоднорідність 0,008...0,02 пФ, мінімальну індуктивність 0,01...0,05 нГн, припуск в лінії з повітряним заповненням 4,5...15 мм, а в полоскових лініях на діелектричній підкладці до 1...5 мм.

Висновки. У результаті проведених досліджень, аналітичним шляхом, вирішено завдання ідентифікації багатоелементних схем біологічних об'єктів через еквівалентні схеми їх неоднорідностей.

Дослідження імпульсного сигналу дозволяє контролювати ступінь однорідності тракту, виявляти та визначати зміну неоднорідностей і проводити їх ідентифікацію.

Використовуючи приведену методику отримана можливість врахування нелінійних характеристик і інерційних властивостей елементів приймального тракту.

Література

1. *Богданович Б. М.* Методы нелинейных функционалов в теории электрической связи / Б. М. Богданович, Л. А. Черкас, Е. В. Задедюрин. – М.: Радио и связь, 1990. – 280 с.

2. *Nicolson A.M.* Broad band microwave transmissions characteristics from a single measurement of the transient response / A.M. Nicolson // IEEE Trans. Dec. 1968. P. 114-117 .

3. *Лоутон Р.Э.* Импульсные измерения во временной области / Р. Э. Лоутон, С. М. Раус, Д. Ж. Эндрюс // ТИИЭ. – 1986. – №1. – С. 87-92.

4. Радиоизмерительные приборы. – М.: НИИЭКОС, 1992.–159с.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ МОДЕЛИ ПРИЕМНОГО ТРАКТА ИМПУЛЬСНЫХ РЕФЛЕКТОМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Мунтян В.А. , Федюшко Ю.М., Лысенко О.В.

Аннотация

Проведен анализ и идентификацию модели приемного тракта за счет объединения значительно малых неоднородностей.

AUTHENTICATION OF MODEL OF RECEIVING HIGHWAY OF IMPULSIVE REFLEKTOMETRIC OF SYSTEMS

V. Muntjan, Y. Fediushko, O. Lisenko

Summary

An analysis and authentication of model of receiving highway is conducted due to combination considerably small heterogeneity.

УДК 631.371:621

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИНДУКЦИОННЫХ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЕЙ ЭМИН НА БАЗЕ СТАТОРОВ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Назарьян Г.Н., к.т.н.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619) 42-31-59

Аннотация – обоснована тепловая модель водонагревателя, получены уравнения теплового баланса и эквивалентные тепловые схемы, предлагаются формулы для расчетного определения превышения температуры элементов конструкции.

Ключевые слова – тепловая модель, тепловой баланс, тепловая схема, превышение температуры.

Постановка проблемы. ЭМИН представляют собой сравнительно новый тип водонагревателей, характеризующихся технологичностью изготовления, высокой надежностью и эффективностью в работе, успешно применяются для отопления бытовых и производственных зданий и сооружений АПК, а так же горячего электроводоснабжения животноводческих ферм и комплексов. Однако в связи с требованиями государственной программы по внедрению энергосберегающих технологий в АПК, для создания эффективных систем автоматизации управления ЭМИН возникла необходимость оптимизации тепловых процессов в ЭМИН. Для решения этой проблемы, наряду с экспериментальными данными, требуются надежные методы расчетного определения превышения температуры основных конструктивных элементов ЭМИН и нагреваемой жидкой среды.

Анализ последних исследований. Вопросы теории, конструирования и электромагнитного расчета ЭМИН нашли отображение в работах [3, 4]. Для проведения экспериментальных исследований тепловых процессов на кафедре АЭП создан специальный стенд [5]. Некоторые данные экспериментальных исследований опубликованы в [6].

Формулировка целей статьи. Основная цель состоит в обосновании полной тепловой модели ЭМИН и на этой основе разработка методики теплового расчета водонагревателя с получением формул для расчетного определения превышения температуры основных конструктивных элементов ЭМИН.

Основная часть. На основе анализа особенности устройства и принципа работы индукционных водонагревателей типа ЭМИН [3, 4], были определены источники теплоты, направления тепловых потоков, реальные тепловые связи элементов конструкции установки. В соответствии с методом эквивалентных тепловых схем (ЭТС) [1, 2], была разработана полная тепловая модель ЭМИН, представленная на рис. 1.

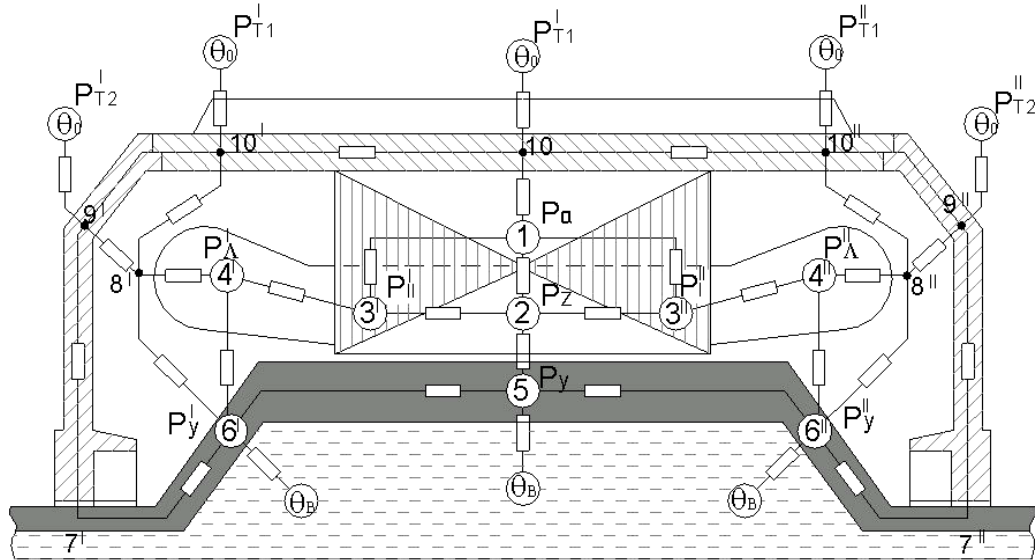


Рис.1. Полная тепловая модель ЭМИН

Основным источником теплоты в ЭМИН при подключении обмоток индуктора на статоре к питающей сети являются: 1) магнитные потери на вихревые токи в ярме индуктора P_a (узел 1); 2) такие же потери в зубцах индуктора P_z (узел 2); 3) электрические потери в пазовых и лобовых частях обмотки индуктора P'_I ; P''_I ; P'_L ; P''_L , соответственно узлы 3'; 3''; 4'; 4''; 4) электрические и магнитные потери в основной и торцевой частях массивного ферромагнитного нагревателя P_9 ; P'_9 ; P''_9 (узлы 5; 6' и 6''). Кроме того, характерными тепловыми узлами водонагревателя без внутренних источников теплоты, однако играющих важную роль в общем процессе теплопередачи, являются узлы 8' и 8'' с температурой воздуха внутри оболочки θ_a установки; узлы 9' и 9'' с температурой боковых щитов $\theta_{щ}$; узлы 10, 10' и 10'' с температурой корпуса θ_c и узлы с температурой θ_i окружающей среды P_{T1} ; P'_{T1} ; P''_{T1} ; P'_{T2} и P''_{T2} ; и наконец, узлы с температурой нагреваемой воды θ_w . По тепловой модели ЭМИН была составлена ЭТС, представленная на рис. 2, в которой с целью упрощения схемы некоторые симметрично расположенные тепловые узлы исходной модели совмещены без потери точности ЭТС. На симметрированной ЭТС на рис. 2 тепловые проводимости обозначены буквой Λ с подстрочными индексами в виде цифр соответствующих номерам связываемых ими узлов тепловой схемы.

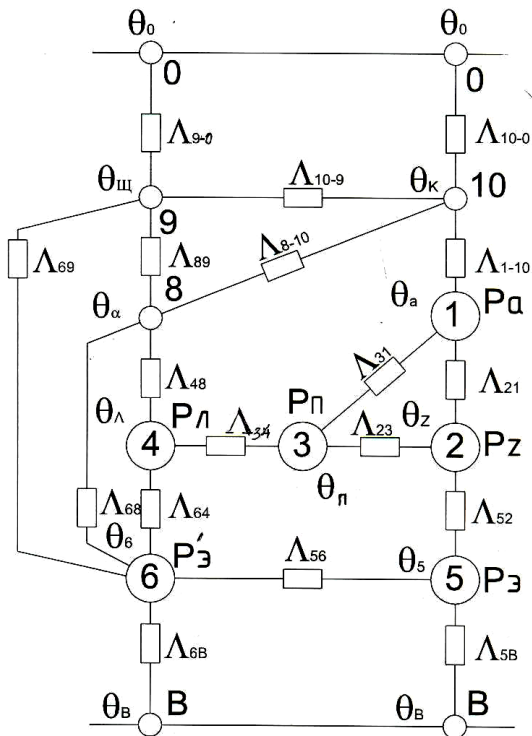


Рис.2. Симметризованная ЭТС ЭМИН

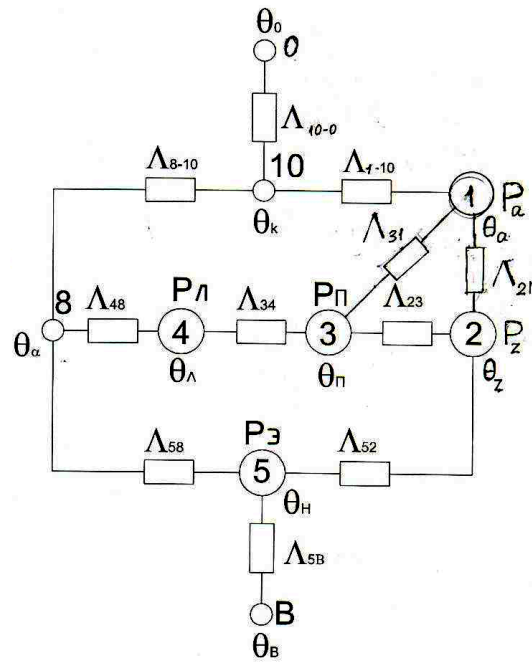


Рис.3. Упрощенная ЭТС ЭМИН

Дальнейшее упрощение ЭТС без снижения точности выполнено за счет объединения узлов 5 и 6 нагревателя в один узел 5 с общим тепловым потоком $P_э$, а также объединения узлов корпуса 10 и боковых щитов 9 в один общий узел схемы 10 с тепловой проводимостью Λ_{10-0} . Упрощенная таким образом ЭТС ЭМИН представлена на рис. 3, с помощью которой составлены уравнения теплового баланса ЭМИН, полагая температуру $\theta_i = 0$.

$$\begin{aligned}
 &\theta_a (\Lambda_{1-10} + \Lambda_{31} + \Lambda_{21}) - \theta_k \Lambda_{1-10} - \theta_{\Pi} \Lambda_{31} - \theta_z \Lambda_{21} = P_a; \\
 &\theta_z (\Lambda_{21} + \Lambda_{23} + \Lambda_{52}) - \theta_a \Lambda_{21} - \theta_{\Pi} \Lambda_{23} - \theta_{\text{H}} \Lambda_{52} = P_z; \\
 &\theta_{\Pi} (\Lambda_{23} + \Lambda_{31} + \Lambda_{34}) - \theta_z \Lambda_{23} - \theta_a \Lambda_{31} - \theta_{\Lambda} \Lambda_{34} = P_{\Pi}; \\
 &\theta_{\Lambda} (\Lambda_{34} + \Lambda_{48}) - \theta_{\Pi} \Lambda_{34} - \theta_{\alpha} \Lambda_{48} = P_{\Lambda}; \\
 &\theta_{\text{H}} (\Lambda_{52} + \Lambda_{58} + \Lambda_{5\text{B}}) - \theta_z \Lambda_{52} - \theta_{\alpha} \Lambda_{58} - \theta_{\text{B}} \Lambda_{5\text{B}} = P_{\text{e}}; \\
 &\theta_{\alpha} (\Lambda_{58} + \Lambda_{48} + \Lambda_{8-10}) - \theta_{\text{H}} \Lambda_{58} - \theta_{\Lambda} \Lambda_{48} - \theta_k \Lambda_{8-10} = 0; \\
 &\theta_k (\Lambda_{1-10} + \Lambda_{10-0} + \Lambda_{8-10}) - \theta_a \Lambda_{1-10} - \theta_0 \Lambda_{10-0} - \theta_{\alpha} \Lambda_{8-10} = 0.
 \end{aligned} \tag{1}$$

Для снижения порядка системы уравнений (1) определяются превышения температуры основных элементов конструкции ЭМИН над температурой оболочки (корпуса) θ_0 .

$$\begin{aligned}
 \Delta\theta'_a &= \theta_a - \theta_k; & \Delta\theta'_{\text{H}} &= \theta_{\text{H}} - \theta_k; \\
 \Delta\theta'_z &= \theta_z - \theta_k; & \Delta\theta'_{\alpha} &= \theta_{\alpha} - \theta_k; \\
 \Delta\theta'_{\Pi} &= \theta_{\Pi} - \theta_k; & \Delta\theta'_{\text{B}} &= \theta_{\text{H}} - \theta_k; \\
 \Delta\theta'_{\Lambda} &= \theta_{\Lambda} - \theta_k;
 \end{aligned} \tag{2}$$

Введем новые обозначения:

$$\begin{aligned} \Lambda_{1-10} + \Lambda_{31} + \Lambda_{21} &= \Lambda_{11}; & \Lambda_{52} + \Lambda_{58} + \Lambda_{5B} &= \Lambda_B; \\ \Lambda_{21} + \Lambda_{23} + \Lambda_{52} &= \Lambda_{22}; & \Lambda_{58} + \Lambda_{48} + \Lambda_{8-10} &= \Lambda_\alpha; \\ \Lambda_{23} + \Lambda_{31} + \Lambda_{34} &= \Lambda_{33}; & \Lambda_{1-10} + \Lambda_{10-0} + \Lambda_{8-10} &= \Lambda_5. \\ \Lambda_{34} + \Lambda_{48} &= \Lambda_{44}; \end{aligned} \quad (3)$$

В результате получим уравнения теплового баланса ЭМИН в удобном для расчета виде:

$$\begin{aligned} \theta_a \Lambda_{11} - \Delta\theta_{\Pi} \Lambda_{31} - \Delta\theta_z \Lambda_{21} &= P_a; \\ \theta_z \Lambda_{22} - \theta_{\Pi} \Lambda_{52} - \Delta\theta_{\Pi} \Lambda_{23} - \Delta\theta_a \Lambda_{21} &= P_z; \\ \theta_{\Pi} \Lambda_{33} - \Delta\theta_z \Lambda_{23} - \Delta\theta_a \Lambda_{31} - \Delta\theta_{\Lambda} \Lambda_{34} &= P_{\Pi}; \\ \theta_{\Lambda} \Lambda_{44} - \Delta\theta_{\Pi} \Lambda_{34} - \Delta\theta_{\alpha} \Lambda_{48} &= P_{\Lambda}; \\ \theta_{\Pi} \Lambda_B - \Delta\theta_z \Lambda_{52} - \Delta\theta_{\alpha} \Lambda_{58} - \Delta\theta_B \Lambda_{5B} &= P_e. \end{aligned} \quad (4)$$

Превышение температуры оболочки-корпуса над температурой окружающей среды определяется по формуле:

$$\Delta\theta_n = \frac{P_a + P_z + P_{\Pi} + P_{\Lambda} + P_e}{\Lambda_k}, \quad (5)$$

где Λ_k – тепловая проводимость оболочки корпуса водонагревателя к окружающей среде.

При этом:

$$\Lambda_k = \Lambda_{10-10} = \Lambda_{8-10} + \Lambda_{1-10}.$$

Значения мощностей греющих тепловых потерь могут быть определены по паспортным данным базовых асинхронных двигателей.

Превышение температуры других активных элементов определяется по формулам:

$$\begin{aligned} \Delta\theta_a &= \theta_a + \Delta\theta_{\Pi} + 0,5 \Delta\theta_o; \\ \Delta\theta_{\Pi} &= \theta_z + \Delta\theta_{\Pi} + 0,5 \Delta\theta_o; \\ \Delta\theta_{\Pi} &= \theta_{\Pi} + \Delta\theta_{\Pi} + 0,5 \Delta\theta_o; \\ \Delta\theta_{\Lambda} &= \theta_{\Lambda} + \Delta\theta_{\Pi} + 0,5 \Delta\theta_o; \\ \Delta\theta_{\Pi} &= \theta_{\Pi} + \Delta\theta_{\Pi} + 0,5 \Delta\theta_o; \end{aligned} \quad (6)$$

Среднее превышение температуры обмотки индуктора над температурой окружающей среды:

$$\Delta\theta_{1H} = \frac{\Delta\theta_{\Lambda} \cdot \ell_{1\Lambda} + \Delta\theta_n \cdot \ell_1}{\ell_{1\Lambda} + \ell_1}, \quad (7)$$

где $\ell_{1\Lambda}$ и ℓ_1 – соответственно, длина лобовой и пазовой части обмотки индуктора.

Превышение температуры нагреваемой жидкости над температурой на вводе в ЭМИН:

$$\Delta\theta_{\text{в}} = \frac{P_2}{C_m \cdot \gamma \cdot Q}, \quad (8)$$

где C_m – удельная теплоемкость жидкости.

Для воды $C_m = 4,19$ кДж/(кг·°С);

γ – плотность жидкости;

Q – производительность ЭМИН;

P_2 – полезная тепловая мощность водонагревателя.

При этом для ЭМИН непрерывного действия:

$$P_2 = \frac{Q \cdot C_m (t_2 - t_1)}{3600}, \quad (9)$$

и ЭМИН емкостного или периодического действия:

$$P_2 = \frac{m \cdot C_m (t_2 - t_1)}{3600 \cdot t}, \quad (10)$$

где t_1 и t_2 – начальная и конечная температура нагрева, °С;

m – масса нагреваемой жидкости, кг;

t – время нагрева, ч;

Q – производительность, л/ч.

В заключение отметим, что решение системы уравнений теплового баланса (1) является конечным этапом теплового расчета ЭМИН. При этом необходимо знание тепловых проводимостей между элементами конструкции водонагревателя. Вопросы расчетного определения тепловых проводимостей конструктивных элементов асинхронных двигателей, статоры которых используются для изготовления ЭМИН, подробно изложены в [1] и литературе по проектированию электрических машин. Однако с учетом особенности устройства (наличие нагревателя в виде ферромагнитной трубы, минимального воздушного зазора и т.п.), а также назначения ЭМИН [2, 3] для расчетного определения значений тепловых проводимостей с достаточной точностью требуется уточнение существующих расчетных формул проводимостей с экспериментальной проверкой превышения температуры элементов на опытных образцах ЭМИН.

Выводы. 1. Предлагаемая тепловая модель ЭМИН наиболее полно и достоверно отражает распределение температуры, потерь и тепловых потоков реальных установок.

2. Полученные на основе тепловой модели уравнения теплового баланса и эквивалентные тепловые схемы (ЭТС), а также предлагаемые формулы обеспечивают надежный расчет превышения температуры основных конструктивных элементов ЭМИН, хорошо согласующиеся с опытными данными.

Литература:

1. *Бойко Е.П.* Асинхронные двигатели общего назначения/ Е.П. Бойко, Ю.В. Гаинцев, Ю.М. Ковалев и др.; Под ред. В.М. Петрова и А.Э. Кравчика. – М.: Энергия, 1980. – 448 с.
2. *Сипайлов Г.А.* Тепловые, гидравлические и аэродинамические расчеты в электрических машинах/ Г.А. Сипайлов, Д.И. Санников, В.А. Жадан – М.: Высш. шк., 1989. – 239 с.
3. *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.
4. *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.
5. *Махсудов А.Е.* Експериментальна установка для дослідження індукційного водонагрівача/ А.Е. Махсудов// Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2001. – Вип.1, Т. 19. – С. 73-75.
6. *Назарьян Г.Н.* Экспериментальное исследование параметров схемы замещения индукционных водонагревателей типа ЭМИН/ Г.Н. Назарьян, М.Г. Назарьян // Праці ТДАТА, 2004. Вип. 19 – С. 45-50.

**ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ
ІНДУКЦІЙНИХ ВОДОНАГРІВАЧІВ ЭМИН
НА БАЗІ СТАТОРІВ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ**

Назар'ян Г.Н.

Анотація

Обґрунтована теплова модель водонагрівача, отримані рівняння теплового балансу й еквівалентні теплові схеми, пропонуються формули для розрахункового визначення перевищення температури елементів конструкції.

**THERMAL CALCULATION OF ELECTROMAGNETIC
INDUCTION WATERHEATER EMIN ON STATORS BASES
OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTORS**

G. Nazar'yan

Summary

The thermal model of waterheater is grounded, equalizations of thermal balance and equivalent thermal charts are got. For calculation determination of exceeding of temperature construction elements of formulas are offered.

УДК 662.8:[636.085:662.81]

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КОРМОВИХ БРИКЕТІВ НА ОСНОВІ СОЛОМИ, ВИГОТОВЛЕНИХ НА ПРЕС-БРИКЕТУВАЛЬНИКУ ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ

Троїцька О.О., к.б.н.

Інститут механізації тваринництва Української академії аграрних наук

Тел./факс (061) 286-53-23

Бакарджиев Р.О., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел./факс (0619) 42-20-74

Анотація – в статті проаналізована ефективність використання в годівлі жуйних сільськогосподарських тварин кормових брикетів на основі соломи, які виготовлялися на прес-брикетувальнику паливних брикетів.

Ключові слова – жуйні тварини, ефективність, кормові брикети, паливні брикети, прес-брикетувальник, солома

Постановка проблеми. Основними актуальними проблемами тваринництва є енергетичне і кормове забезпечення виробництва продукції, зокрема найбільш вагомими складовими витрат у цій галузі є паливно-мастильні матеріали та корми.

Порівняно із розвинутими державами Європи, для отримання одиниці тваринницької продукції в Україні витрачається значно більше палива і кормів. Наприклад, витрати на виробництво 1т молока в зоні Степу України у 3 рази більші, ніж у Німеччині або Франції [2].

Для скорочення використання дефіцитних екологічно шкідливих викопних енергоносіїв, у виробничий процес необхідно залучати вторинну сировину, зокрема рослинного походження. Наприклад, на енергетичні цілі можуть використовуватися: солома (теплота згорання 14,3 МДж/кг), соняшникове лушпиння (теплота згорання 14,3 МДж/кг) та ін..

Однак, вадою використання рослинних матеріалів у якості палива є їх низька щільність. Проблема полягає в тому, щоб раціонально сконцентрувати цю сировину. Одним з шляхів рішення цього питання є брикетування [1, 2].

Відомо, що брикетування рослинних матеріалів з метою використання на кормові цілі – це ефективний технологічний прийом, який

дозволяє підвищити вихід кормових одиниць і поживних речовин за рахунок концентрації кормових компонентів, а також знизити втрати при зберіганні та згодовуванні [2].

Отже, використання технології брикетування для виробництва кормових і паливних брикетів дозволяє, використовуючи одне й те ж устаткування, виробляти в залежності від наявної сировини та потреб господарства брикети різного призначення.

Причому, основою, як кормових, так і паливних брикетів, може використовуватися вторинна сировина рослинного походження, наприклад, солома.

Формулювання цілей статті. Визначити ефективність використання в годівлі жуйних сільськогосподарських тварин кормових брикетів на основі соломи, які виготовлялися на прес - брикетувальнику паливних брикетів. Об'єктом дослідження є кормові брикети на основі соломи, виготовлені на прес - брикетувальнику паливних брикетів.

Основна частина. Брикетування сировини рослинного походження – ефективний спосіб підготовки її до використання для господарських потреб. Він дозволяє значно підвищити щільність матеріалу.

Процеси, з яких складається загальна схема брикетування, а саме подрібнення компонентів, їх змішування, внесення зв'язуючої речовини, надають брикетованій сировині певні властивості (в'язкість, вологість), що позитивно впливає на її споживчі характеристики. Водночас дія тепла і механічного тиску в камері преса забезпечує прогрівання вихідної сировини, що також позитивно впливає на якість кінцевого продукту.

Для виробництва брикетів існує ряд пресів, різних як за конструктивним виконанням, так й за параметрами і режимами їх роботи. Нами досліджувалися кормові брикети на основі соломи, які виготовлялися на прес - брикетувальнику паливних брикетів створеному в ІМТ УААН.

Технічна характеристика пресу для виготовлення кормових і паливних брикетів надана у таблиці 1.

Таблиця 1 – Технічна характеристика прес - брикетувальника

Найменування показника	Величина показника
Продуктивність, т/год.	0,35
Встановлена потужність, кВт	не більше 9,6
- у т. ч. нагрівача матриці, кВт	2
Температура розігрівання матриці, °С	160...180
Параметри брикетування:	
тиск, МПа	не більше 8
діаметр брикету, мм	70
висота брикету, мм	40...50
щільність брикету, кг/м ³	600...700

Продовження таблиці 1

Найменування показника	Величина показника
Габаритні розміри, мм	
довжина	4390
ширина	2465
висота	1290
Маса, кг	960

В кормоприготуванні використовується вагове і об'ємне дозування компонентів суміші.

Вагове дозування особливо необхідне при приготуванні кормо-сумішей для птахів і свиней.

При виробництві брикетів на основі соломи для жуйних тварин кількість компонентів менша, а споживання цих кормів тваринами в середньому за добу на голову досить значне.

В цьому випадку об'ємне дозування забезпечує одержання брикетів доброї якості, його й було використано при виробництві кормових брикетів на основі соломи.

Для брикетування використовувалася солома довжиною до 14 см і вологістю 12 - 14%. При виготовленні брикетів соломі не розмелювали, а подрібнювали до часток величиною не більше 40 мм. В результаті зберігалася її вихідна структура, яка задовольняє фізіологічним потребам жуйних тварин.

Виготовлені на прес - брикетувальнику брикети мали діаметр 70 мм при висоті 40-50 мм, тобто відношення висоти брикету до його діаметру було в межах від 0,6 до 0,7. Для кормових цілей виготовлялися брикети дещо меншої щільності, вони мали щільність 500-600 кг/м³ проти 600 - 750 кг/м³ щільності паливних брикетів.

Як показали дослідження, в чистому вигляді солома в брикети пресувалася важко, і якщо при виготовленні паливних брикетів температура розігрівання матриці була 160-180 °С, то в процесі виготовлення кормових брикетів використовували більш щадний температурний режим, а саме температура нагріву матриці була знижена до 85 °С.

Поряд з тим в кормові брикети додавалися зв'язуючі речовини, здатні одночасно підвищити їхню кормову цінність та покращити смакові якості корма - зернова дерть ячменя і пшениці, сечовина. Крім того, для покращання смакових якостей, до їхнього складу входило злакове і люцернове сіно.

Збільшення компонентів, що входили до складу кормових брикетів на основі соломи, знизило продуктивність преса - брикетувальника на 10-15 % в порівнянні з процесом виготовленням паливних брикетів. Продуктивність прес - брикетувальника при виробництві кормових брикетів становила - 0,3 т/год.

Ефективність годівлі жуйних тварин брикетованим кормом залежить від багатьох факторів: корм за своєю структурою, фізичним станом, складом і поживністю повинен відповідати вимогам певної групи тварин, забезпечувати високу продуктивність і якість тваринницької продукції, причому з підвищенням продуктивності, перетравлення поживних речовин раціону також повинно зростати.

З метою визначення ефективності використання в годівлі жуйних тварин брикетованого корму на основі соломи, який виготовляли на прес - брикетувальнику паливних брикетів, були проведені дослідження за схемою, яка представлена у таблиці 2.

Таблиця 2 – Схема досліду на вівцях-ярках

Показники	Групи	
	контрольна	дослідна
Кількість голів в групі	5	5
Вік, міс.	25	25
Тривалість підготовчого періоду, днів.	15	15
Тривалість облікового періоду, днів.	30	30
Кількість кормо днів	150	150
Характер годування в обліковий період	Корми в натуральному вигляді, згодовуванні в суміші	Брикетовані корми
Склад раціону, %	Соломи озимого ячменя	44,0
	Сіна злакового	19,0
	Люцернового	16,6
	Зернової дерті із ячменя і пшениці	20,0
	Сечовини	0,4

Для проведення досліду у дослідні групи підбирались вівці-ярки середньої угодюваності і приблизно однакової живої маси.

Різниця в середній масі овець дослідних груп не перевищувала 0,3 кг. В зв'язку з коливаннями живої ваги овець на протязі доби їх зважували вранці до годівлі на протязі 2 днів і користувались середніми даними.

Утримання піддослідних овець було стійловим.

За період досліду контрольна група овець одержувала багатоконпонентний раціон у розсипному вигляді, який складався із 790 г соломи озимого ячменя, 340 г злакового сіна, 300 г люцернового сіна, 360 г зернової дерті із ячменя і пшениці, 8 г сечовини і мінеральних речовин (обезфтореного фосфату).

В усіх кормах, які використовувалися в досліді було визначено склад основних поживних речовин.

Загальна поживність раціону склала 1,2 корм. од. в 1 кг корма при вмісті 110 г перетравного протеїну. Дослідна група отримувала таку ж кількість кормів, але у вигляді брикетів, в 1 кг яких містилося 0,6 корм. од. і 55 г перетравного протеїну.

В період проведення досліді облік заданих кормів і їх залишків був щоденним. Для зважування тварин, а також кормів і їх залишків використовувались десятинні ваги.

За період досліді брикетовані корми, в порівнянні з тими ж самими кормами у розсипному вигляді, поїдались вівцями на 330-450 г, або на 27-36% більше, а солома на 320-360 г, або в 2,0-2,5 рази.

При згодовуванні брикетованого корма у овець інтенсифікувався процес травлення. Величина і щільність кормових брикетів дозволяла згодовувати їх вівцям без додаткового подрібнення.

Частки подрібненого рослинного матеріалу в брикетах зчеплені між собою за рахунок переплетення і деформації, при цьому дія вологи, тепла, механічного тиску в камері преса забезпечує зволоження, а прогрівання - навіть часткове запарювання кормових компонентів, що сприяє підвищенню поживної цінності брикетованого корму, покращує його органолептичні властивості, знижує втрати при його згодовуванні.

Важливо відмітити, що залишків брикетованого корма в годівницях не спостерігалось на протязі всього облікового періоду, в той же час корми у розсипному вигляді часто залишалися і розкидалися тваринами.

Витрати робочого часу на обслуговування тварин знизились в 2 рази.

Дослідженнями встановлено, що при згодовуванні вівцям кормових брикетів з включенням великої кількості озимої соломи (40-50%) за масою корму, брикетований корм поїдався тваринами дуже охоче без додаткового підготування, продуктивність тварин збільшилась на 15-20% при однаковому їх утриманні, причому настриг вовни був вищим в дослідній групі у порівнянні з контрольною на 16%.

Перед і після дослідного періоду проводився аналіз крові контрольних і дослідних тварин.

Гематологічні показники (вміст гемоглобіну, еритроцитів, РОЕ, лейкоцитів) крові ярок обох груп знаходилися у межах фізіологічної норми.

Висновки.

За результатами досліджень встановлено:

- при згодовуванні вівцям кормових брикетів на основі соломи, виготовлених на прес - брикетувальнику для виробництва паливних брикетів: збільшилося поїдання кормів, що сприяло зростанню проду-

ктивності тварин на 15-20%; знизилися втрати кормів і витрати робочого часу на обслуговування тварин;

- прес - брикетувальник паливних брикетів може використовуватися без будь-яких переробок для виробництва кормових брикетів, які відповідають фізіологічним потребам жуйних сільськогосподарських тварин;

- використання технології брикетування для виробництва кормових і паливних брикетів дозволяє, використовуючи одне й те ж устаткування, виробляти в залежності від наявної сировини та потреб господарства брикети різного призначення. Причому, основою, як кормових, так і паливних брикетів може бути вторинна сировина рослинного походження, наприклад солома.

Література

1. *Бакарджиєв Р.О.* Обґрунтування конструктивних параметрів і режимів роботи прес-брикетувальника для утилізації рослинних матеріалів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.05.11 "Машина та засоби сільськогосподарського виробництва" / Р.О. Бакарджиєв ; Тавр. держ. агр.-тех. ак-я. – Мелітополь, 1997. – 16 с.

2. Провести дослідження параметрів і режимів виготовлення паливних і кормових повнораціонних брикетів : Звіт про НДР (закл.) / ІМТ УААН ; керівн. *О.В. Кисельов*; викон.: *В.М. Забудченко, Р.О. Бакарджиєв, О.О. Тройцька.* – Запоріжжя, 2001. – 24 с. – № ДР 0197U001013; Інв. № 0200U003608.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОРМОВЫХ БРИКЕТОВ НА ОСНОВЕ СОЛОМЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ НА ПРЕС-БРИКЕТИРОВЩИКЕ ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ

Троицкая О.О., Бакарджиєв Р.А.

Аннотация

В статье проанализированная эффективность использования в кормлении жвачных сельскохозяйственных животных кормовых брикетов на основе соломы, которые изготовлялись на пресс-брикетировщике топливных брикетов.

EFFICIENCY OF THE USE OF FORAGE PREFORMS IS ON BASIS OF STRAW, FUEL PREFORMS MADE ON A PRESS

O. Troicka, R. Bakardziev

Summary

Efficiency of the use in feeding of ruminant agricultural animals of forage preforms on the basis of straw, which was made on the press of fuel preforms, is analyzed in the article.

УДК 519.677

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПОЛНОГО ФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПЕРВОГО ПОРЯДКА

Назарова О.П., к.т.н.,

Безменникова Л.Н., к.т.н.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619) 42-32-63

Аннотация – в статье представлены программные блоки для расчета и анализа модели первого порядка для трех факторов. Факторы модели - энергетические режимы работы вентилятора опрыскивателя и фитометрических параметров обрабатываемого виноградного растения, результирующий признак - качественный показатель опрыскивания.

Ключевые слова – вентиляторный опрыскиватель, качество, энергозатраты, полный факторный эксперимент (ПФЭ), программный блок, критерий.

Постановка проблемы. В условиях современного математического моделирования приобретает особую значимость автоматизация различных методов построения модели.

В работе рассматривается вопрос, связанный с построением модели первого порядка полного факторного эксперимента, который значительно упрощает расчеты обработки данных при проведении эксперимента.

В работе предлагаются алгоритмы и программные блоки для критериев в пакете MathCad, позволяющие получить расчетные и критические величины, необходимые для метода ПФЭ.

Цель статьи. Разработать алгоритмы в виде связанных блоков прикладных программ с удобным для пользователя интерфейсом и обеспечение программных блоков полного факторного эксперимента первого порядка по заданным экспериментальным данным в пакете MathCad. Данные алгоритмы и вычислительные блоки могут быть использованы аспирантами и магистрами в научных исследованиях.

Основная часть. Эксперимент был проведен на специальной установке, которая представляет собой имитационную модель вентиляторного опрыскивателя. К факторам, оказывающим влияние на густоту покрытия поверхности растения, относятся:

- мощность, затрачиваемая на привод вентилятора;
- относительная площадь листьев;
- зона расположения индикатора в кроне куста.

Показателем работы при этом выбрана густота покрытия поверхности растения, которая будет являться параметром оптимизации.

Для отсеивания факторов воспользовались одной восьмой факторного эксперимента. Каждый фактор варьирует на двух уровнях: верхнем (+) и нижнем (-), которые выбираются, исходя из технологических соображений, и заносятся в таблицу 1.

Таблица 1 – Уровни варьирования факторов

Наименование факторов	Ед. изм.	Уровни варьирования факторов				Обозначение
		-1	0	+1	Δ_i	
Мощность, затрачиваемая на привод вентилятора	<i>Вт</i>	692,8	1143,15	1593,5	450,35	X_1
Относительная площадь листьев	-	0,2	1,8	3,4	1,6	X_2
Зона расположения индикатора в кроне куста	<i>см</i>	50	75	100	25	X_3

Необходимо получить и исследовать линейную модель вида:

$$y_i = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + b_{13} \cdot x_1 \cdot x_3 + b_{23} \cdot x_2 \cdot x_3 + b_{123} \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3. \quad (1)$$

Составляется план отсеивающего эксперимента на основе стандартной матрицы и осуществляется его реализация для получения откликов. Опыты проводились дважды для определения ошибки. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Расширенная матрица планирования

Факторы				Факторы взаимодей.				Отклики		Y _i - средн.	S _i - постр.
Z ₀	Z ₁	Z ₂	Z ₃	z ₁₂	z ₁₃	z ₂₃	z ₁₂₃	Y _{i1}	Y _{i2}		
1	1	1	1	1	1	1	1	78	77,5	77,75	0,13
1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	63,5	62,5	63,00	0,50
1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	77,2	74,8	76,00	2,88
1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	59	61	60,00	2,00
1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	95,8	94,6	95,20	0,72
1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	87	88	87,50	0,50
1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	96,8	98	97,40	0,72
1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	92,6	95	93,80	2,88

Таким образом, расширенная матрица факторов X и матрица результирующего признака Y имеют вид:

$$X := \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \end{pmatrix} \quad Y := \begin{pmatrix} 78 & 77.5 \\ 63.5 & 62.5 \\ 77.2 & 74.8 \\ 59 & 61 \\ 95.8 & 94.6 \\ 87 & 88 \\ 96.8 & 98 \\ 92.6 & 95 \end{pmatrix}$$

Для указанных факторов проверяются и анализируются три критерия:

- а) Критерий Кохрена (проверка воспроизводимости опытов);
- б) Критерий Стьюдента (проверка коэффициентов на значимость);
- в) Критерий Фишера (проверка модели на адекватность).

Расчетные блоки критериев представлены в пакете MathCad.

Критерий Кохрена

построчная дисперсия

$$Y1 := \frac{(Y \langle 0 \rangle - Y_s)^2 + (Y \langle 1 \rangle - Y_s)^2}{m - 1}$$

расчетное значение

$$Gr := \frac{\max(Y1)}{\sum Y1}$$

табличное значение

$$k1 := m - 1 \quad k2 := n$$

$$k1 = 1$$

$$k2 = 8$$

$$Y1 = \begin{pmatrix} 0.125 \\ 0.5 \\ 2.88 \\ 2 \\ 0.72 \\ 0.5 \\ 0.72 \\ 2.88 \end{pmatrix}$$

$$\sum Y1 = 10.325$$

$$\max(Y1) = 2.88$$

$$Gr = 0.279$$

$$pcauchy(0.95, k1, k2) = 0.498$$

Ошибка опыта:

$$so := \frac{\sum Y1}{n}$$

$$so = 1.291$$

Воспроизводимость опытов хорошая, т.к. $0,279 < 0,498$.

Критерий Стьюдента

Коэффициенты модели

$$B := (X^T \cdot X)^{-1} \cdot X^T \cdot Y_s$$

$$S_b := \sqrt{\frac{so}{n}}$$

$$t_b := \frac{B}{S_b}$$

$$t := qt[0.95, n \cdot (m - 1)]$$

$$|t_b| > t$$

$$B = \begin{pmatrix} 81.331 \\ 5.256 \\ -0.469 \\ -12.144 \\ 0.356 \\ 2.431 \\ 1.656 \\ -0.669 \end{pmatrix} \quad S_b = 0.402$$

$$t_b = \begin{pmatrix} 2.025 \times 10^2 \\ 13.086 \\ -1.167 \\ -30.234 \\ 0.887 \\ 6.053 \\ 4.124 \\ -1.665 \end{pmatrix} \quad t = 1.86$$

Критерий Фишера

$$Y_t := X \cdot B$$

$$k := 1$$

$$l := 3$$

$$Fr := \frac{m \cdot \sum [(Y^{(0)} - Y_t)^2 + (Y^{(1)} - Y_t)^2]}{(n - m - l) \cdot so}$$

$$Y_t = \begin{pmatrix} 77.75 \\ 63 \\ 76 \\ 60 \\ 95.2 \\ 87.5 \\ 97.4 \\ 93.8 \end{pmatrix}$$

$$qF[0.95, n - m - 1, n \cdot (m - 1)] = 3.687$$

$$Fr = 3.2$$

$$Fr < F,$$

Таким образом, уравнение линейной регрессии имеет вид:

$$y_i = 81,331 + 5,256 \cdot z_1 - 0,469 \cdot z_2 - 12,144 \cdot z_3 + 0,356 \cdot z_1 \cdot z_2 + 2,431 \cdot z_1 \cdot z_3 + 1,656 \cdot z_2 \cdot z_3 - 0,669 \cdot z_1 \cdot z_2 \cdot z_3.$$

(2)

Так как коэффициенты b_1 , b_{12} , b_{123} незначимы, уравнение модели:

$$y_i = 81,331 - 0,469 \cdot z_2 - 12,144 \cdot z_3 + 2,431 \cdot z_1 \cdot z_3 + 1,656 \cdot z_2 \cdot z_3. \quad (3)$$

Для определения адекватности модели, сравним критическое и расчетное значения критерия Фишера.

Раскодированная линейная модель для густоты покрытия растения имеет вид:

$$y_i = 142,39 - 0,016 \cdot x_1 - 3,398 \cdot x_2 - 0,807 \cdot x_3 + 0,00022 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0,041 \cdot x_2 \cdot x_3. \quad (4)$$

Выводы. Таким образом, разработаны расчетные программные блоки для ПФЭ первого порядка, что значительно упрощает расчетную часть исследований. Аналогично можно представить программные блоки для моделей второго порядка, с указанием области оптимума.

Литература

1. Доспехов В.А. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / В.А. Доспехов, Г.В. Веденяпин. – М.: Колос, 1973. – 199 с.
2. Хемди А. Введение в исследование операций / А. Хемди, Таха. – М.: Колос, 2005. – 901 с.
3. Бондарь А.Г. Планирование эксперимента в химической технологии / А.Г. Бондарь, Г.А. Статюха. – К.: Вища школа, 1976. – С. 180.

ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПОВНОГО ФАКТОРНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ ПЕРШОГО ПОРЯДКУ

Назарова О.П., Безменнікова Л.М.

Анотація

У статті представлені програмні блоки для розрахунків і аналізу моделі першого порядку для трьох факторів. Фактори моделі – енергетичні режими роботи вентилятора обприскувача й фітометричних параметрів оброблюваної виноградної рослини, результуючий чинник – якісний показник обприскування.

PROGRAM REALIZATION THE FIRST ORDER COMPLETE FACTOR EXPERIMENT

O. Nazarova, L. Bezmennikova

Summary

The program blocks for account and analysis of first order model for three factors are submitted in the article. The model factors - power modes of operations of the fan sprayer and fitometric parameters of grape plant, result - qualitative parameter of spraying.

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ МАГНІТОКЕРОВАНИХ КОНТАКТІВ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ФЕРОМАГНІТНИХ ТІЛ

Просвірнін В.І., д.т.н.,

Богатирьов Ю.О., інженер,

Кузнецов І.О., к.т.н.,

Гулевський В.Б., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (06192)42-23-41

Анотація – робота присвячена вивченню можливості виявлення феромагнітних тіл в сипких сільськогосподарських матеріалах пристроями на основі магнітокерованих контактів. Отримано залежності, які визначають зміну магнітної індукції в робочій зоні пристрою виявлення на магнітокерованих контактах.

Ключові слова – феромагнітні тіла, пристрій виявлення, магнітокерований контакт.

Аналіз проблеми. Більшість електромагнітних залізовідділювачів (ЕМЗ), що використовується в сільському господарстві для вилучення феромагнітних тіл (ФМТ) з потоку сипких сільськогосподарських матеріалів працюють в тривалому режимі. Це приводить до нерациональної витрати електроенергії і матеріальних ресурсів.

Для підвищення технічних показників і зниження споживання електроенергії використовуються пристрої виявлення феромагнітних тіл, засновані в більшості своїй на індукційному принципі. Використання даних пристроїв дозволяє змінити режим роботи ЕМЗ, проте приводить до достатньо істотних капітальних витрат. У те й же час представляє інтерес можливість реалізації пристрою виявлення за допомогою інших елементів – магнітокерованих контактів.

Аналіз досліджень. Існуючі дослідження [2-5] в області виявлення феромагнітних тіл за допомогою магнітокерованих контактів носять несистемний характер, відсутні детерміновані методики розрахунку параметрів пристроїв виявлення.

Постановка завдань дослідження. Для визначення можливості використання магнітокерованих контактів, в якості елементів при-

строїв виявлення ФМТ необхідно розглянути процеси, які відбуваються в магнітному колі при проходженні ФМТ через робочу зону, насамперед зміну величини магнітної індукції в повітряному зазорі.

Основна частина. Конструкція пристрою виявлення на магнітокерованих контактах (рис.1.) складається з джерела живлення, намагнічуючої котушки з магнітопроводом, які створюють в робочій зоні постійне магнітне поле, магнітокерованих контактів, реагуючих на зміну поля при внесенні в робочу зону пристрою ФМТ і виконуючого елементу, комутуючого силове коло, наприклад, контактора, який включає ЕМЗ.

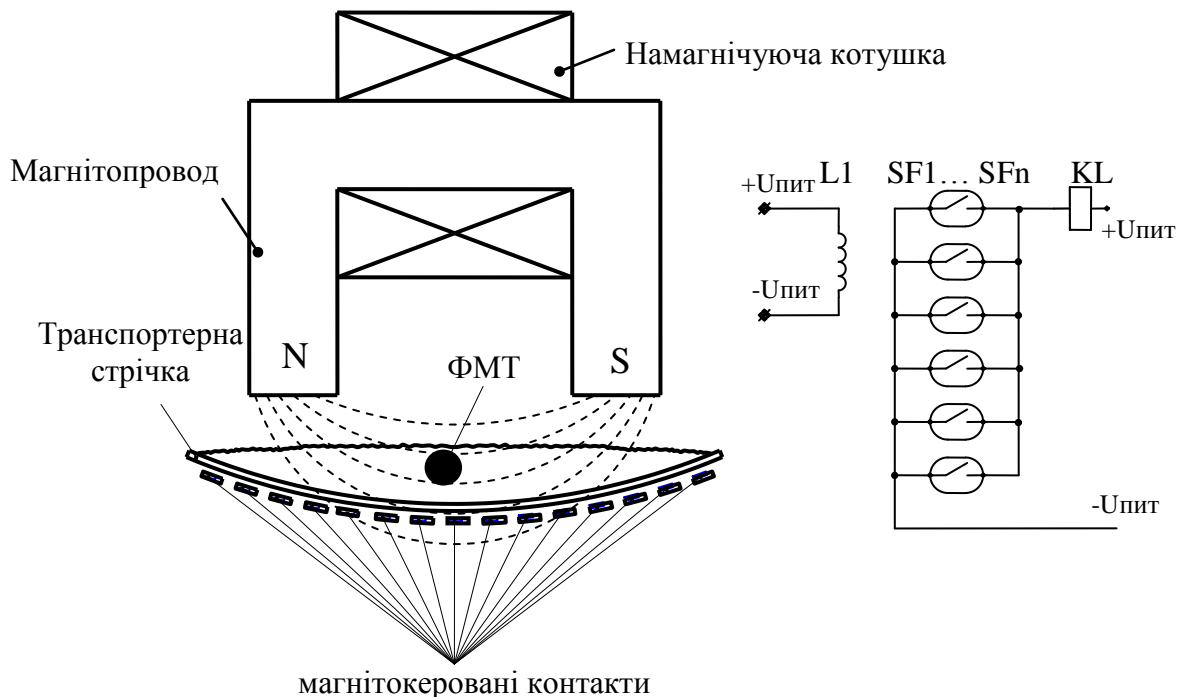


Рис. 1. Конструкція пристрою виявлення ФМТ на магнітокерованих контактах

Зміна параметрів магнітного кола відбувається, внаслідок того що ФМТ є тілом з магнітною проникністю μ що у багато разів більше чим магнітна проникність μ_0 повітряного зазору в результаті чого зменшується його магнітний опір і відбувається збільшення магнітного потоку, що приводить до збільшення магнітної індукції в повітряному зазорі, і як наслідок спрацюванню магнітокерованого контакту.

Схема заміщення магнітного кола пристрою виявлення ФМТ на магнітокерованих контактах представлена на рис. 2.

Розглянемо детальніше процес зміни параметрів в магнітному колі для П-образного магнітопровода. Магнітний потік в колі (рис. 2) до внесення в робочу зону ФМТ визначається за виразом [1]:

$$\Phi_{\infty} = \frac{I \cdot W}{R_{\infty} + R_m}, \quad (1)$$

- де IW – магніторушійна сила обмотки, ампервітків;
 $R_{\delta\delta o}$ – магнітний опір повітряного зазору до внесення ФМТ, Гн^{-1} ;
 R_m – магнітний опір магнітопровода, Гн^{-1} .

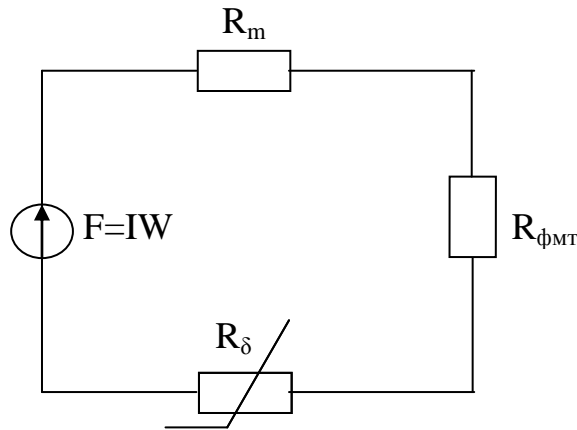


Рис. 2. Схема заміщення магнітного кола пристрою виявлення ФМТ на магнітокерованих контактах

Магнітні опори повітряного зазору і магнітопровода відповідно $R_{\delta\delta o}$ і R_m визначаються за виразом (приймаємо поперечний переріз магнітопровода однаковим на всіх ділянках):

$$R_{\delta\delta o} = \frac{l_{\delta}}{\mu_0 \cdot S_{\delta}}, \quad R_m = \frac{l_m}{\mu_m \cdot \mu_0 \cdot S_m} \quad (2)$$

- де μ_0 – магнітна постійна, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$;
 μ_m – магнітна проникність матеріалу магнітопровода, Гн/м ;
 l_{δ}, l_m – довжина повітряного зазору і магнітопровода, м;
 S_{δ}, S_m – поперечний переріз повітряного зазору і магнітопровода, м^2 .

Довжина повітряного зазору дорівнює:

$$l_{\delta} = s \cdot \psi, \quad (3)$$

- де s – міжполюсний шаг магнітопровода, м;
 ψ – коефіцієнт неоднорідності поля.

і тому $R_{\delta\delta o} = \frac{s \cdot \psi}{\mu_0 \cdot S_{\delta}}$.

Магнітний потік в магнітному колі при внесенні ФМТ в робочу зону:

$$\Phi_{\text{ен}} = \frac{I \cdot W}{R_{\delta\text{ен}} + R_m + R_{\text{фмт}}} \quad (4)$$

- де $R_{\delta\text{ен}}$ – магнітний опір повітряного зазору після внесення ФМТ, Гн^{-1} ;

$R_{\text{фмт}}$ – магнітний опір ФМТ, Гн^{-1} .

$$R_{\delta\text{ен}} = \frac{l_{\delta} - l_{\text{фмт}}}{\mu_0 \cdot (S_{\delta} - S_{\text{фмт}})}; \quad R_{\text{фмт}} = \frac{l_{\text{фмт}}}{\mu_{\text{фмт}} \cdot \mu_0 \cdot S_{\text{фмт}}} \quad (5)$$

де $l_{\phi mt}$ – довжина сторони куба, еквівалентного шару радіусом $R_{\phi mt}$;

$\mu_{\phi mt}$ – магнітна проникність ФМТ;

$S_{\phi mt}$ – площа грані куба, еквівалентного шару радіусом $R_{\phi mt}$.

Об'єм куба еквівалентного шару ФМТ обчислюється за формулою:

$$V_{\phi mt} = \frac{4\pi R_{\phi mt}^3}{3} \quad (6)$$

$$\text{звідси } l_{\phi mt} = \sqrt[3]{V_{\phi mt}} = R_{\phi mt} \sqrt[3]{\frac{4\pi}{3}}, \quad S_{\phi mt} = l_{\phi mt}^2 = R_{\phi mt}^2 \left(\frac{4\pi}{3}\right)^{2/3} \quad (7)$$

з урахуванням (3) та (7) вирази (5) приймають вигляд:

$$R_{\delta \phi n} = \frac{s \cdot \psi - R_{\phi mt} \sqrt[3]{\frac{4\pi}{3}}}{\mu_0 \cdot \left(S_{\delta} - R_{\phi mt}^2 \left(\frac{4\pi}{3}\right)^{2/3} \right)}, \quad R_{\phi mt} = \frac{1}{\mu_{\phi mt} \cdot \mu_0 \cdot R_{\phi mt} \sqrt[3]{\frac{4\pi}{3}}} \quad (8)$$

Далі визначається абсолютна зміна магнітного потоку:

$$\Phi_{abc} = \Phi_{\phi n} - \Phi_{\delta o} \quad (9)$$

Відносна зміна магнітного потоку знаходиться з виразу:

$$\Phi_{\text{відн}} = \frac{\Phi_{abc}}{\Phi_{\delta o}} \quad (10)$$

Об'єднуючи вищеперелічені вирази, отримуємо, що:

$$\begin{aligned} \Phi_{\text{відн}} &= \frac{\frac{IW}{R_{\delta \phi n} + R_m + R_{\phi mt}} - \frac{IW}{R_{\delta o} + R_m}}{\frac{IW}{R_{\delta o} + R_m}} = \frac{R_{\delta o} + R_m}{R_{\delta \phi n} + R_m + R_{\phi mt}} = \\ &= \frac{\frac{s \cdot \psi}{S_{\delta}} + \frac{l_m}{\mu_m \cdot S_m}}{\frac{s \cdot \psi - R_{\phi mt} \sqrt[3]{\frac{4\pi}{3}}}{S_{\delta} - R_{\phi mt}^2 \left(\frac{4\pi}{3}\right)^{2/3}} + \frac{l_m}{\mu_m \cdot S_m} + \frac{1}{\mu_{\phi mt} \cdot R_{\phi mt} \sqrt[3]{\frac{4\pi}{3}}}} \quad (11) \end{aligned}$$

Так як в повітряному зазорі: $\Phi = B \cdot S$ (12)

де B – магнітна індукція в повітряному зазорі, Тл;

S – переріз повітряного зазору, м².

то відносна зміна магнітної індукції буде дорівнювати:

$$B_{\text{відн}} = \Phi_{\text{відн}} \cdot \frac{S_{\delta}}{S_{\phi mt}} \quad (13)$$

тому

$$B_{\text{відн}} = \frac{s \cdot \psi + \frac{l_m}{\mu_m \cdot S_m \cdot S_{\delta}}}{S_{\phi mt} \left(\frac{s \cdot \psi - R_{\phi mt} \sqrt[3]{\frac{4\pi}{3}}}{S_{\delta} - R_{\phi mt}^2 \left(\frac{4\pi}{3}\right)^{2/3}} + \frac{l_m}{\mu_m \cdot S_m} + \frac{1}{\mu_{\phi mt} \cdot R_{\phi mt} \sqrt[3]{\frac{4\pi}{3}}} \right)} \quad (14)$$

Висновки. Отримана залежність визначає зміну магнітної індукції при внесенні ФМТ до робочої зони пристрою виявлення і доводить теоретичну можливість використання магнітокерованих контактів для побудови пристроїв виявлення ФМТ.

Література

1. *Бессонов Л.А.* Теоретические основы электротехники: Учебник для студентов энергетических и электротехнических вузов, изд. 6-е, перераб. и доп. / Л.А. Бессонов. – М.: Высшая школа, 1973. – 752 с.

2. *Букреев В.В.* Железоотделитель с комбинированной электромагнитной системой / В.В. Букреев // Технічна електродинаміка. Тем. випуск «Проблеми сучасної електротехніки». - Київ: НАН України, 2004. - Ч. 6. - С. 107-110.

3. *Порозов В.А.* Металлообнаружители в пищевой промышленности / В.А. Порозов. – М.: «Пищевая промышленность», 1975. – 152 с.

4. *Сумцов В.Ф.* Электромагнитные железоотделители / В.Ф. Сумцов. – М.: Машиностроение, 1978. – 174 с.

5. *Чарыков В. И.* Электромагнитные системы очистки сухих и жидких сельскохозяйственных продуктов от металлических примесей: дис.... докт. техн. наук: 05.20.02 / В. И. Чарыков; Сибирский государственный технологический университет – Челябинск –2005. – 300 с.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАГНИТОУПРАВЛЯЕМЫХ КОНТАКТОВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ТЕЛ

Просвирнин В.И., Богатырев Ю.О., Кузнецов И.О., Гулевский В.Б.

Аннотация

Работа посвящена изучению возможности выявления ферромагнитных тел в сыпучих сельскохозяйственных материалах устройствами на основе магнитоуправляемых контактов. Получены зависимости, которые определяют изменение магнитной индукции в рабочей зоне устройства выявления на магнитоуправляемых контактах.

THEORETICAL GROUND OF THE USE MAGNET-CONTROLLED CONTACTS FOR EXPOSURE OF FERROMAGNETIC SOLIDS

V. Prosvirnin, Y. Bogatyrev, I. Kuznetsov, V. Gulevsky

Summary

The article is dedicated to possible revealing ferromagnetic solids in powdery agricultural substances by means of the devices based on magnetic-controlled contacts. The dependencies determining magnetic induction change in the device working zone based on magnet-controlled contacts are obtained.

УДК 631.537

ПРИСТРІЙ КОНТРОЛЮ ОПОРУ ІЗОЛЯЦІЇ ТА АВТОМАТИЧНОЇ СУШКИ ОБМОТОК АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА

Нестерчук Д. М., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-32-63

Анотація – Робота присвячена розробці мікропроцесорного пристрою контролю опору ізоляції обмоток трифазного асинхронного електродвигуна та їх автоматичної сушки. В роботі наведені структурна та принципова електричні схеми розробленого пристрою.

Ключові слова – трифазний асинхронний електродвигун, опір ізоляції обмотки, автоматична сушка обмоток, мікропроцесорний пристрій, структурна електрична схема, принципова електрична схема пристрою.

Постановка проблеми. Надійність електричних машин, в значній мірі, визначається надійністю їх обмоток, яка залежить від стану ізоляції. В процесі тривалої експлуатації трифазних асинхронних електродвигунів ізоляція обмоток підпадає під дію різноманітних експлуатаційних чинників, а, саме, температура та вологість навколишнього середовища. Процеси старіння ізоляції обмоток трифазних асинхронних електродвигунів від дії вологи проходять поступово. Волога сприяє прискоренню та активізації процесів старіння ізоляції обмоток, так як волога проникає до ізоляції обмоток електродвигуна, головним чином, в періоди його неробочого стану. Особливо інтенсивно цей процес проходить під час охолодження електродвигуна. [1]. Цифрова мікросхемотехніка надає особливу актуальність розробці та впровадженню мікропроцесорного пристрою, який постійно контролює опір ізоляції асинхронного електродвигуна та автоматично підтримує його на заданому рівні, запобігаючи виходу електродвигуна з ладу в результаті перезволоження. Тому розробка технічних засобів діагностування та захисту асинхронних електродвигунів в процесі їх експлуатації є доцільним питанням, яке спрямоване на підвищення експлуатаційної надійності трифазних асинхронних електродвигунів.

Аналіз останніх досліджень. Головним чинником, який визначає строк служби ізоляції обмоток трифазного асинхронного електродвигуна, є її теплове старіння. Чинником старіння ізоляції є вплив во-

логи на ізоляцію обмотки. Під час охолодження електродвигуна тиск в порах та капілярах ізоляції менший, ніж атмосферний тиск. Мала в'язкість та інші властивості води сприяють її проникненню до пор ізоляції та, як наслідок, виникає гідролітичне руйнування ізоляції обмотки. Опір ізоляції та її електрична міцність знижуються та створюються передумови для появи струмів витоку. Аналіз літературних джерел [2, 3] дозволив зробити висновок, що чергування контролю опору ізоляції обмоток та їх підігріву – найефективніше, ніж безперервна сушка обмоток.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Завданням є розробка мікропроцесорного пристрою контролю опору ізоляції та автоматичної сушки обмоток трифазного асинхронного електродвигуна.

Основна частина. До мікропроцесорного пристрою контролю опору ізоляції та автоматичної сушки обмоток асинхронного електродвигуна сформульовані технічні вимоги: забезпечення двох режимів роботи: «контроль опору ізоляції» та «автоматична сушка»; 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 опору ізоляції та управління процесом автоматичної сушки ізоляції обмоток; застосування схеми стабілізації напруги живлення.

Схема електрична структурна розробленого мікропроцесорного пристрою наведена на рисунку 1. Розроблений пристрій складається:

- з об'єкту контролю та сушки – це ізоляція обмоток асинхронного електродвигуна ;
- з блоку живлення пристрою, який призначений для подачі напруги живлення на електронні блоки пристрою;
- з мікроконтролера, який є центральним функціональним блоком пристрою, призначення якого - обробка, порівняння вхідних параметрів з нормованими величинами, а також формування сигналів управління режимами « контроль опору ізоляції» та «сушка», надання сигналів на блок цифрової індикації та світлової сигналізації;
- з блоку світлової сигналізації, яка надає оператору візуальну світлову інформацію щодо режиму роботи пристрою – «контроль опору ізоляції»;
- з блоку контролю та вимірювання опору ізоляції, призначення якого автоматичне вимірювання величини опору ізоляції та формування електричних сигналів, які надходять до мікроконтролера для подальшої обробки;
- з блоку управління режимом «сушка», який приймає електричні сигнали з мікроконтролера та здійснює безпосередньо сушіння ізоляції

обмоток зниженою фазною напругою, яка недостатня для обертання ротору, але струм підігріває обмотки та задовільно сушить їх ізоляцію [3];

- з блоку цифрової індикації, який призначений для надання оператору повної кількісної інформації щодо роботи пристрою в режимах «контроль опору ізоляції» та «сушка»;
- з блоку вводу даних, призначення якого ввід нормованих величин для подальшого їх порівняння в мікроконтролері з вимірювальними величинами.

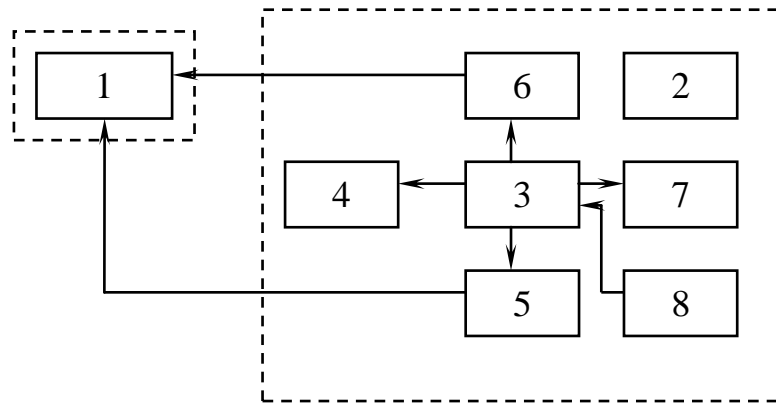


Рис. 1 Структурна електрична схема мікропроцесорного пристрою контролю опору ізоляції та автоматичної сушки обмоток асинхронного електродвигуна: 1 – об’єкт контролю та сушки; 2 – блок живлення; 3 – мікроконтролер; 4 – блок світлової сигналізації; 5 – блок контролю та вимірювання опору ізоляції; 6 – блок управління режимом «сушка»; 7 – блок цифрової індикації; 8 – блок вводу даних.

На рисунку 2 наведена схема електрична принципова мікропроцесорного пристрою. Слід визначити, що пристрій створює з асинхронним електродвигуном, мережею живлення та пусковим комутаційним апаратом - електромагнітним пускачем, єдину систему. Опір ізоляції контролюється та стає до норми в найбільш небезпечні, з точки зору конденсації вологи, проміжки часу – в перервах роботи електродвигуна. [3]. Асинхронний електродвигун підключений до трифазної мережі живлення через пусковий комутаційний апарат – електромагнітний пускач КМ1. Пристрій складається з блоку живлення 2, який зібраний на трансформаторі TV, випрямних діодних мостах VD1...VD4 та VD5... VD7, мікросхеми DA1, конденсаторах C1...C5, стабілітроні VD3. Блок живлення надає напругу, яка необхідна для живлення електронних кіл, та яка дорівнює 5 В, а також напругу 130 В, яка призначена для випробування при перевірці опору між обмотками та корпусом електродвигуна. [3]. Напруга випробування подається на корпус електродвигуна через захисний резистор R5 та при замкнутому контакті SA1.1 вимикача SA1. Резистор R5 імітує зниження величини опору ізоляції обмотки до 510 кОм. Вимикачем SA2

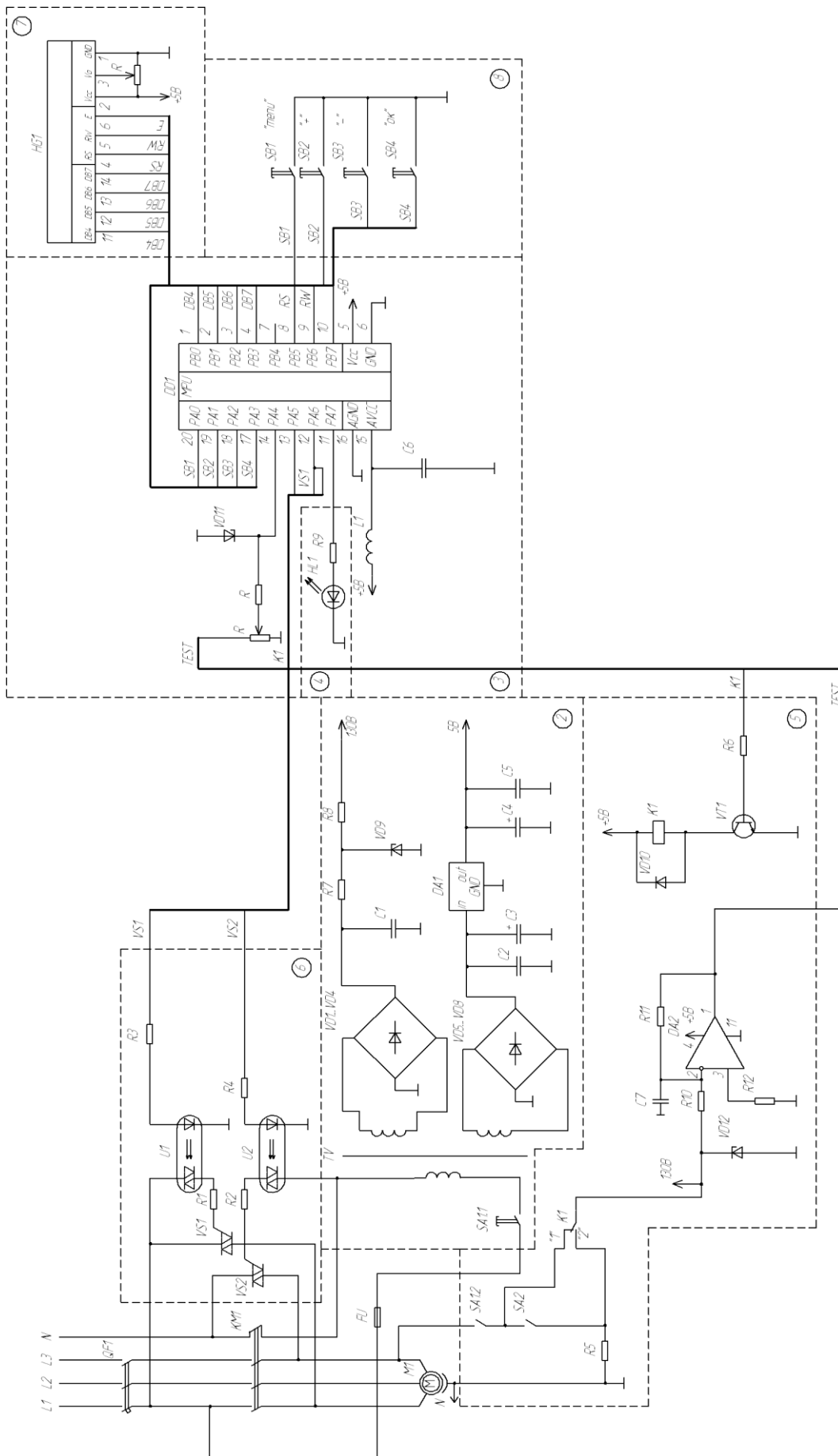


Рис. 2. Схема електрична принципова пристрою контролю опору ізоляції та автоматичної сушки обмоток асинхронного електродвигуна

цей резистор можна підключити постійно, що призведе до примусового переходу пристрою в режим «сушка». Якщо силові контакти електромагнітного пускача КМ1 замкнуті, то електродвигун підключений до мережі живлення, пристрій автоматичної сушки не працює, так як коло первинної обмотки трансформатора TV розімкнуте допоміжним контактом електромагнітного пускача КМ1. При перерві в роботі асинхронного електродвигуна силові контакти електромагнітного пускача розімкнені, електродвигун відключений від мережі живлення. Контакт SA1.2 вимикача SA1 з'єднує обмотки електродвигуна зі входом блоку контролю та вимірювання 5 пристрою. Блок 5 пристрою складається з захисного резистора R5, операційного підсилувача - мікросхема DA2, захисних стабілітронів VD11, VD12, з фільтру, який реалізований на резисторі R10 та конденсаторі C7. Операційний підсилувач DA2 формує нормовану напругу (2,56 В), яка пропорційна опору ізоляції, струму витoku, та таку, яка достатня для сприйняття мікроконтролером 3 через порт TEST. В блоці 5 складовими частинами є реле К1, яке підключається до мікроконтролера 3 через порт К1, та діод VD10, транзистор VT1, резистор R6. Контакт реле К1 в положенні «1» підключає обмотку до блоку контролю та вимірювання 5, а в положенні «2» – відключає блок 3, а вмикає блок управління режимом «сушка» 6 пристрою. При зволоженні обмоток опір ізоляції обмотки зменшується, напруга на інвертуючому вході операційного підсилувача DA1 зменшується, мікроконтролер формує електричний сигнал, при якому реле К1 спрацьовує, контакт К1 перемикається в положення «2». Мікроконтролер 3 формує сигнали управління, які через порти VS1, VS2 надходять до блоку 6, який складається з двох малопотужних симисторів VS1, VS2, оптронів U1, U2, резисторів R1... R4. Симистори подають фазну напругу на дві послідовно включені обмотки електродвигуна. Для обертання ротора ця напруга недостатня, але струм, який протікає по обмоткам підігріває та сушить їх. Мікроконтролер 3 реалізований на мікросхемі DD1, є головним функціональним блоком пристрою, призначення якого формування сигналів управління в залежності від вхідного параметру діагностування поточного стану ізоляції – опору ізоляції для роботи блоків 5 та 6, та сигналів для роботи блоку цифрової індикації 7 та блоку світлової сигналізації 4. Блок вводу даних 8 – це клавіатура SB1...SB3. Якщо опір ізоляції став дорівнювати нормованій величині, мікросхема DA1 сформує напругу, яка після обробці в мікроконтролері знеструмить реле К1, контакт якого з положення «2» перемикається в положення «1». Знову починається робота блоку контролю та вимірювання опору ізоляції. Блок світлової сигналізації 4 надає візуальну світлову сигналізацію щодо роботи пристрою в режимі «контроль опору ізоляції». Блок складається з резистора R9 та світло діода HL1. Блок цифрової індикації 7 – це рі-

динно кристалічний дисплей на 16 символів, який надає кількісну повну інформацію щодо роботи пристрою в режимах «контроль опору ізоляції» та «сушка».

Висновки. Таким чином, застосування мікропроцесорного пристрою підвищити експлуатаційну надійність асинхронних електродвигунів та забезпечить надання достовірних інформативних даних щодо результатів вимірювання опорів ізоляції обмоток для подальшої автоматичної сушки обмоток асинхронного електродвигуна.

Література

1. *Овчаров В.В.* Эксплуатационные режимы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве / В.В.Овчаров. – К.: Изд – во УСХА, 1990. – 168 с.

2. *Ванурин В.* Сушка электродвигателей импульсами тока / В. Ванурин, А. Пахомов // Техника в сельском хозяйстве. – 1986. - №6. – С.28 – 29.

3. *Пахомов А.* Устройство автоматической сушки обмоток электродвигателя / А.Пахомов // Радио. – 2002. - №6. – С.32 – 33.

УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ И АВТОМАТИЧЕСКОЙ СУШКИ ОБМОТОК АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Нестерчук Д. Н.

Аннотация

Работа посвящена разработке микропроцессорного устройства контроля сопротивления изоляции обмоток трехфазного асинхронного электродвигателя и их автоматической сушки. В работе приведенные структурная и принципиальная электрические схемы разработанного устройства.

DEVICE OF CONTROL OF RESISTANCE OF ISOLATION AND AUTOMATIC DRYING OF WIRING OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTOR

D.Nesterchuk

Summary

Work is devoted to the development of microprocessor device of control of resistance of isolation of wiring of three-phase asynchronous electric motor and their automatic drying. In work the structural and of principle electric schemes of the developed device are resulted.

УДК 631.361.022

УДОСКОНАЛЕННЯ СЕПАРАТОРА ПОПЕРЕДНЬОЇ ОЧИСТКИ ЗЕРНА

Михайлов Є.В., к.т.н.,

Дудка В.С., аспірант^{*},Білокопитов О.О., аспірант^{*}*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-21-32

Анотація – в роботі розглядається напрямок підвищення питомої продуктивності циліндричного решета з зовнішньою робочою поверхнею.

Ключові слова – зерно, зерновий ворох, ворохоочісник, очистка зерна, машина попередньої очистки, скальператори.

Постановка проблеми. В наш час зростає кількість зерна, що вирощується на території України, а сучасні машини для попередньої очистки зерна недостатньо ефективні і дуже великі за габаритами. Вони складні за конструкцією та мають малу низьку надійність. Тому удосконалення сепаратора попередньої очистки зерна потрібне для того, що ця машина проста за конструкцією, технічно надійна та має високу продуктивність і в ній відсутні інерційні навантаження. Також сепаратор попередньої очистки зерна менше травмує зерно завдяки чому підвищується схожість.

Аналіз останніх досліджень. Зростаючий дефіцит всіх видів ресурсів, що значно впливає на вартість машин і їх експлуатаційні можливості, зумовлює важливість виявлення основних тенденцій розвитку сільськогосподарських машин і пошуку шляхів зменшення енергоємності процесів виробництва сільськогосподарської продукції.

Відома машина для очищення насіння від домішок, що містить опорну газопроникаючу решітку з підживлювачем вихідної системи та встановленою за нею підпорно-ділильного пристрою, а також засіб для подачі газу крізь решітку знизу вверх (А.с. СССР №1074441, МКВ В 07 В 4/08).[1]

Основним недоліком цього пристрою є низька ефективність процесу сепарації зернової маси при виділенні легких домішок з вороху.

^{*} Науковий керівник – к.т.н., доц. Михайлов Є.В.

© к.т.н. Михайлов Є.В., аспірант Дудка В.С., аспірант Білокопитов О.О.

Відомо також зерноочисна машина, що містить завантажувальний пристрій, лоток-живильник, горизонтальне циліндричне решето (ЦР) з зовнішньою робочою поверхнею і пристрій виходу сходової фракції (А.с. Україна №8601, МКВ 22, В 07 В 4/00).[2]

Недоліком цієї машини є низький коефіцієнт сепарації та відсутність повітряного потоку.

Відомо пристрій обладнаний ЦР, [4] але у зв'язку з малою зоною сепарації його поверхні пристрій має низьку питому продуктивність та не відокремлює легкі домішки.

Мета дослідження. Удосконалення сепаратора для попередньої очистки зерна скальператорного типу.

Основна частина. Наявні теоретичні дослідження і конструктивні рішення використання циліндричних решіт із зовнішньою робочою поверхнею як робочого органу у зерноочисних машинах за кордоном і в нас у країні сприяли розробці схеми технологічного процесу і визначенню основних параметрів робочого органа для очищення засміченого зернового вороху. [3,4] Відповідно дослідженням ефективність робочого процесу попередньої очистки зерна циліндричним решетом із зовнішньою робочою поверхнею заявляється можливим збільшити за рахунок включення в схему робочого органа організованого повітряного потоку, що дозволить:

- збагатити шар зернової купи до надходження на циліндричне решето;

- створить умови для безперервного і рівномірного надходження зернового вороху з визначеною швидкістю до робочої поверхні решета;

- забезпечить аеропульсуючий вплив псевдозрідженого зернового матеріалу з поверхнею решета.

Мета дослідження вирішується тим, що в сепараторі попередньої очистки зерна розташовані горизонтальне циліндричне решето з зовнішньою робочою поверхнею та лоток-інтенсифікатор, на який з завантажувального бункера потрапляє зерновий ворох. Поруч з циліндричним решетом розташована щітка для очищення вічок від крупних домішок.

По мірі переміщення зернового матеріалу по лотку-інтенсифікатору відбувається сегрегація зернової суміші. Пил і легкі домішки виділяються повітряним потоком, структура якого визначена коробом і прямують у випускний патрубок в інерційний пилевідділювач (або в централізовану аспіраційну систему). Соломисті частки спливають і переміщуються у верхній шар зернового матеріалу. Зерновий ворох поступає далі на циліндричне решето, яке виділяє крупні домішки. При цьому зерновий матеріал,

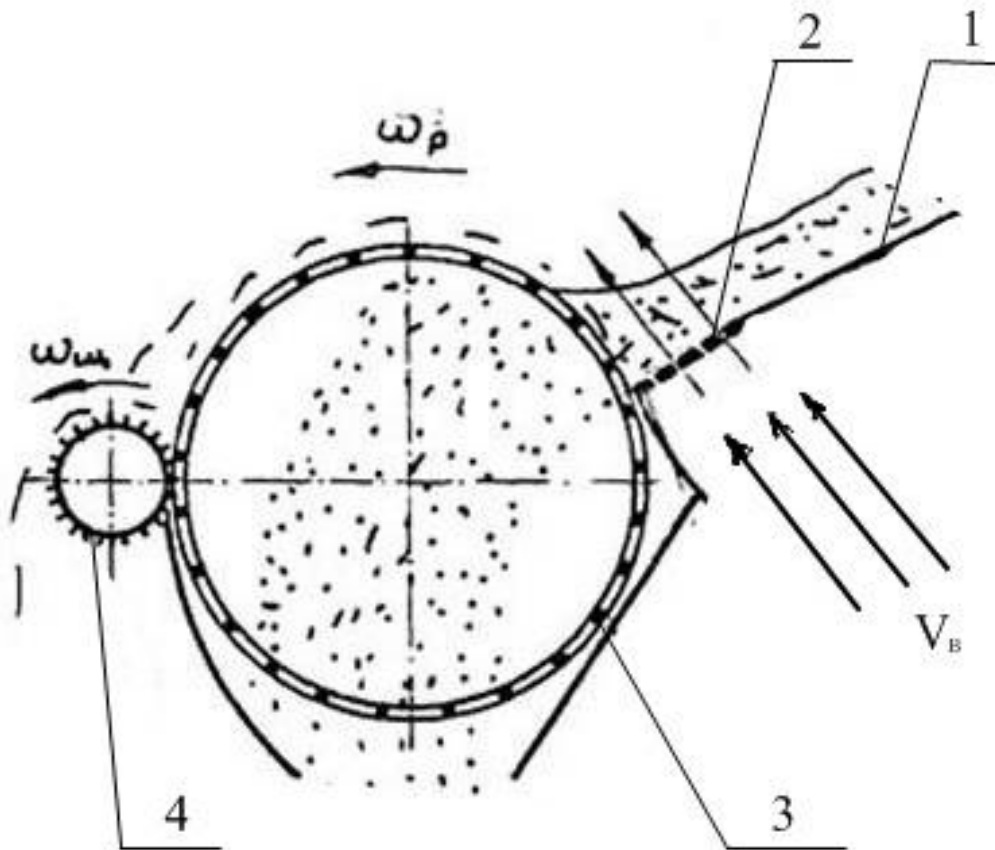


Рис. 1. Схема сепаратора попередньої очистки зерна:

1 – живильник; 2 – лоток-інтенсифікатор; 3 – циліндричне решето; 4 – щітка очисна

що потрапляє на секцію піддається складному аеровібровпливу. На частки зернового матеріалу впливає аеродинамічна складова переміщуваного шару, що проштовхує частки крізь решето. При цьому інтенсифікований процес псевдозрідженого шару сприяє зменшенню коефіцієнта тертя часток один об одного і решето, а взаємодія горизонтальних перегородок циліндрового решета з шаром псевдозрідженого матеріалу, що підводиться, приводить останній у вібропульсуючого стан, що значно збільшує продуктивність циліндрового решета. Для запобігання попаданню зерна у відходи з крупними і довгими домішками секція повинна розташовуватися так, що площина струменю повітря, що паралельно виходять з секції, і дотично до поверхні циліндрового решета утворювала з горизонталлю кут, що дорівнює 30° . Соломисті частки, що спливали, і інші крупні домішки виділяються циліндровим решетом і йдуть сходом в збірник, а очищене зерно провалюється крізь циліндричне решето в бункер.

Висновок. Удосконалення сепаратора попередньої очистки можливо за рахунок підведення повітряного потоку в зернову масу і створення псевдозріджуваний шару. Завдяки подачі на циліндричне решето псевдозріджуваного шару у 2 – 2,5 рази підвищується питома продуктивність решета.

Література

1. А. С. 1074441 СССР В 07 В 4/08 Сепаратор для предварительной очистки зерновой смеси // М.В. Киреев, Е.В. Михайлов, Л.И. Ерошенко, С.А. Подоплелов, Н.П. Сычугов, А.С. Матвеев; № 3486237/30-15; заявл. 31.08.1982; опубл. 23.02.1984, Бюл. № 7. – 4с.: ил.

2. Пат. 8601 Укр., В 07 В4/00. Решітний сепаратор // А.М. Аблогін, М.М. Аблогін; № u200500297; заявл. 13.01.2005; опубл. 15.08.2005, Бюл. № 8, - 3с.: ил.

3. Михайлов Е.В. Методы и средства интенсификации процесса предварительной очистки зерна повышенной влажности дис... канд. техн. наук : 05.20.01 / Е.В. Михайлов; Ленинградский ордена трудового красного знамени сельскохозяйственный институт – Ленинград: Пушкин, 1983. – 233 с.

4. Волынкин В.В. Повышение эффективности процесса отделения крупных примесей из зернового вороха скальператором : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.20.01 – «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» / В.В. Волынкин; Челябинский государственный агроинженерный университет. - Челябинск, 2007.-24 с.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СЕПАРАТОРА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЧИСТКИ ЗЕРНА

Михайлов Е.В., Дудка В.С., Белокопытов О.О.

Аннотация

В работе рассматривается направление повышения удельной производительности цилиндрического решета с внешней рабочей поверхностью.

THE IMPROVEMENT OF CROP PRELIMINARY CLEANING SEPARATOR

Y. Mikhailov, V. Dudka, O. Bilokopytov

Summary

The trend of increasing of specific productivity of cylindrical sieve with external working surface is considered in the paper.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТУКОВИСІВНОГО АПАРАТУ З ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИМ ПРИВОДОМ ЗАСЛІНКИ РЕГУЛЯТОРА НОРМИ ВИСІВУ

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 – в статті приведено методику визначення та встановлення технологічних параметрів туковисівного апарату, який оснащений електромеханічним приводом заслінки регулятора норми висіву.

Ключові слова – культиватор-рослинопідживлювач, туковисівний апарат, мінеральні добрива, мехатронна машина диференційного внесення мінеральних добрив.

Постановка проблеми. При вирішенні технічних задач диференційного внесення мінеральних добрив виникає необхідність оснастити регулятор норми висіву туковисівного апарату керованим електроприводом. Типовим представником удобрювальних машин є культиватора – рослинопідживлювача КРН - 2,8М, який оснащений туковисівних апаратів АТД-2 [1]. Для підготовки культиватора – рослинопідживлювача КРН-2,8М до роботи виконують налагоджування туковисівних апаратів АТД-2 на відповідну норму внесення мінеральних добрив. Норма висіву мінеральних добрив визначається агрономом і встановлюється за допомогою важеля регулятора на поділку шкали, яка відповідає визначеній нормі. При розробці мехатронного культиватора-рослинопідживлювача, виникла задача уточнення продуктивності туковисівного апарату АТД-2 та його технологічні параметри.

Формулювання цілей статті. Встановити залежність норми висіву азотних фосфорних та калійних добрив від положення важеля регулятора на поділках шкали. Дослідити швидкісну характеристику приводу регулятора норми висіву.

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

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

Основна частина. При визначеній, для певного поля, нормі висіву мінеральних добрив потрібна норма за один оберт висівного диску в одне вікно, яка повинна відповідати визначеній за виразом:

$$q = (3,14 \cdot k \cdot Q \cdot b \cdot D) / 2 \cdot 10^4 \cdot i \cdot n \text{ кг}, \quad (1)$$

де Q – норма висіву добрив, розрахована на запланований урожай, кг/га ;

$b = 2,8 \text{ м}$ – ширина захвату машини;

$D = 0,255 \text{ м}$ – діаметр приводного колеса;

$i = 0,0626$ – передаточне відношення механізму привода на висівний диск апарату;

$n = 3$ – кількість туковисівних апаратів на машині;

$k = 0,9 - 0,95$ – коефіцієнт буксування приводного колеса.

Наприклад, при нормі висіву мінеральних добрив $Q = 100 \text{ кг/га}$, розрахунки за виразом 1 дають наступний результат: $q = 0,05 \text{ кг}$. Керуючись таблицею № 9 технічного опису та інструкції по експлуатації культиватора–рослинопідживлювача КРН - 2,8М, важіль регулятора норми висіву повинен бути установленим так, щоб стрілка на ньому була розташована між нульовою та першою поділкою шкали [2].

Недоліком вищенаведеної методики встановлення норми висіву мінеральних добрив є те, що в таблиці № 9 наведені норми висіву мінеральних добрив в одне вікно туковисівного апарата за один оберт висівного диска при положеннях важеля регулятора на поділках шкали 1, 2, 3, 4 і 5 що становить відповідно у діапазонах: 0,100 – 0,200; 0,200 – 0,400; 0,350 – 0,550; 0,450 – 0,650 і 0,600 – 0,900 кг .

Відомі орієнтовні норми висіву гранульованого суперфосфату вологістю 10% в одне вікно туковисівного апарата за один оберт висівного диска при положеннях важеля регулятора на поділках шкали 1, 2, 3, 4 і 5, що становить відповідно 0,150; 0,350; 0,550; 0,680 і 0,800 кг [2].

Значення питомої ваги основних мінеральних добрив відомі з літературних джерел:

- суперфосфат $\text{Ca} (\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ - 120 $\text{мг}/100\text{см}^3$;

- хлористий калій KCl - 95 $\text{мг}/100\text{см}^3$;

- аміачна селітра NH_4NO_3 - 82,5 $\text{мг}/100\text{см}^3$ та інші [3].

Аналіз вищенаведених даних вказує на необхідність вдосконалення методики встановлення норми висіву мінеральних добрив з урахуванням їх питомої ваги.

Кінематична схема регулятора норми висіву мінеральних добрива приведено на рис. 1.

Сплановано та проведено три одно факторних експерименти по встановленню залежності між поділками шкали та нормами висіву різних (азотних, фосфорних та калійних) мінеральних добрив.

Математичну обробку експериментальних даних виконано за розробленою авторами спеціальної програми в полі програми Математика 6.

За результатами експерименту побудовано графік (рисунок 2) залежності норми висіву аміачної селітри від положення важеля регулятора на поділках шкали.

Тобто встановлено залежність типу: $Q(\text{NH}_4\text{NO}_3) = f(n)$.

Для суперфосфату $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ та хлористого калію KCl графіки побудовано аналогічно.

Графік залежності норми висіву аміачної селітри NH_4NO_3 від положення важеля регулятора на поділках шкали описується рівнянням першої степені і має вигляд:

$$Q(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 57.895 + 78.123 n \quad (2)$$

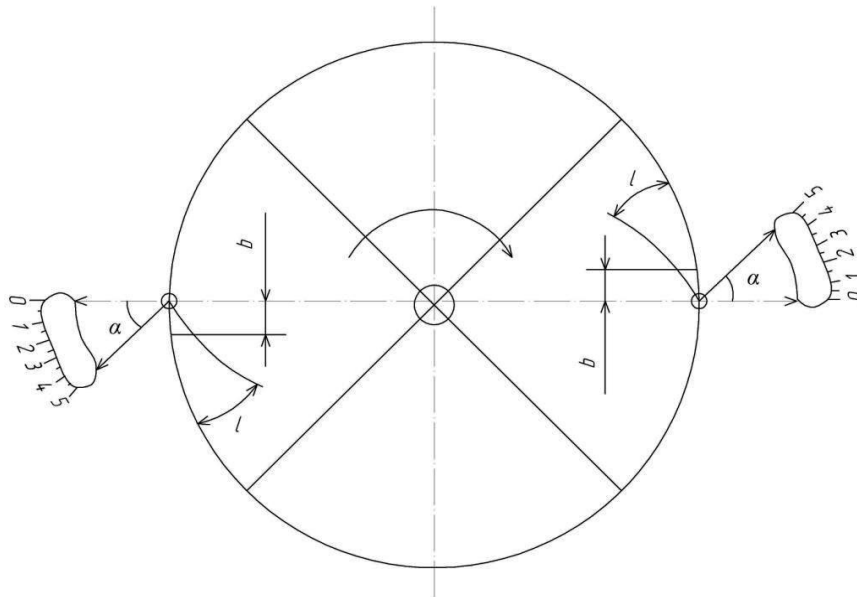


Рис.1. Кінематична схема регулятора норми висіву мінеральних добрив

Для хлористого калію KCl та суперфосфату $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, аналогічно:

$$Q(\text{KCl}) = 80.917 + 82.963 n \quad (3)$$

$$Q(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 93.159 + 109.33 n \quad (4)$$

Графік залежності норми висіву аміачної селітри, хлористого калію та суперфосфату від положення важеля регулятора на поділках шкали наведено на рис. 2.

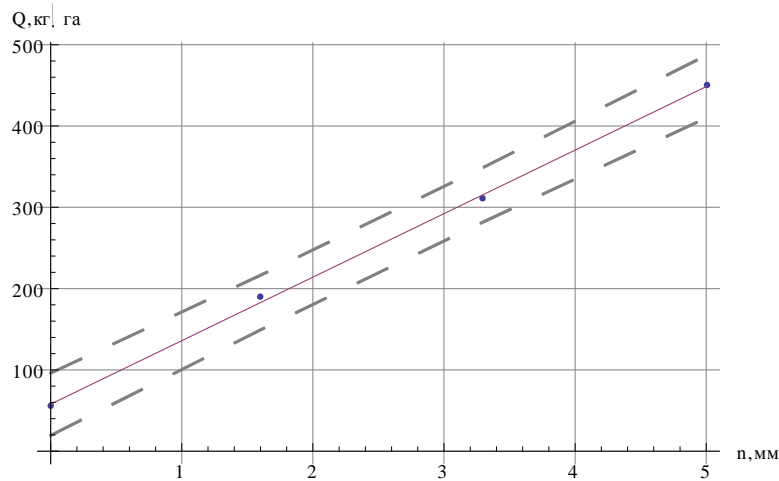


Рис.2. Графік залежності норми висіву аміачної селітри $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ від положення важеля регулятора на поділках шкали: $Q = f(n)$

Норми висіву аміачної селітри NH_4NO_3 , хлористого калію KCl та суперфосфату $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, мають пряму лінійну залежність від положення важеля регулятора на поділках шкали.

При цьому, на кожній з поділок найбільшу продуктивність має культиватор – рослинопідживлювач при внесенні суперфосфату, потім хлористого калію і найменшу норми при висіву аміачної селітри.

Для наведених мінеральних добрив, за допомогою графіків залежності норми висіву аміачної селітри, хлористого калію та суперфосфату від положення важеля регулятора на поділках шкали, легко і швидко можна встановити важіль регулятора на потрібну поділку шкали.

Порівняльний графік залежності норми висіву аміачної селітри, хлористого калію та суперфосфату від положення важеля регулятора на поділках шкали наведений на рис. 3

При розробці мехатронної машини диференційного внесення мінеральних добрив, норма висіву певного мінерального добрива повинна регулюватися автоматично під час виконання технологічного процесу з цією метою, важіль регулятора норми висіву приводиться в рух спеціально розробленим авторами мотор-редуктором [1].

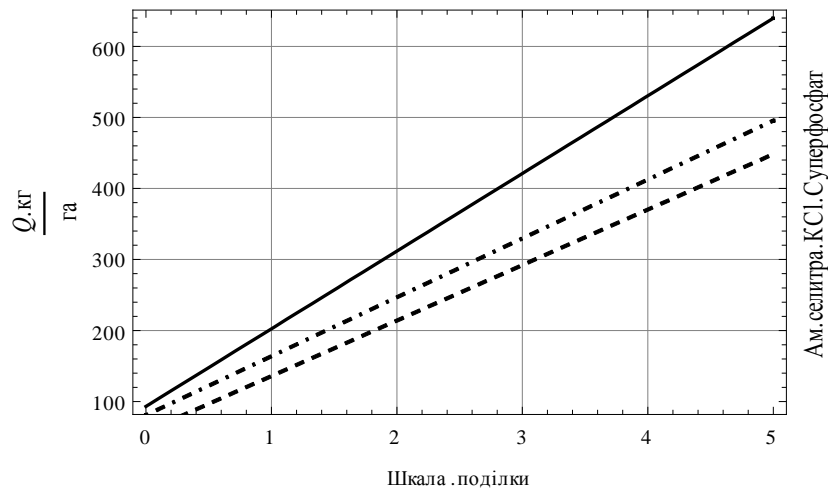


Рис. 3. Порівняльний графік залежності норми висіву аміачної селітри, хлористого калію та суперфосфату від положення важеля регулятора на поділках шкали

Графік залежностей норми висіву аміачної селітри, хлористого калію та суперфосфату від часу зміни положення важеля регулятора, який приводиться в рух мотор – редуктором, приведено на рис. 4.

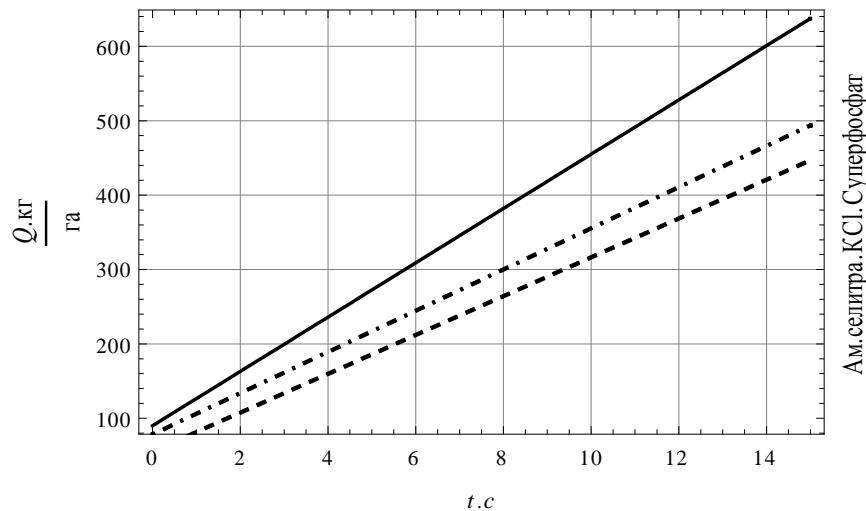


Рис. 4. Графік залежностей норми висіву аміачної селітри, хлористого калію та суперфосфату від часу зміни положення важеля регулятора, який приводиться в рух мотор – редуктором

Таке виконання туковисівного апарату дає змогу вносити мінеральні добрива на будь – якій ділянці поля в залежності від вмісту даних елементів у ґрунті, цим самим підвищується ефективність внесення цих добрив до 20 – 30%.

За допомогою цього графіку здійснюється програмування багатofункціонального мікропроцесорного контролера МІК – 51Н.

Мотор – редуктор містить електродвигун постійного струму з напругою живлення від бортової системи трактора.

Всі ці данні використані при створенні мехатронної машини диференційного внесення мінеральних добрив.

Література

1. Лукач В.С. Спосіб визначення дози внесення мінеральних добрив і культиватор-рослинопідживлювачпитомої для його здійснення / В.С.Лукач, В.С.Ловейкін, М.М.Городній, В.Ф.Ярошенко, Р.А.Кушніренко// Опис до патенту на винахід № 83998, И, МПК (2006), А01С 21/00, С05С 9/00, А01В 21/02, А01С 17/00, А01В 35/00, А01В 49/00, А01В 77/00, А01В 79/00. - Опубл. 10.09.2008. - Бюл. №17. – 8с.

2. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин / Том 1 ч.3. Машини для приготування і внесення добрив. – Х.: Ока, 2002.-352с.

3. Культиватор – растениепитатель КРН - 2,8М / Техническое описание и инструкция по эксплуатации // Липецкое управление издательств. – Липецк: 1983. – 104с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТУКОПОСЕВНОГО АППАРАТА С ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМ ПОВОДОМ ЗАСЛОНКИ РЕГУЛЯТОРА НОРМЫ ВЫСЕВА

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

Аннотація

В статье приведена методика определения и установление технологических параметров тукопосевного аппарата, который оснащен электромеханическим поводом заслонки регулятора нормы высева.

RESEARCH OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF SEEDING VEHICLE WITH ELECTROMECHANICS DRIVE OF SHUTTER REGULATOR OF NORM OF SOWING

V. Lovejkin, R. Kuchnirenko, A. Katyukha

Summary

The method of determination and establishment of technological parameters of seeding vehicle which is equipped the electromechanics drive of shutter regulator of norm of sowing is resulted in the article.

УДК 621.31.003.1:628.12

ЗАСТОСУВАННЯ ЕНЕРГООЩАДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА НАСОСНИХ СТАНЦІЯХ ЗРОШЕННЯ

Галько С.В., к.т.н.,

Миронець С.Д., інженер*

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел./факс (0619) 42-10-51, тел. (0619) 42-31-59

Анотація – робота присвячена питанню застосування сучасних методів регулювання режимами роботи головних насосів, з метою енергозаощадження на насосних станціях зрошення. Технічне рішення даної проблеми вирішується через застосування частотно-керованого перетворювача у загальній системі автоматичного керування технологічним обладнанням.

Ключові слова – споживання електричної енергії, способи регулювання, енергозаощадження, частотно-регульований привод.

Постановка проблеми. На півдні України розташована велика кількість насосних станцій зрошення, на яких застосовують у якості основного обладнання (що домінує за споживанням електричної енергії), для приводу основних насосних агрегатів, асинхронні електродвигуни великої потужності. Значне споживання електричної енергії на даних об'єктах надає актуальність питанням економії електроенергії на насосних станціях. Нажаль, основна частина насосних станцій працюють не самим економічним чином. Згідно [2], втрати електричної енергії складають від 5 до 15% від споживаної, а у найгірших випадках можуть досягати 20 - 25%.

Аналіз останніх досліджень. Сучасні системи зрошення мають складну структуру, основними елементами якої є трубопровідна мережа і насосні установки. Традиційні способи регулювання подачі насосних установок полягають у дроселюванні напірних ліній насосів (зменшення або збільшення подачі шляхом відкриття або закриття засувки) і зміни загального числа працюючих насосних агрегатів за одним з технологічних параметрів – тиском на колекторі або в контрольній точці трубопровідної мережі або за сигналами витратомірів на напірному трубопроводі. Ці способи регулювання направлені на вирішення технологічних завдань водопостачання і практично не враховують енергетичних аспектів транспортування води по трубопровод-

* Науковий керівник – к.т.н., доцент Галько С.В.

© к.т.н. Галько С.В., інженер Миронець С.Д.

ній мережі. При такому регулюванні від 5 до 30 % споживаної електроенергії витрачається нераціонально із-за: втрат енергії в органі дроселювання; створення надмірних надтисків в трубопровідній мережі; витоків і непродуктивних витрат води в мережі і у споживача; включення і робота чергового насосного агрегату у недовантаженому стані при витраті води, що незначно перевищує подачу цілого числа агрегатів.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Застосування на насосних станціях зрошення енергетичного обладнання великої потужності і недосконалі системи автоматичного управління даним обладнанням є причиною значних втрат електричної енергії і неефективного використання технологічного обладнання. Ці фактори спонукають до пошуку методів удосконалення систем автоматичного управління, що дозволить поліпшити якісні показники роботи насосної станції зрошення. У статті приводиться обґрунтування застосування частотно-регульованого приводу для основного насосного агрегату насосних станцій зрошення, з використанням закритої трубопровідної мережі.

Основна частина. Однією з основних причин неекономічної роботи насосної установки є невідповідність робочих параметрів насоса (тиск, подача) режиму роботи системи. В деяких умовах можуть виникнути не тільки неекономічні, а навіть і небезпечні для насосів та усієї системи трубопроводів режими роботи.

Існують різні способи керування продуктивності насосних станцій зрошення: дроселювання навантаження, зниження одиничної потужності агрегатів і збільшення їх кількості і таке інше [1]. Найбільш ефективним способом регулювання параметрів трубопровідної мережі зрошення є регулювання швидкості обертання основних насосних агрегатів.

Однією з тенденцій в області енергозаощадження останніх років є використання частотно-регульованих електроприводів з широтно-імпульсною модуляцією (ШИМ) на основі асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором. Для здійснення автоматичного регулювання частотно-керованими асинхронними електроприводами у теперішній час визначилися два основних шляхи на основі скалярного (або амплітудного) і векторного принципів частотного керування [7]. Електроприводи з векторним керуванням забезпечують кращі динамічні властивості (з швидкістю і можливістю формувати бажану якість електромагнітних і механічних процесів), а також гарантовану стійкість роботи у широких діапазонах регулювання швидкості та зміни моменту навантаження машини. Такі приводи знижують споживання електричної енергії, покращують умови експлуатації устаткування і якість технологічних процесів.

Добитися економії електричної енергії на насосних станціях зрошення, що працюють на закритій трубопровідній мережі, можна до-

сягнувши максимального наближення подачі станції до необхідної витрати споживачами, а також правильним вибором і контролем зносу устаткування.

Перспективи, що відкриваються при використанні перетворювача частоти як пристрою регулювання для електроприводу, виконаного на базі асинхронного електродвигуна, безмежні. Однією з головних тенденцій розвитку сучасного електроприводу є використання його в цілях заощадження енергетичних ресурсів. Слід зазначити, що використання перетворювачів частоти як регульованого електроприводу, створює свої переваги за рахунок автоматичної зміни параметрів системи залежно від умов роботи механізму. Найбільший ефект досягається, коли умови роботи часто міняються і межі цих змін достатньо широкі. В зв'язку з цим, область застосування регульованого електроприводу розповсюджується і на насосні станції, де до теперішнього часу традиційно використовувався простий нерегульований електропривод з використанням асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором. При цьому важливим стає підвищення енергетичної ефективності існуючих електроприводів, що дозволяють вирішувати технологічні задачі при мінімальних витратах.

Найбільший інтерес, з погляду економії електричної енергії, викликає метод частотного регулювання швидкості обертання асинхронного двигуна приводу основного насосного агрегату. Застосовуючи на насосній станції однотипні насосні агрегати, передбачається використання для приводу одного основного насосного агрегату застосувати частотне регулювання.

В даному випадку перетворювач підключається безпосередньо до одного електродвигуна і керує його роботою залежно від заданих параметрів і отримуваної від датчиків інформації. При цьому ефект від роботи електроприводу визначається зниженням витрати електроенергії і підвищенням якості регульованого технологічного параметра, який найчастіше і визначає якість роботи насосної станції в цілому. При такому варіанті використання перетворювача частоти питома вартість перетворювача на 1 кВт потужності максимальна і рішення щодо установки перетворювача частоти, як правило, ухвалюється з потреби регулювання технологічних параметрів, хоча розрахунки показують, що складова економії електричної енергії часто дозволяє окупити витрати на установку перетворювача частоти менш, ніж за один рік і у подальшому принести чисту економію.

З всіх відомих законів частотного керування асинхронною машиною приводу насосу (при незмінності потокозчеплення або ковзання з економічним або двозонним керуванням і т.і.) найбільш енергоо-

щадним (тобто який характеризується найменшими загальними втратами потужності у асинхронній машині, якою керують частотним перетворювачем) є оптимальне управління за мінімумом основних електромагнітних втрат. Таке управління у порівнянні з економічним (запропонованим М.П. Костенко) управлінням і незмінністю потокозчеплення ротора забезпечує зниження загальних втрат електродвигуна від часток проценту (при частотах обертання близьких до номінальних) у рази (при малих частотах обертання).

Електроприводи насосів на практиці складають більш половини від загального об'єму асинхронних приводів [8] і значну частину свого часу працюють як правило, з недовантаженням, і головним чином, у тривалих стаціонарних або близьких до них режимах (зі значеннями швидкості, які повільно змінюються, і моменту навантаження враховуючи відмічену особливість роботи приводів насосів, що пов'язана з їх функціонуванням при знижених навантаженнях у продовж відносно тривалого часу (наприклад: у нічний час доби для систем водопостачання), на практиці за рахунок оптимального керування за мінімумом електромагнітних втрат асинхронним електроприводом насосу може бути досягнута вагома додаткова загальна економія електроенергії у масштабах насосної станції

Основний насосний агрегат передбачається використовувати як такий, що компенсує різницю в подачі насосної станції і витратою, що споживається споживачами між включеннями основних насосних агрегатів, що призначені для підключення без використання частотного регулювання. Структурну схему, що описує принцип даного регулювання, приведено на рисунку 1.

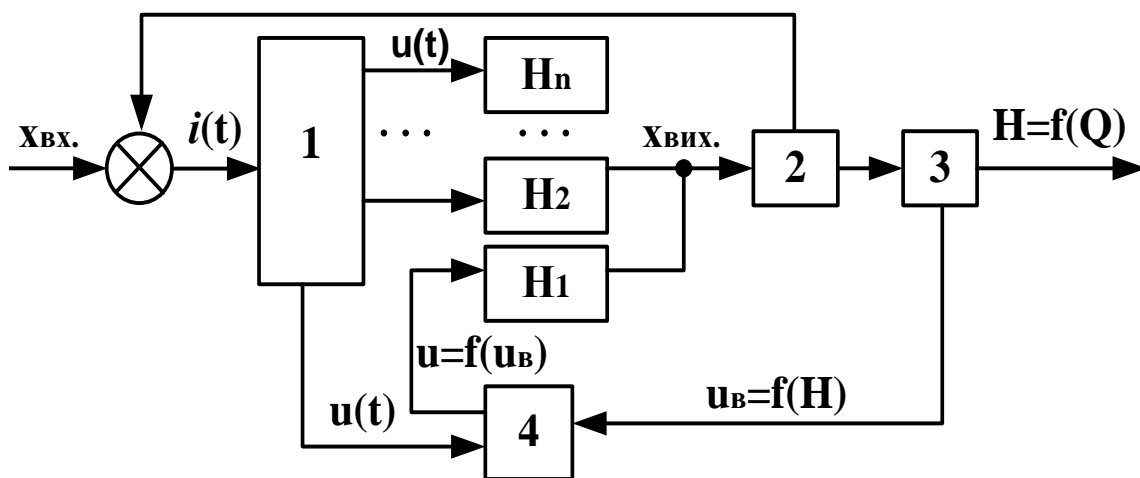


Рис. 1. Структурна схема управління насосною станцією з використанням частотного регулювання

Принцип дії такої системи управління полягає у наступному. Наприклад на насосній станції зрошення встановлено n основних насосних агрегатів з номінальною подачею Q кожний. З них $n-1$ насосні агрегати прямого вмикання і 1 з застосуванням частотного регулювання. При зростанні витрати води у закритій трубопровідній мережі зрошення змінюється різниця між вхідним сигналом $X_{\text{вх.}}$ і вихідним $X_{\text{вих.}}$, при цьому з елемента порівняння надходить сигнал на орган керування 1 на вмикання першого насосного агрегату.

Пристрій автоматики (почергового включення) органу керування 1 формує першу команду вмикання, що надходить на об'єкт регулювання 4 (частотний регулятор), який впливає на перший об'єкт управління H_1 (насосний агрегат, що виконує компенсацію подачі від 0 до номінальної - Q). Регулювання здійснюється за сигналом, що надходить від первинного перетворювача контролю зміни вихідного сигналу 3. Якщо споживання води збільшується за межі подачі Q , то на первинному перетворювачі вихідного сигналу 2 формується команда включення чергового насосного агрегату. З елемента порівняння надходить команда на орган керування 1, у ньому формується наступна команда вмикання на об'єкт управління H_2 .

При прямому підключенні другого насосного агрегату H_2 сумарна подача у трубопровідну мережу збільшується, що сприяє значному змінню вихідного сигналу з первинного перетворювача контролю зміни вихідного сигналу 3 на об'єкт регулювання 4. Це призводить до змінення характеру впливу об'єкту регулювання 4 на об'єкт управління H_1 .

Подальше збільшення витрат відобразиться на вихідному сигналі первинного перетворювача контролю зміни вихідного сигналу 3 і система відреагує за описаною вище схемою.

При зменшенні витрат регулювання відбувається у зворотному напрямку. За сигналом первинного перетворювача контролю зміни вихідного сигналу 3 частотний регулятор 4 впливає на перший об'єкт управління H_1 у сторону зменшення подачі. При зменшенні подачі насосним агрегатом H_1 до мінімального значення відбувається вимкнення подальшого насосного агрегату, а компенсація різниці між розходом води споживачами і подачею станції відбувається за рахунок об'єкту управління H_1 , подача якого регулюється частотним регулятором 4.

Висновки. Застосування частотно-регульованого приводу на насосних станціях зрошення дає ряд додаткових переваг: зменшення зносу основного устаткування за рахунок забезпечення плавних пусків; створення ощадного режиму роботи закритої трубопровідної мережі за рахунок усунення гідравлічних ударів і зниження тиску у мережі до оптимального значення; зниження шуму; можливість застосування на насосній станції комплексної автоматизації систем; зменшення витрат води у системі через нещільні з'єднання за рахунок зниження тиску у мережі.

Література

1. *Ганкин М.З.* Комплексная автоматизация и АСУТП водохозяйственных систем / М.З. Ганкин – М.: Агропромиздат, 1991 – 432 с.
2. *Лезнов Б.С.* Экономия электроэнергии в насосных установках / Б.С. Лезнов – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 142 с.
3. *Красильников А.И.* Автоматизированные насосные установки с каскадно-частотным управлением в системах водоснабжения / А.И. Красильников // Строительная инженерия. - 2006. - № 2.
4. *Лезнов Б.С.* Применение регулируемого электропривода в насосных установках систем водоснабжения и водоотведения / Б.С. Лезнов, В.Б. Чебанов // Электротехника. -1995. - № 7.
5. *Сарач Б.М.* Энергосберегающие насосные станции / Б.М. Сарач, И.Е. Хромых // Промышленная энергетика. -1997. - № 8.
6. *Ильинский Н.Ф.* Энергосберегающий электропривод насосов / Н.Ф. Ильинский // Электротехника. -1995.-№7.
7. *Півняк Г.Г.* Сучасні частотно регульовані асинхронні електроприводи широтно-імпульсною модуляцією / Г.Г. Півняк, О.В. Волков. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2006. – 470 с.
8. *Радин В.И.* Электрические машины. Асинхронные машины. / В.И. Радин, Д.Э. Брускин, А.Е. Зорохович. Под ред. И.П.Копылова. – М: Высш. школа, 1988. – 328 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ НА НАСОСНЫХ СТАНЦИЯХ ОРОШЕНИЯ

Галька С.В., Миронец С.Д.

Аннотация

Работа посвящена вопросу применения современных методов регулирования режимами работы главных насосов, с целью энергосбережения на насосных станциях орошения. Техническое решение данной проблемы решается через применение частотно-управляемого преобразователя в общей системе автоматического управления технологическим оборудованием.

APPLICATION OF ENERGOOSHCHADNIKH TECHNOLOGIES ON THE PUMPINGS STATIONS OF IRRIGATION

S. Gal'ko, S. Mironets

Summary

Work is devoted to application of modern methods of adjusting, with the purpose of economy of power resources on the pumping stations of irrigation. A technical decision of problem of economy of power resources is on the pumping stations of irrigation application of frequency transformer in the general system of automatic control a technological equipment.

УДК 621.313.333.2

РОЗРОБКА МІКРОКОНТРОЛЕРНОГО ПРИСТРОЮ ДІАГНОСТУВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА

Кузьменко В.В., магістр,

Курашкін С.Ф., інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-32-63

Анотація – розглянуто мікроконтролерний пристрій для безперервного діагностування режиму роботи асинхронного електродвигуна у процесі експлуатації. Наведено можливі варіанти модернізації пристрою для синхронізації роботи декількох блоків захисту у складі потокової лінії.

Ключові слова – асинхронний електродвигун, аналого–цифровий перетворювач, мікроконтролер, неповнофазний режим, перекидання електродвигуна.

Постановка проблеми. Стандартні засоби захисту асинхронних електродвигунів (АД) не дозволяють здійснювати безперервний контроль за режимами роботи в процесі експлуатації.

Аналіз останніх досліджень. Проведені аналітичні дослідження існуючих систем контролю за роботою АД [1-3]. Тому, на наш погляд, розробка електронного пристрою діагностування режиму роботи АД є досить актуальною.

Формулювання цілей статті. Розробка принципової схеми та алгоритму роботи пристрою для збирання даних про параметри роботи електродвигуна.

Основна частина. Успішна робота сучасних сільськогосподарських підприємств в багатьох випадках залежить від надійності роботи електроприводу робочих машин та механізмів. Основним елементом електроприводу є асинхронні двигуни (АД), які отримали широке застосування. АД із короткозамкненим ротором є найбільш простою за будовою і надійною електричною машиною. Разом із тим, на практиці спостерігається відносно великий відсоток виходу з ладу асинхронних двигунів з огляду специфічних умов та режимів роботи, котрі не були враховані при проектуванні. Згідно з [1] в окремих господарствах щорічно підлягають заміні близько 20 – 25% електродвигунів, що призводить до значних фінансових витрат.

Швидкий розвиток електроніки зробив широко доступними мікроконтролери, наприклад [2], що дає можливість створити на їх основі якісні пристрої захисту та діагностування режимів роботи.

Під час проектування пристроїв захисту асинхронних двигунів виникає необхідність контролювати декілька параметрів, а саме: споживаний струм, асиметрію напруг мережі живлення, температуру обмоток статора та швидкість обертання ротора та інше.

Умови роботи електродвигунів у сільському господарстві характеризуються як важкі через вплив факторів [3]: підвищена вологість, агресивне середовище, часті технологічні перевантаження, неповнофазний режим роботи, широкий діапазон коливань напруги живлення, різкі перепади температури навколишнього середовища, недостатній рівень оснащення двигунів захисними пристроями, низький рівень технічного обслуговування.

Запропонований мікропроцесорний пристрій діагностування режимів роботи АД, схема якого наводиться на рис. 1, складається з блоків контролю параметрів роботи двигуна 1, комутаторних ключів 2, мікроконтролера 3, світлодіодного індикатора аварійної ситуації 4, силового транзисторного ключа 5.

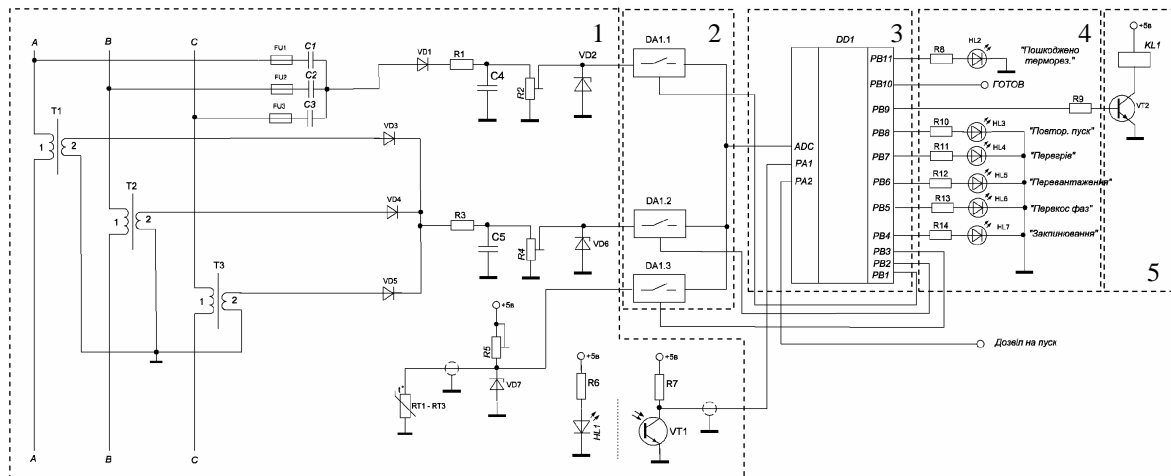


Рис. 1. Схема електрична принципова мікропроцесорного пристрою діагностування режимів роботи асинхронного електродвигуна

Однією з особливостей сільських електромереж є значне віддалення споживачів електричної енергії від джерела живлення. Відповідно з цим достатньо часто відбуваються аварійні ситуації, пов'язані з відсутністю однієї або двох фаз.

Захист від обриву фази складається зі штучної зірки, виконаної на конденсаторах $C1 - C3$, однонапівперіодного випрямляча на діоді $VD1$ та формувача напруги $R1R2C4VD2$. Він забезпечує згладжування випрямленої напруги, а також є елементом затримки спрацювання при короточасних коливаннях напруги в мережі. Резистор $R2$ разом з ре-

зистором R1 утворює регульований дільник напруги. Це дозволяє встановлювати необхідним поріг спрацювання захисту.

Максимальна вхідна напруга вбудованого аналого-цифрового перетворювачі (АЦП) мікроконтролера складає 5 В. Тому для забезпечення захисту АЦП встановлений стабілітрон VD2. Напруга, обмежена стабілітроном надходить до входу ADC аналого-цифрового перетворювача мікроконтролера DD1 через ключ DA1.1. Керування ключем виконується сигналом логічної одиниці з виходу PB1 мікроконтролера.

Одним з основних негативних факторів, що призводять до передчасного виходу з ладу асинхронних електродвигунів, є тривале перевищення номінального струму обмотки статора, та, відповідно, прискореному зношенню ізоляції проводу.

За основу роботи захисту за струмом було прийнято технічне рішення, використане у [4]. Слід також враховувати таку особливість роботи АД, як значне (у 5 – 8 разів) перевищення номінального струму у момент пуску, до того моменту, поки ротор не досягне номінальної швидкості обертання. Цей процес проходить швидко – протягом 5 ... 10 секунд, і не є аварійним.

Роль первинних перетворювачів виконують обмотки узгоджувальних трансформаторів T1 – T3, вторинні обмотки яких з'єднані «зіркою», та через відповідний діод VD3 – VD5 підключені до резистору R3. Напруга на обмотках буде пропорційна навантаженню відповідної фази. Однак до розрахунку обирається лише фаза, що має найбільший споживаний струм.

Призначення елементів R3, C5, R4, VD6 аналогічно R1, C4, R2, VD2 блоку контролю несиметрії напруг мережі живлення. Подача сигналу з датчика на вхід АЦП мікроконтролера забезпечує ключ DA1.2. Керування ключем виконується сигналом логічної одиниці з виходу PB2 мікроконтролера.

Серед факторів, що призводять до виходу з ладу асинхронних електродвигунів, значне місце посідає перегрів обмоток статора за рахунок взаємодії багатьох впливів. Однак пристрої для контролю температури обмотки не отримали достатньо широкого розповсюдження.

До складу блоку входять три терморезистори RT1...RT3, що розташовані в кожній фазі обмотки статора, резистор R5, стабілітрон VD7 та транзисторний ключ DA1.3.

Терморезистори RT1...RT3 з'єднані послідовно, а падіння напруги на них обернено пропорційно температурі. Резистор R5 дозволяє встановлювати необхідний поріг чутливості з урахуванням класу нагрівостійкості ізоляції обмотки та конкретних умов навколишнього середовища. Транзисторний ключ DA1.3 підключає перетворювач температури до входу АЦП при подачі сигналу логічної одиниці з виходу PB3 мікроконтролера DD1.

Контроль швидкості обертання ротора дозволяє своєчасно відключити електродвигун, якщо з якоїсь причини він певний час не може розігнатися.

Такою причиною може бути як перевантаження робочої машини, так і засмічування та застигання змащувальної речовини в підшипниках.

В подібних випадках до ротора АД буде прикладений момент опору, що у декілька разів перевищує номінальний. Робота у такому режимі тривалий час неприпустима.

Контролювання швидкості обертання ротора проводиться за допомогою інфрачервоного датчика, що складається з світлодіода HL1 та фототранзистора VT1. На муфту, що з'єднує електродвигун та робочу машину, кріпиться штора, яка періодично закриває фототранзистор від світлодіода відповідно до швидкості обертання ротора.

Якщо фототранзистор освітити світлодіодом, то він відкриється і на вхід PA1 мікроконтролера DD1 надійде сигнал логічного нуля. При обертанні ротора фототранзистор буде закритий на якийсь час від світлодіода шторою. Опір фототранзистора у цей момент збільшиться у десятки разів і, відповідно, до мікроконтролера надійде сигнал логічної одиниці. Частота імпульсів від датчика буде тим більша, чим швидше буде обертатися ротор.

Відповідно, проміжок часу між імпульсами буде скорочуватися.

Для оповіщення персоналу про причину аварійної зупинки електродвигуна встановлено світлодіоди HL4...HL7. Світлодіод HL3 дозволяє підтвердити успішний повторний пуск електродвигуна після аварійного відключення. Для контролювання стану терморезисторів призначений світлодіод HL2. Підключення проміжного реле KL1, що керує роботою магнітного пускача, виконано через транзисторний ключ VT2.

В умовах виробництва може виникати необхідність захисту групи електродвигунів.

Як приклад, можна привести потокові лінії кормоприготування та ін. Особливістю таких ліній є те, що при аварійній зупинці однієї машини необхідна зупинка всієї лінії. Для узгодженої роботи пристрої захисту окремих двигунів потрібен єдиний блок керування. Кожен блок захисту має окремий вхід, при подачі на який сигналу логічної одиниці розпочинається процес пуску електродвигуна та моніторингу його стану. На окремому виході з'являється сигнал логічної одиниці лише після успішного розгону АД до робочої швидкості для синхронізації роботи окремих блоків захисту.

Висновки. Розглянутий мікроконтролерний пристрій для діагностування режимів роботи асинхронних електродвигунів забезпечує безперервний моніторинг стану та надійний захист від асиметрії напруг мережі живлення, перевантаження, перегріву та заклинювання.

Роботу пристрою було перевірено на практиці з асинхронним електродвигуном типу АИР100L6У3, що показало надійне спрацювання захисту при виникненні різноманітних аварійних ситуацій.

Завдяки блочній конструкції та застосування мікроконтролера, пристрій має можливість, щодо налаштування до конкретних умов виробництва.

Враховуючи малі розміри, блоки пристрою захисту можливо встановлювати безпосередньо на електродвигуни.

Пристрій має режим самодіагностування щодо пошкодження терморезисторів, що встановлені в обмотки статора.

Потужність, що споживає система захисту при живленні від основного керуючого обладнання, суттєво не впливає на його роботу.

Література

1. *Овчаров В.В.* Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве./В.В.Овчаров. – К.: УСХА, 1990г.

2. Застосування вбудованого аналого-цифрового перетворювача мікроконтролера Atmega8 [Електронний ресурс]: <http://www.atmel.com/applicationnotes/APN145834>

3. *Єрмолаєв С.О.* Експлуатація енергообладнання та засобів автоматизації в системі АПК./ С.О.Єрмолаєв, В.О. Мунтян, В.Ф.Яковлев. – К.: МЕТА, 2003 р.

4. Техническое описание и инструкция по эксплуатации устройства комплектного «Каскад» ИЖТП 656.37 006.

РАЗРАБОТКА МИКРОКОНТРОЛЕРНОГО УСТРОЙСТВА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Кузьменко В.В., Курашкин С.Ф.

Аннотация

Рассмотрено микроконтролерное устройство для непрерывного диагностирования режима работы асинхронного электродвигателя в процессе эксплуатации. Приведены возможные варианты модернизации устройства для синхронизации работы нескольких блоков защиты в составе поточной линии.

MICROCONTROLLER BASED MOTOR PROTECTIVE DEVICE

V. Kuzmenko, S. Kurashkin

Summary

The microcontroller device for motor continuous diagnostics was considered. They are brought possible variants to device modernization for synchronizing several blocks of protection in the production line.

УДК 621.548

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСЬЮ

Овчаров С.В., к.т.н.

Михайленко Е.Ю., аспирант*

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619) 42-32-63

Аннотация – предлагается расчет коэффициентов и исследование модели полного факторного эксперимента, в результате которого получены уравнения первого и второго порядка.

Ключевые слова – малая ветроэнергетика, аэродинамические характеристики, момент на валу, многофакторный эксперимент.

Постановка проблемы. Разработка нетрадиционных источников электрической энергии остается актуальной. В частности, необходимы разработки ветроэнергетических установок (ВЭУ) для крестьянских подворий и фермерских хозяйств.

Анализ последних достижений. Для малой ветроэнергетики в настоящее время разрабатываются ветроэнергетические установки с горизонтальным валом и ориентацией ветрового колеса на ветер. Разработок с вертикальным валом практически нет и поэтому требуется их исследование.

Формулировка цели статьи. Целью работы является исследование аэродинамических характеристик ветроэнергетической установки с вертикальной осью методом полного факторного эксперимента.

Основная часть. На работу ВЭУ с вертикальной осью влияют множество факторов. Было составлено уравнение момента, развиваемого на валу:

$$M_{\text{в}} = \frac{1}{2} \rho (v_{\text{в}} - \omega r \cdot \sin \varphi)^2 S \cdot r \sin \varphi, \quad (1)$$

где ρ – плотность набегающего воздушного потока, кг/м^3 ;

v – скорость ветра, м/с ;

ω – угловая скорость, рад/с ;

S – площадь лопасти, м^2

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

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

r – радіус ротора ВЭУ, $м$;

φ – угол отклонения лопасти от горизонтального положения, $рад$.

На основании, полученных экспериментальных данных, приводится алгоритм и результаты исследования с помощью полного факторного эксперимента (ПФЭ).

В качестве основных факторов определяются:

- V_b – скорость ветра, $м/с$;

- ω – угловая скорость, $рад/с$;

- r – радиус ротора, $м$;

- φ – угол отклонения лопасти от горизонтального положения, $рад$.

Параметром оптимизации – M_g – момент на валу, $Н·м$.

Каждый фактор варьирует на двух уровнях: верхнем (+) и нижнем (–), при этом кодирование производят по формуле (2) и результаты замеров заносятся в таблицу.

$$x_i = \frac{x_i' - x_{i0}}{\Delta_i}, \quad (2)$$

где x_i – кодированное значение фактора (1, -1, 0);

x_i' – натуральное значение фактора на каком-либо уровне;

x_{i0} – натуральное значение фактора на нулевом уровне;

Δ_i – интервал варьирования.

Таблица 1 – Уровни варьирования факторов

Наименование факторов	Единица измерения	Уровни варьирования факторов				Обозначение
		-1	0	+1	Δ_i	
V_b	$м/с$	1	8	15	7	X_1
ω	$рад/с$	0,2	2,25	4,3	2,05	X_2
r	$м$	1	2	3	1	X_3
φ	$рад$	0,2	0,85	1,5	0,65	X_4

Для указанных факторов проверяются и анализируются три критерия:

а) Критерий Кохрена (проверка воспроизводимости опытов);

б) Критерий Стьюдента (проверка коэффициентов на значимость);

в) Критерий Фишера (проверка модели на адекватность).

Линейная модель имеет вид:

$$y_i = B_0 + B_1z_1 + B_2z_2 + B_3z_3 + B_{12}z_1z_2 + B_{13}z_1z_3 + B_{14}z_1z_4 + B_{23}z_2z_3 + B_{34}z_3z_4 + B_{24}z_2z_4 + B_{123}z_1z_2z_3 + B_{234}z_2z_3z_4 + B_{134}z_1z_3z_4 + B_{124}z_1z_2z_4 + B_{1234}z_1z_2z_3z_4$$

где y_i – расчетное значение функции отклика (параметр оптимизации);

$B_0, B_i, B_{ij}, B_{123}$ – коэффициенты модели;

Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 – кодированные факторы.

Расширенная матрица и матрица откликов имеют вид:

$$X := \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} \quad Y := \begin{pmatrix} 12.2 & 12.5 \\ 390.3 & 388.6 \\ 570.2 & 567.2 \\ 0.4 & 0.5 \\ 105.1 & 106.3 \\ 9.9 & 9.8 \\ 200.8 & 201.8 \\ 0.6 & 0.7 \\ 84.7 & 85.7 \\ 1.3 & 1.637 \\ 121.3 & 124.4 \\ 0.4 & 0.4 \\ 36.5 & 37.56 \\ 0.0 & 0.04 \\ 40.9 & 42.2 \\ 0.2 & 0.3 \end{pmatrix}$$

При выполнении условия:

$$G_p < G_m(\alpha = 0,05; f_1 = m - 1; f_2 = N) \quad (3)$$

гипотеза об однородности дисперсий принимается: $0,288 < 0,679$ – воспроизводимость опытов хорошая.

По критерию Стьюдента $t_p = 1,746$ – все коэффициенты значимы, т.е. присутствуют в модели.

Реализовав алгоритм расчета ПФЭ первого порядка, мы получили уравнение регрессии. Таким образом, линейная модель имеет вид:

$$\begin{aligned} y_i = & 98,576 + 48,259z_1 - 18,443z_2 + 49,032z_3 + 62,48z_4 - 68,322z_1z_2 + \\ & + 1,408z_1z_3 + 12,697z_1z_4 - 7,049z_2z_3 + 32,649z_3z_4 - 13,272z_2z_4 - \\ & - 54,686z_1z_2z_3 - 3,07z_2z_3z_4 - 14,576z_1z_3z_4 - 62,946z_1z_2z_4 - \\ & - 50,383z_1z_2z_3z_4 \end{aligned} \quad (4)$$

По критерию Фишера $2,286 < 2,397$ полученная линейная модель, адекватна опытными данным, т.е. ее можно использовать для прогнозирования данных.

Раскодированная линейная модель имеет вид:

$$\begin{aligned}
 y_i = & -1,51 - 0,007x_1 + 7,25x_2 + 0,475x_3 + 7,11x_4 - \\
 & - 0,586x_1x_2 + 1,17x_1x_3 + 0,07x_1x_4 - 7,79x_2x_3 - \\
 & - 37,79x_2x_4 - 16,19x_3x_4 + 0,78x_1x_2x_3 + 4,05x_1x_2x_4 + \\
 & + 8,94x_1x_3x_4 + 40,91x_2x_3x_4 - 5,4x_1x_2x_3x_4
 \end{aligned} \tag{5}$$

Область оптимума описывается полиномами более высоких порядков, среди которых самые распространенные уравнения второго порядка вида:

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

Составляется план отсеивающего эксперимента на основе стандартной матрицы X и осуществляется её реализация, для математической модели вида:

$$\begin{aligned}
 y_i = & B_0 + B_1 z_1 + B_2 z_2 + B_3 z_3 + B_{12} z_1 z_2 + B_{13} z_1 z_3 + B_{23} z_2 z_3 + \\
 & + B_{11} z_1^2 + B_{22} z_2^2 + B_{33} z_3^2
 \end{aligned} \tag{6}$$

В качестве основных факторов выбраны:

- V_b – скорость ветра, *м/с*;
- ω – угловая скорость, *рад/с*;
- φ – угол отклонения лопасти от горизонтального положения, *рад*.

Параметром оптимизации – M_g – момент на валу, *Н·м*.

Матрицы планирования (X) и матрица откликов (Y) имеют вид:

$$X := \begin{pmatrix}
 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\
 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\
 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\
 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\
 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\
 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\
 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\
 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\
 1 & 1.215 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.476225 & 0 & 0 \\
 1 & -1.215 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.476225 & 0 & 0 \\
 1 & 0 & 1.215 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.476225 & 0 \\
 1 & 0 & -1.215 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.476225 & 0 \\
 1 & 0 & 0 & 1.215 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.476225 \\
 1 & 0 & 0 & -1.215 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.476225 \\
 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0
 \end{pmatrix}$$

$$Y := \begin{pmatrix}
 105.1 & 105 \\
 39.9 & 33 \\
 200.8 & 201 \\
 0.6 & 0.7 \\
 36.5 & 37 \\
 0.3 & 0.5 \\
 40.9 & 41.5 \\
 18.2 & 19.3 \\
 160.4 & 161 \\
 0.2 & 0.4 \\
 13 & 13.2 \\
 34.3 & 34.2 \\
 32.2 & 31.9 \\
 38.5 & 32.4 \\
 25.4 & 25.3
 \end{pmatrix}$$

Определяются дисперсии воспроизводимости по критерию Кохрена:

$0,545 < 0,679$, на основании которых можно сказать, что воспроизводимость опытов хорошая.

Реализуется алгоритм планирования второго порядка. Нелинейное уравнение поверхности второго порядка имеет вид:

$$y_i = 32,078 + 47,71z_1 - 9,911z_2 + 22,079z_3 - 14,719z_1z_2 + 26,256z_1z_3 - 4,656z_2z_3 + 31,306z_1^2 - 7,188z_2^2 \quad (7)$$

По критерию Стьюдента $t_p = 1,753$. Таким образом, коэффициент B_{33} незначим и в модели не присутствует.

Для определения адекватности модели, сравнивается критическое и расчетное значения критерия Фишера:

$$1,021 < 1,956$$

Таким образом, полученная нелинейная модель, адекватна опытными данным, т.е. ее можно использовать при построении области оптимума и определения координат оптимума.

Раскодированная нелинейная модель имеет вид:

$$y_i = 5,89 - 6x_1 + 14,037x_2 - 4,34x_3 - 1,03x_1x_2 + 5,77x_1x_3 - 3,499x_2x_3 + 0,64x_1^2 - 1,71x_2^2 \quad (8)$$

Рассматриваются возможные двумерные сечения, характеризующее каждый фактор. Условный экстремум, соответствующий максимуму выхода, находится посредством приравнивания к нулю одной из переменных и нахождения условий, соответствующих оптимуму функции выхода по двум другим переменным [2].

Графики и линии уровней представлены на рис. 1, 2, 3.

Поверхность отклика представляет собой седло или минимакс, вытянутый по оси ω .

Выводы.

1. В результате исследования, получено уравнение регрессии первого порядка, где все коэффициенты значимы, модель адекватна опытными данным.

2. Получена нелинейная модель второго порядка, коэффициент B_{33} незначим и в модели не присутствует. Модель адекватна опытными данным.

3. Получены координаты точек оптимума, а также значение функции отклика.

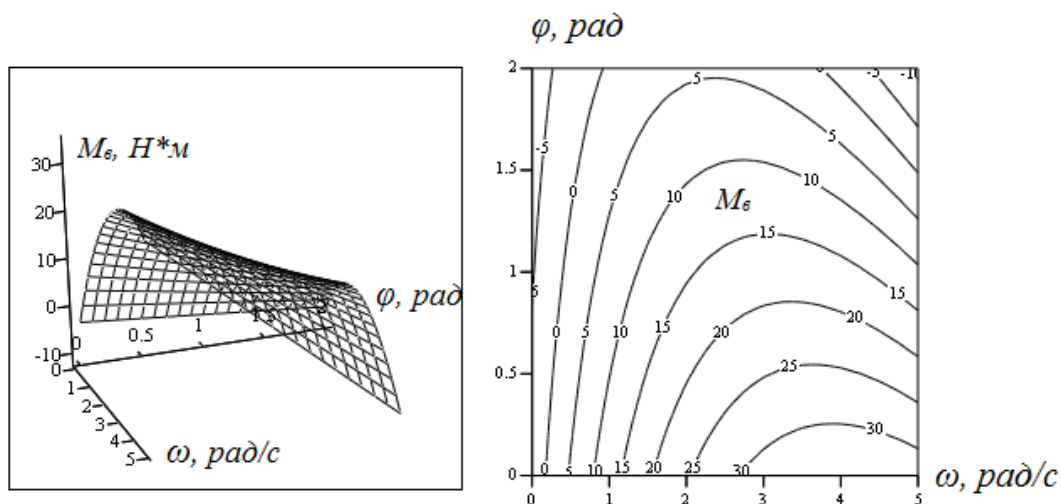


Рис. 1. Поверхность и линии уровней функции отклика при $V_\epsilon=0$.

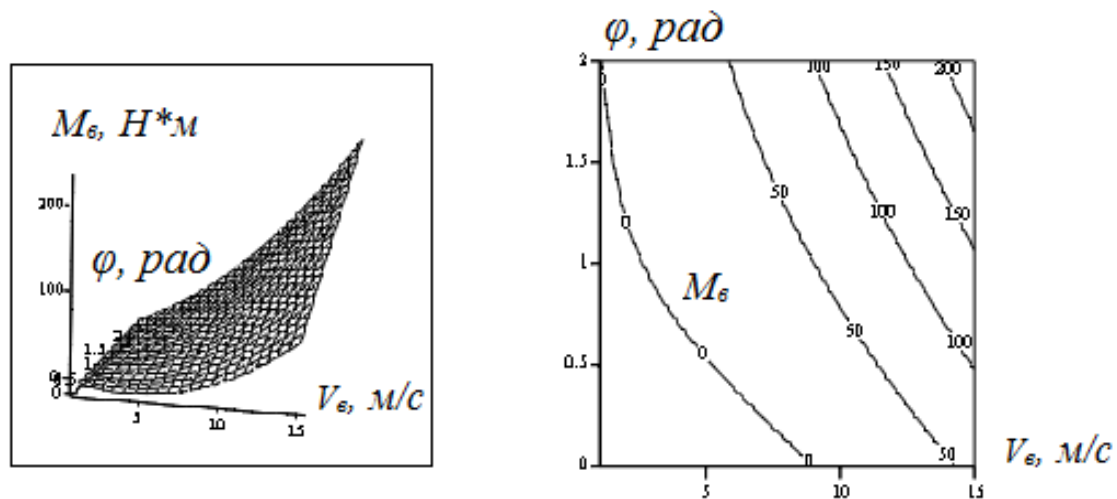


Рис. 2. Поверхность и линии уровней функции отклика при $\omega=0$.

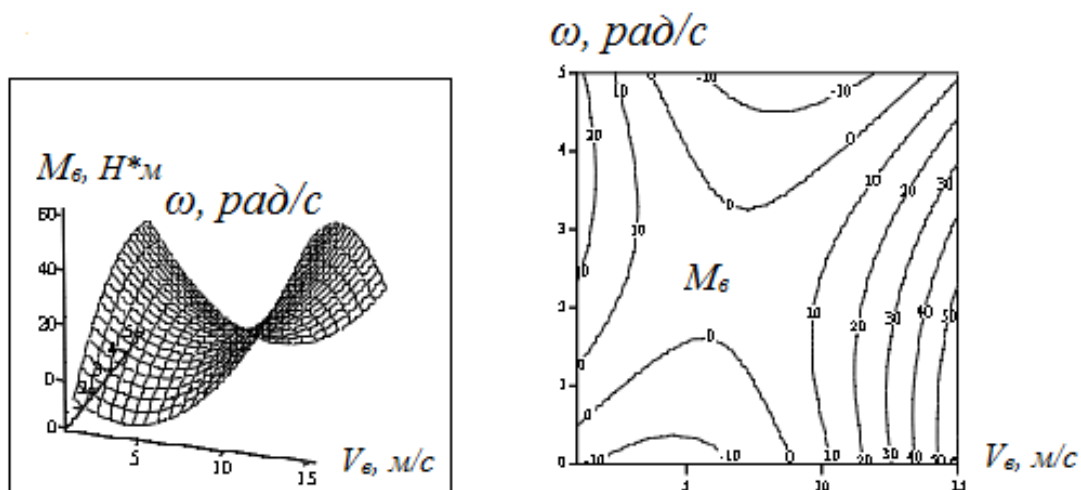


Рис. 3. Поверхность и линии уровней функции отклика при $\phi=0$.

Литература:

- 1 *Бондарь А.Г.* Планирование эксперимента в химической технологии / А.Г. Бондарь, Г.А. Статюха. – Киев, "Вища школа", 1976. – 180 с.
2. *Чкалова О.Н.* Основы научных исследований / О.Н. Чкалова. – Киев: "Вища школа", 1978. – 117 с.
3. *Мхитарян Н.М.* Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников. Опыт и перспективы:[Монография] / Н.М. Мхитарян. – К.: Наукова думка, 1999. – 317с.
4. *Твайдел Дж.* Возобновляемые источники энергии: [Пер. с англ.] / Дж. Твайдел, А. Уайер. –М.: Энергоатомиздат, 1990. – 391с.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ З ВЕРТИКАЛЬНОЮ ВІССЮ

Овчаров С.В., Михайленко О.Ю.

Анотація

Пропонується розрахунок коефіцієнтів і дослідження моделі повного факторного експерименту, у результаті якого отримані рівняння першого й другого порядку.

EXPERIMENTAL STUDY OF PARAMETERS WINDMILLS WITH VERTICAL AXIS

S. Ovcharov, L. Mikhailenko

Summary

Proposed to calculate the coefficients and study models of full factorial experiment, which obtained the equations of the first and second order.

УДК 621.316.91

СПОСІБ ПОЛИВУ РОСЛИН У ЗАХИЩЕНОМУ ҐРУНТІ ЗАРЯДЖЕНОЮ ВОДОЮ

Стьопін Ю.О., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-23-41

Анотація – у роботі розглянуті питання покращення поливу рослин за рахунок обробки води електрично зарядженим струмом.

Ключові слова – захищений ґрунт, поливна вода, електрично заряджені частини.

Постановка проблеми. Овочівництво захищеного ґрунту відіграє важливу роль у забезпеченні населення овочами. В Україні налічується 3160 га закритого ґрунту. Обсяг виробництва овочів складає 250 тис.т., або 5 кг на душу населення, за нормами 13 кг. Врожайність овочів у закритому ґрунті низька: в зимових теплицях – 21,8 кг/м² [1].

Локальний характер зволоження захищених ґрунтів при мікро- або поверхневому зрошенні зумовлює підвищені вимоги до встановлення якісних і кількісних характеристик процесу формування зон зволоження ґрунтів в залежності від початкової вологості, інтенсивності, об'єму та характеру подання води на поверхню ґрунту. Поряд з цим, не другорядне значення у захищеному ґрунті займає питання підтримки оптимального стану повітря навколо рослин, зокрема температури та вологості повітря, тому що багато рослин вирощуються на шпалерах.

Аналіз останніх досліджень. Вивченню закономірностей формування зон зволоження ґрунту присвячена кількість досліджень як експериментального [1,2], так і теоретичного [2,3] характеру. Проте, незважаючи на це, поки що не запропоновано зручних для практики залежностей для визначення зон зволоженості ґрунтів.

Дослідженнями [5], присвяченими вивченню впливу електричного поля на насіння сільськогосподарських культур встановлено, що напруженість електричного поля служить головним стимулюючим фактором, визнаючи розвиток і продуктивність майбутніх рослин.

Дослідження [6], присвяченими вивченню впливу заряду краплин поливної води на розвиток рослин встановлені позитивні зв'язки між певною кількістю заряду іонів повітря – водного розчину та продуктивністю рослин.

Формування цілей статті. Для здійснення оцінки ефективності дії заряджених краплин води на рослини необхідно дослідити режими роботи установки, що створює збагачення повітря понад ґрунтом потік аероіонів.

Основна частина. Для здійснення поливу рослин може бути застосований пристрій (рис.1), що обробляє ґрунт та навколишнє повітря зарядженими краплями води, що оброблена електричним струмом перед витоком із водопостачальних труб. Він буде збагачувати повітря понад ґрунтом корисними іонами різного знаку: удень – аероіонами CO_2^+ , уночі – аероіонами O_2^- .

Пристрій має трансформатор з однією первинною та двома вторинними обмотками. Первинна обмотка живиться від автотрансформатора. Наконечник пристрою знаходиться під напругою.

Вторинна обмотка низької напруги з'єднана із входом випрямляча, вихідні затискачі з'єднані з наконечником та додатковим електродом через двохполюсний перемикач.

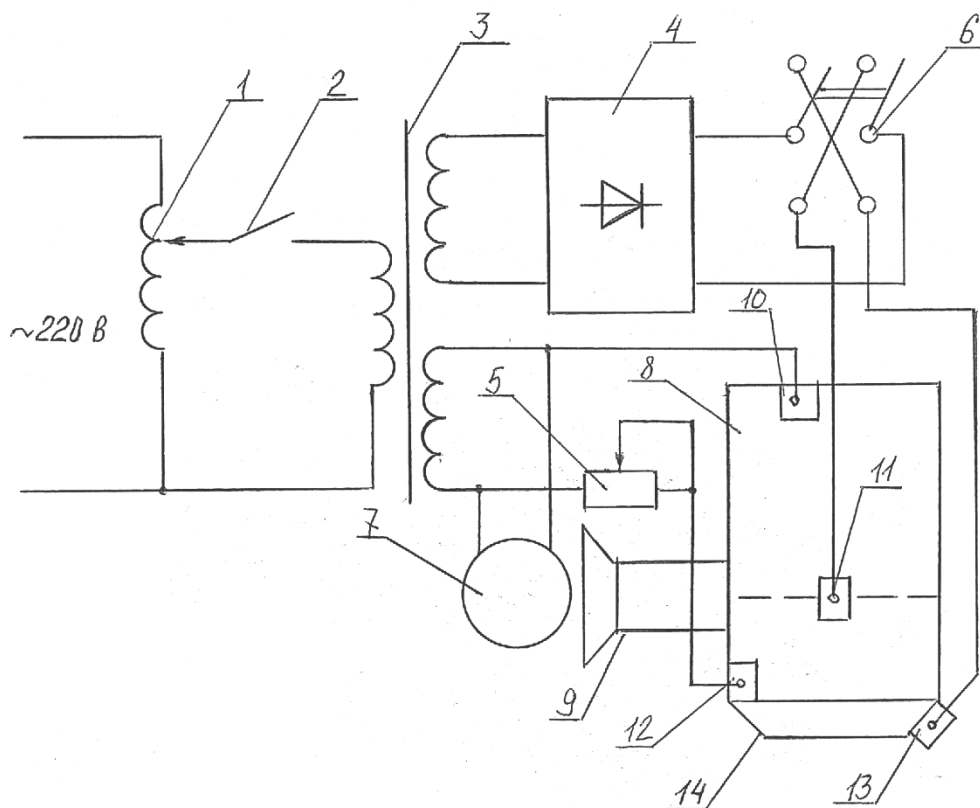


Рис. 1. Пристрій для поливу ґрунту електрично зарядженою водою:
 1-автотрансформатор; 2-тумблер; 3-трансформатор; 4-випрямляч;
 5- змінний опір; 6-перемикач; 7- електровентильатор;
 8-водопостачальна трубка; 9-повітряпостачальна трубка;
 10, 11, 12, 13-електроди; 14-наконечник

Трубка має звужений отвір на кінці та боковий отвір для входу повітря. Потік повітря створюється за допомогою електроventильатора, що живиться від трансформатора. Додатковий електрод зроблений із металеві сітки, що перекриває поперечний переріз трубки.

Від виходу джерела води в трубку потрапляє вода під тиском і витікає струмом або краплями через наконечник.

Коли замкнений тумблер, між електродами через воду у трубці тече струм, що надає воді корисні для рослин властивості. На виході випрямляча створюється напруга 5-10 кВ. В положенні А перемикача на наконечник подається негативний потенціал (при цьому краплини води набувають негативний заряд), а на електрод 11 позитивний потенціал. Одночасно з'являються негативно заряджені іони газів, які створюються при виході із краплин води розчинених в них бульбашок газу (повітря).

Вода, що знаходиться під тиском, виходячи із наконечника, втрачає тиск, із краплин виходять розчинені в воді бульбашки повітря. В положенні Б перемикача поливна вода на наконечнику заряджається позитивно. Краплини води набувають позитивний заряд і з них з'являються позитивно заряджені іони газів.

При русі аероіонів їх кількість, що приходиться на одиницю поверхні поливу, буде тим більше, чим вище швидкість руху і більший об'ємний вміст.

Якщо в об'ємі повітря міститься n_0 аероіонів, то при середній швидкості їх руху v в зону поливу ґрунту в одиницю часу буде потрапляти N аероіонів (без урахування рекомбінації):

$$N = b_1 \cdot n_0 \cdot v, \quad (1)$$

де b_1 – коефіцієнт пропорційності (визначається експериментально).

Отже,

$$n_0 = \frac{N}{b_1 \cdot v} \quad (2)$$

Середня швидкість поступального руху аероіонів, а також їх кількість в основному залежить від градієнту електричного поля:

$$v = Kq \frac{U}{d}, \quad (3)$$

де v – середня швидкість поступального руху аероіонів, м/с;

K – рухливість аероіонів ($K=1,83 \cdot 10^{-4}$ м/с·м/В);

U – напруга, В;
 d – відстань між установкою та поверхнею поливу, м;
 q – коефіцієнт, що зв'язує показники v та (визначається експериментально).

Заряд q , опір R ділянки зі створення заряду та падіння напруги на ділянці пристрою можна визначити за формулами:

$$q = N_a v z e; \quad (4)$$

$$R = \rho \frac{l}{S}; \quad (5)$$

$$U = IR; \quad (6)$$

де N_a – число Авогадро;
 z – валентність молекул газу;
 e – заряд аерофона, Кл;
 ρ – питомий опір середовища ділянки пристрою, Ом·мм²/м;
 l – довжина ділянки між електродами, м;
 S – переріз ділянки між електродами, мм².

З урахуванням формул (4-6) формула для визначення середньої швидкості аероіонів приймає вигляд:

$$v = Kq \frac{v N_a e z \rho l}{t d S} \quad (7)$$

За формулою (7) можна визначити середню швидкість поступального руху аероіонів в будь-яку мить часу t .

В таблиці 1 дані швидкості негативних легких аероіонів кисню, розрахованих за формулою (7).

З таблиці можна зробити висновок, що із збільшенням відстані між джерелом зарядженої води і поверхнею ґрунту швидкість аероіонів зменшується. Тому потрібно визначити оптимальну висоту пристрою над поверхнею ґрунту, щоб забезпечити потрібну кількість аероіонів.

Для забезпечення оптимальної експлуатації обладнання необхідно визначити споживаний даною установкою струм, щоб розрахувати переріз з'єднувальних проводів, номінальні параметри апаратури управління та захисту, потужність окремих вузлів установки.

Таблиця 1 – Швидкості негативних аероіонів при різних відстанях від поверхні ґрунту до пристрою

Напруга на зарядному пристрою, кВ	Швидкість негативних аеронів (м/с) при відстані (м) від ґрунту до пристрою зарядження води			
	0,6	0,8	1,0	1,2
1	0,32	0,25	0,20	0,16
2	0,64	0,50	0,40	0,32
3	0,96	0,75	0,60	0,48
4	1,28	1,00	0,80	0,64
5	1,60	1,25	1,00	0,80
6	1,92	1,50	1,20	0,96
7	2,24	1,75	1,40	1,12
8	2,56	2,00	1,60	1,28
9	2,88	2,25	1,80	1,44
10	3,20	2,50	2,00	1,60

Струм, який споживається установкою, можна розрахувати за формулою:

$$I = \frac{U_H - U}{R}, \quad (8)$$

де U_H – напруга високовольтної випрямляючої системи, В;
 U – напруга, що подається на аероіонізатор, В;
 R – опір ділянки приладу між електродами, Ом.

При тривалій роботі пристрою температура аероіонів буде збільшуватись, тому:

$$R = R_o(1 + \alpha\Delta t), \quad (9)$$

де R – опір при температурі t ;
 R_o – опір при температурі навколишнього середовища, Ом;
 α – температурний коефіцієнт опору;
 Δt – зміна температури середовища між електродами, °С.

З урахуванням формули (9) формула (8) приймає вигляд:

$$I = \frac{U_H - U}{R_o(1 + \alpha\Delta t)}, \quad (10)$$

Висновки: Заряди краплин води стимулюють фотосинтез та дихання рослин, що сприяють їх росту і розвитку. В прикладі закладена можливість збільшення заряду краплин, як за рахунок зменшення відстані між електродами, так і за рахунок збільшення напруги живлення.

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. Шульгіної. – 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. – 324с.;
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.Г.* Эффективная электрификация защищенного грунта / Л.Г. Прищеп. – М.: Колос, 1980, - 288с.

СПОСОБ ПОЛИВА РАСТЕНИЙ В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ ЗАРЯЖЕННОЙ ВОДОЙ

Стёпин Ю.А.

Аннотация

В работе рассмотрены вопросы улучшения полива растений за счет обработки воды электрично заряженным током.

THE WAY OF PLANT IRRIGATION BY THE CHARGER WATER IN THE CLOSED LAND

Y. Steopin

Summary

The given paper deals with the improvement of plant irrigation due to the processing of water by the electric current.

УДК 621.37:631.95

ПЕРСПЕКТИВНІ ШЛЯХИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ФЕРМЕНТАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ У БІОГАЗОВИХ УСТАНОВКАХ

Рижков А.О., к.т.н.,

Сидоренко А.О., студент

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-32-63

Анотація – в роботі розглянута можливість підвищення метаболічної активності мікроорганізмів і таким чином прискорення процесу бродіння шляхом стимуляція біомаси у процесі ферментації за допомогою слабких комбінованих електромагнітних полів.

Ключові слова – біогаз, мікроорганізми, анаеробна ферментація, стимуляція, слабкі комбіновані електромагнітні поля.

Постановка проблеми. Анаеробне зброджування органічних відходів і побічних продуктів сільського господарства і харчової промисловості є процес, відомий протягом багатьох років і широко використовується для утилізації відходів, контролю забруднення, покращення якості добрив і виробництва біогазу. Анаеробна ферментація створює широкий спектр позитивних впливів на навколишнє середовище, оскільки знижує викиди парникових газів, покращує управління гноєм і органічними відходами і знижує попит на мінеральні добрива.

Аналіз останніх досліджень. Біогаз – це газ, що приблизно на 65% складається з метану (CH_4) і на 35% – з вуглекислого газу (CO_2). Він є природнім продуктом розпаду органічних субстанції тваринного або рослинного походження під впливом анаеробних (таких, що живуть у безкисневому середовищі) бактерій. В установці для виробництва біогазу субстрат, що містить органічні матеріали, розтирається й завантажується у великі ємності, що герметично закриваються, які називаються біореакторами. У біореакторах субстрат нагрівається до температури оптимальної для виробництва біогазу, який у процесі ферментації виділяється із субстрату й збирається у відповідні ємності. Звідти біогаз надходить в електрогенератор, де він переробляється в електроенергію й тепло.

Цілий ряд повномасштабних анаеробних реакторів для виробництва біогазу були розроблені та встановлені в Європі протягом останніх 20 років. Вони призначені в основному для комплексного зброджування гною з меншою часткою інших відходів як додаткового субстрату.

Анаеробне зброджування – це багатоступінчастий процес, в якому різні групи мікроорганізмів розкладають органічні речовини в послідовному порядку в результаті синергетичної дії. Інтенсивну експлуатацію анаеробних реакторів, таким чином, забезпечують на основі ретельного контролю факторів, що гарантують нормальну життєдіяльність мікроорганізмів: температури 30°C – 35°C для мезофільних бактерій і температури в діапазоні від 50°C до 60°C для термофільних бактерій, значення Ph субстрату, що ферментує, у діапазоні від 6 до 8.

Ще одним важливим фактором інтенсифікації анаеробного зброджування є вибір правильної конфігурації реактора. Враховуючи низьку швидкості біосинтезу метаногенів в анаеробних системах необхідно особливу увагу приділяти реактору.

Дезінтеграція може різко активізувати процес на етапі гідролізу. Це означає, що розпад органічних клітин дає продукти, які будуть бродити легше. Ступінь розпаду залежить від особливостей субстрату, застосування енергії, а також техніки. Рекомендується застосовувати дезінтеграцію для прискорення відносно повільних біохімічних процесів біологічного розкладання. Тільки 3 - 4 дні (замість 20 днів), іноді може бути достатньо, щоб отримати максимальну сахаризацію. Наступні технології можуть бути використані з метою дезінтеграції: механічні процеси (гомогенізатор високого тиску, мішалки, кульовий млин, центрифуги), акустичні процеси (ультразвукова кавітація, звукохімічні реакції), хімічні процесів (кислотна обробка, окислення озоном, солі), теплові процеси (піроліз, термічне руйнування клітини, заморожування і відтавання, змінний тиск).

Для оптимізації процесу розкладання біомаси мікроорганізми потребують енергію, яку вони отримують від переробки полісахаридів, ліпідів і жирів. Ці речовини мікроорганізми можуть отримати тільки після ферментативного поділу більш складних матеріалів – полімерів (целюлоза, крохмаль). Тим не менше, число природних ферментів не завжди є достатнім для досягнення оптимального харчування мікроорганізмів. З додаванням цих біологічних каталізаторів – ферментів, організми постійно отримувати достатньо поживних речовин у вигляді моно- і олігосахариди. Як наслідок, швидкість їх розмноження та біологічної активності збільшується, що приводить до істотного збільшення продуктивності на вихід біогазу та стабільність біологічних процесів в біогазових установок.

Якщо відбувається збій в анаеробної системи через відсутність належного контролю факторів навколишнього середовища або вимивання мікрофлори з реактора, відновлення системи до нормального робочого стану може зайняти кілька місяців через украй повільний темп зростання метаногенів.

Формулювання цілей статті. Розглянути можливість підвищення метаболічної активності мікроорганізмів і таким чином прискорення процесу бродіння шляхом стимуляція біомаси у процесі ферментації за допомогою слабких комбінованих електромагнітних полів.

Основна частина. Відомо, що стимулюючою дією на біологічні об'єкти, у тому числі й мікроорганізми, мають слабкі електромагнітні поля. Низькочастотне електромагнітне поле, яке порівняно з величиною геомагнітного поля Землі зі спеціально підбраною частотою й амплітудою, впливає на стан молекулярних структур у клітках мікроорганізмів, що приводить до інтенсифікації біохімічних реакцій.

Слабкі комбіновані електромагнітні поля, які містять колінеарно направлені постійну і змінну компоненти можуть мати значний вплив на метаболічні та функціональні властивості біологічних систем. Біоефекти такого магнітного поля обумовлені їх впливом на швидкість деяких Ca^{2+} -залежних біохімічних реакцій, які грають ключову роль в регуляції обміну речовин у живих клітинах. Головними мішенями магнітних полів у біологічних системах є іони Ca^{2+} , Mg^{2+} і K^+ , в Ca^{2+} , що зв'язані в ферментах. Максимальний біологічний ефект від дії слабких комбінованих електромагнітних полів досягається при дотриманні наступних умов: частота змінної складової поля повинна відповідати резонансній частоті іонів, відношення величини магнітної індукції змінної складової до магнітної індукції постійної складової магнітного поля повинна дорівнювати 1,84.

Установка для обробки мікроорганізмів низькочастотним електромагнітним полем складається із двох пар коаксіальних котушок Гельмгольца, орієнтованих уздовж вектора магнітного поля Землі. До першої пари котушок надходить постійний струм, щоб одержати постійну складову магнітного поля необхідної величини. Друга пара котушок живиться від генератора синусоїдальних сигналів низької частоти в діапазоні від 1 до 100 Гц.

Висновки. Дослідження спрямовані на вивчення широкого спектру біологічних ефектів, які чинить комбіноване електромагнітне поле на консорціум мікроорганізмів, що беруть участь у анаеробному зброджуванні, а також розвиток прикладних технологій електромагнітної стимуляції виробництва біогазу. Попередні досліди зі зразками бражки, що піддавалась впливу комбінованого електромагнітного поле, створюваного парою котушок Гельмгольца, на фоні постійного геомагнітного поля показали, що можливий рівень стимуляції може досягати 30%.

Запропонована технологія може також бути поширена на інтенсифікацію інших біологічних процесів конверсії біомаси, таких, як ферментація для виробництва біоетанолу, а також зростання водоростей для виробництва біопалива.

Література

1. *Binhi V. N.* Magnetobiology: Underlying Physical Problems / V. N. Binhi. – Academic Press, 2002. – 473 p.

2. *Deublein D.* Biogas from Waste and Renewable Resources / D. Deublein, A. Steinhauser. – Wiley-VCH, 2008. – 444 p.

3. *Gerardi M. H.* The Microbiology of Anaerobic Digesters / M. H. Gerardi. – Wiley-Interscience, 2003. – 177 p.

4. *Khanal S. K.* Anaerobic Biotechnology for Bioenergy Production: Principles and Applications / S. K. Khanal. – John Wiley- Blackwell, 2008. – 301 p.

5. *Mae-Wan H.* Bioelectrodynamics and Biocommunication / H. Mae-Wan, F.-A. Popp, U. Warnke. – World Scientific Publishing Company, 1994. – 436 p.

6. *Pazur A.* Characterisation of weak magnetic field effects in an aqueous glutamic acid solution by nonlinear dielectric spectroscopy and voltammetry / A. Pazur // BioMagnetic Research and Technology, 2004 . – №2 – 8 p.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПУТИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ФЕРМЕНТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В БИОГАЗОВИХ УСТАНОВКАХ

Рыжков А.А., Сидоренко А.А.

Аннотация

В работе рассмотрена возможность повышения метаболической активности микроорганизмов и таким образом ускорения процесса брожения путем стимуляция биомассы в процессе ферментации с помощью слабых комбинированных электромагнитных полей.

PROMISING WAYS TO INTENSIFY FERMENTATION PROCESSES IN BIOGAS PLANTS

A. Ryzhkov, A. Sidorenko

Summary

In this work the possibility of increasing the metabolic activity of microorganisms and thus accelerate the fermentation process through stimulation of biomass during digestion with weak combined electromagnetic fields.

УДК 621.4:519.673

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДИЗЕЛЯ Д-245 НА НОМИНАЛЬНОМ РЕЖИМЕ

Журавель Д.П., к.т.н.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619) 44-02-74

Мурай С.В., к.т.н.

Мелитопольский государственный педагогический университет

им. Б. Хмельницкого

Тел. (06192) 6-91-90

Аннотация – с помощью программного комплекса ДИЗЕЛЬ-РК рассчитаны параметры рабочего процесса и определены экологические показатели дизеля Д-245 на номинальном режиме.

Ключевые слова – двигатель внутреннего сгорания, рабочий процесс, математическая модель, номинальный режим, экологические показатели.

Постановка проблемы. Двигатели внутреннего сгорания являются основным источником энергии в сельскохозяйственной технике. В связи с тем, что Украина не имеет запасов нефти, которые могли бы обеспечить необходимые потребности в топливах для двигателей, актуальной задачей является применение альтернативных топлив, в том числе биотоплив, полученных из растительных масел. Применение современных компьютерных программ позволяет производить расчеты рабочего процесса деталей двигателей на различных видах топлив и существенно сократить время и расходы на создание новых и модернизацию существующих двигателей для использования различных видов топлив.

Анализ последних исследований. В МГТУ им. Баумана доц. к.т.н. Кулешов А.С. разработал программный комплекс ДИЗЕЛЬ-РК, который позволяет проводить расчетные исследования рабочего процесса практически любых двигателей внутреннего сгорания на различных видах топлив, включая биотоплива [1,2]. Накоплен большой опыт использования альтернативных топлив, в том числе биотоплив, в двигателях внутреннего сгорания [3,4].

Формулировка цели. Рассчитать параметры рабочего процесса и определить экологические показатели дизеля Д-245 на номинальном режиме при использовании дизельного топлива и биотоплив.

Основная часть. В связи с неизбежным истощением нефтяных месторождений одним из перспективных направлений является использование биотоплив для двигателей внутреннего сгорания. Биотоплива на основе животных или растительных жиров, а также продуктов этерификации называют биодизелем.

Сырьем для производства биодизеля являются жирные, реже – эфирные масла различных растений и водорослей. В Европе (в том числе в Украине и России) сырьем чаще всего является рапс, в США – соя, в Канаде – канола, в Индонезии, Филиппинах – пальмовое масло, кокосовое масло, в Индии – ятрофа, в Африке – соя, в Бразилии – касторовое масло.

Применяется биодизель в чистом виде или в смеси с дизельным топливом. В США смесь дизельного топлива с биодизелем обозначается буквой В. Например В100 – на 100% состоит из биодизеля, В20 – содержит 20% биодизеля и 80 % дизельного топлива.

Отмечаются следующие преимущества биодизеля:

- Хорошие смазочные характеристики. Минеральное дизтопливо при удалении из него сернистых соединений теряет свои смазочные способности. Биодизель, несмотря на значительно меньшее содержание серы, характеризуется хорошими смазочными свойствами, что продлевает срок жизни двигателя. Это вызвано его химическим составом и содержанием в нём кислорода. Например, грузовик из Германии попал в Книгу рекордов Гиннеса, проехав более 1,25 миллиона километров на биодизельном топливе со своим оригинальным двигателем.
- Более высокое Цетановое число
 - а) для минерального дизтоплива 42-45,
 - б) для биодизеля (метиловый эфир) не менее 51.
- Увеличение срока службы двигателя. При работе двигателя на биодизеле одновременно производится смазка его подвижных частей, в результате которой, как показывают испытания, достигается увеличение срока службы самого двигателя и топливного насоса в среднем на 60%. Важно отметить, что нет необходимости модернизировать двигатель.
- Высокая температура воспламенения. Точка воспламенения для биодизеля превышает 150°C, что делает его сравнительно безопасным веществом.
- Побочный продукт производства - глицерин, имеющий широкое применение в промышленности. Очищенный глицерин используют для производства технических моющих средств (например, мыла). После глубокой очистки получают фармакологический глицерин, тонна которого на рынке стоит порядка 1 тыс. евро. При добавлении фосфорной кислоты к глицерину можно получить фосфорные удобрения.

Недостатки биодизеля:

- В холодное время года необходимо подогревать топливо, идущее из топливного бака в топливный насос, или применять смеси 20 % биодизеля и 80 % солянки марки В20.

– Долго не хранится (около 3 месяцев).

Программа ДИЗЕЛЬ-РК предназначена для расчета и оптимизации двигателей внутреннего сгорания.

Программа позволяет проводить анализ и исследования следующих типов ДВС:

- Дизельных.
- Бензиновых искровых: - карбюраторных, - с впрыском бензина.
- Газовых искровых: - обычных, - форкамерных.
- Двухтактных и четырехтактных.

В работе [5] показаны результаты расчета параметров рабочего процесса бензинового двигателя MeM3 2471 на номинальном режиме с помощью программного комплекса ДИЗЕЛЬ-РК.

Программа ДИЗЕЛЬ-РК принадлежит к классу термодинамических программ, т.е цилиндры двигателя в ней рассматриваются как открытые термодинамические системы. В ней использована РК-модель смесеобразования и сгорания в дизеле, которая позволяет рассчитывать скорость тепловыделения с учетом :

- формы камеры сгорания (рис. 1);
- интенсивности вихря;
- количества, диаметра и направления сопловых отверстий (рис. 2);
- формы характеристики впрыска, включая многофазный впрыск (рис. 3);
- взаимодействие струй между собой.

РК-модель позволяет оптимизировать форму камеры сгорания и конструкцию топливной аппаратуры.

Встроенная программа визуализации "*Fuel Spray Visualization*" позволяет в наглядной форме анализировать подвижную картину взаимодействия топливных струй со стенками камеры сгорания, воздушным вихрем и между собой (рис.4).

Проведены расчеты рабочего процесса дизеля Д-245 на номинальном режиме на при частоте вращения коленчатого вала дизеля $n = 2400$ об/мин с использованием дизельного топлива и с использованием биотоплив SME B100, SME B40 и SME B20, содержащих соответственно 100%, 40% и 20% биодизеля.

Анализ рассчитанных параметров рабочего процесса (табл. 1) показывает, что при одинаковой цикловой подаче для всех топлив и равной 0,072 г увеличение доли биодизеля в биотопливе приводит к уменьшению мощности N_e с 84,54 до 69,60 (кВт), увеличению удельного эффективного расхода топлива g_e с 245,3 до 298,0 (г/(кВт*ч)), уменьшению среднего эффективного давления P_e с 8,90 до 7,32 (бар) и уменьшению эффективного КПД η_e с 0,345 до 0,334.

Очевидно, что уменьшение мощности связано с меньшим содержанием в биотопливах углерода С и водорода.

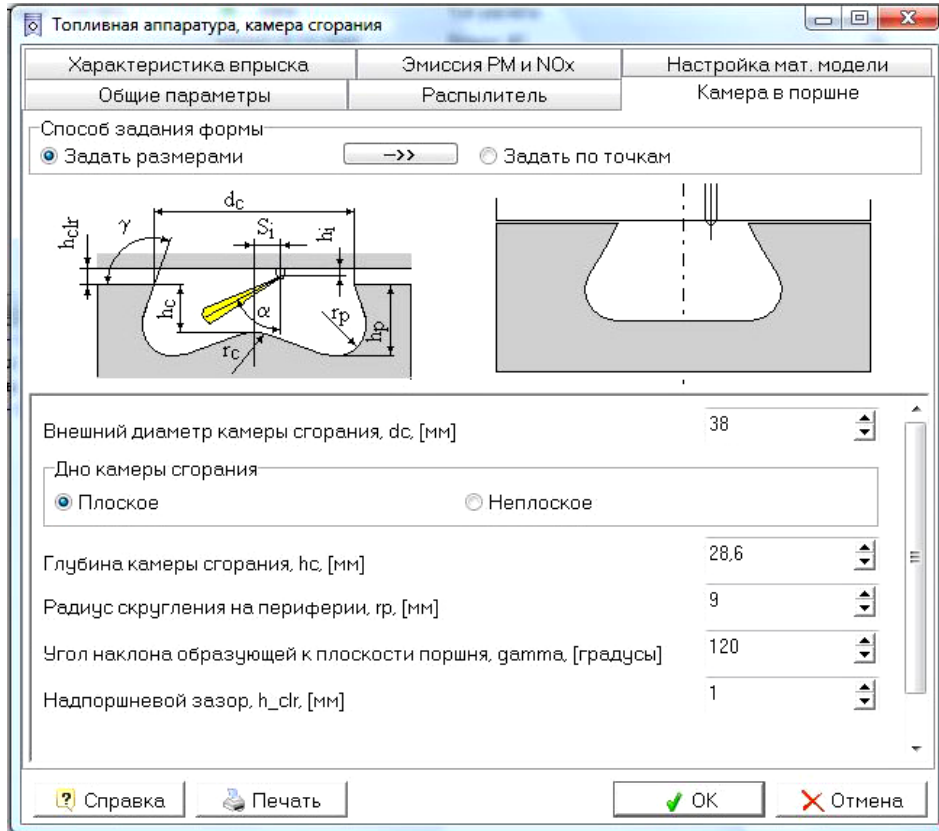


Рис. 1. Размеры камеры в поршне

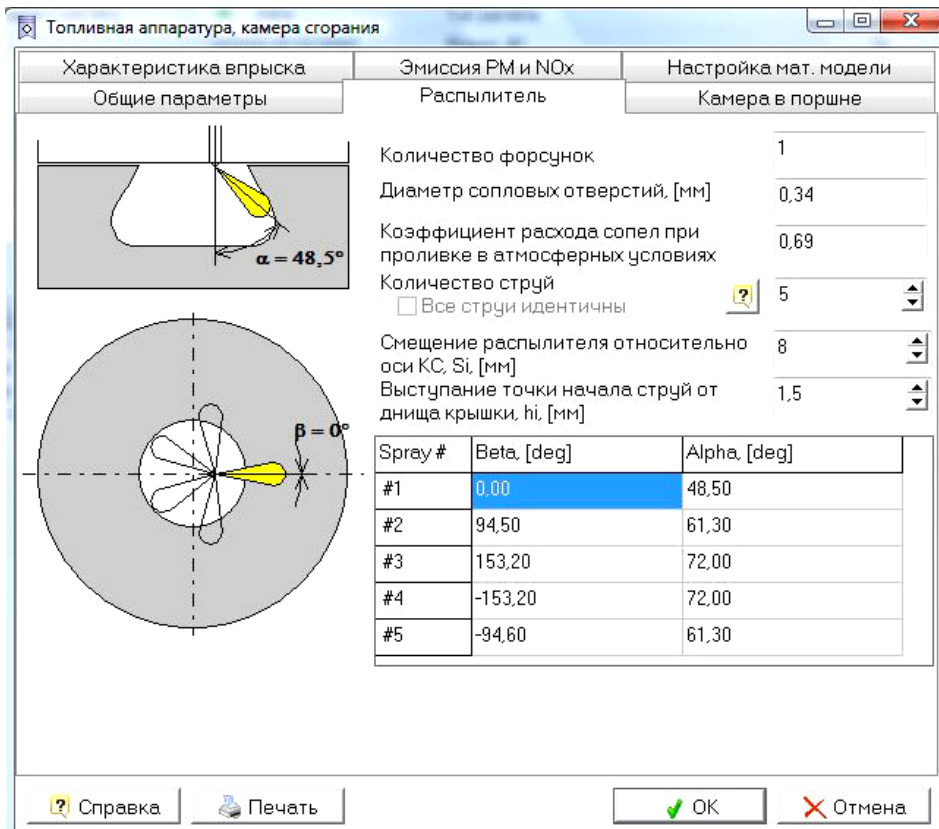


Рис. 2. Параметры распылителя

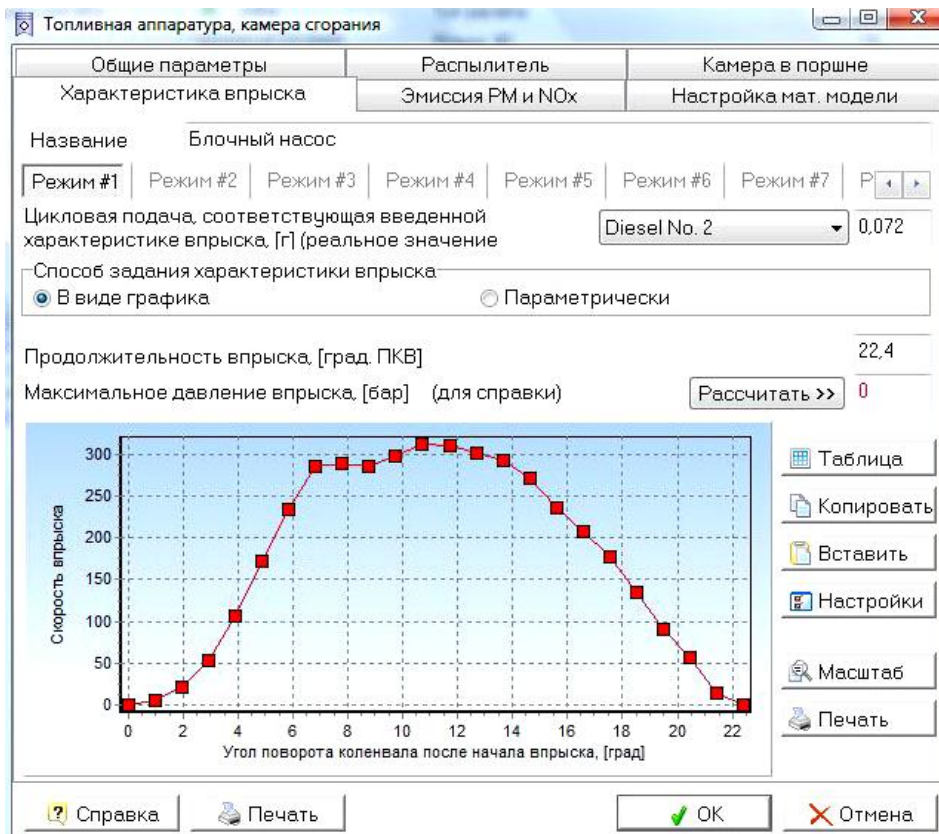


Рис. 3. Характеристика впрыска

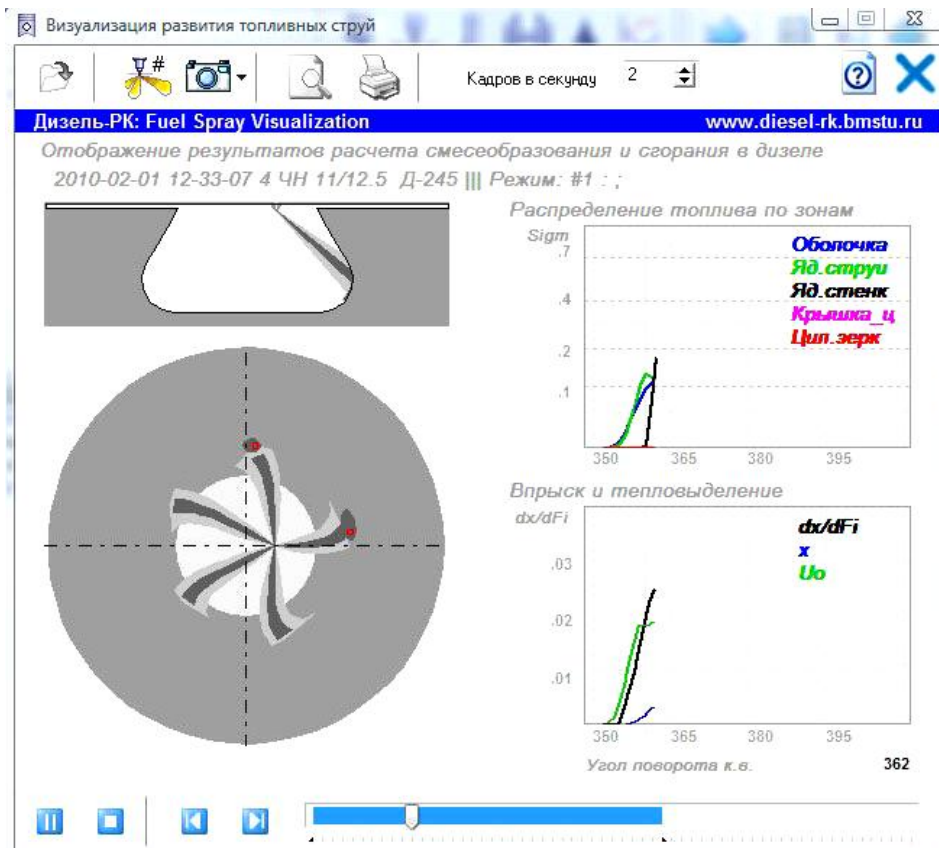


Рис. 4. Визуализация расчетов смесеобразования и сгорания

Таблиця 1 – Параметри робочого процесу

Топливо	H	C	O	N _e	g _e	P _e	η _e
Diesel No.2	0,87	0,126	0,004	84,54	245,3	8,90	0,345
SME B100	0,773	0,118	0,108	69,60	298,0	7,32	0,334
SME B40	0,829	0,123	0,047	78,42	264,4	8,25	0,341
SME B20	0,849	0,124	0,025	80,45	257,8	8,47	0,339

Екологічні показники показані в таблиці 2. Збільшення вмісту біодизеля в біотопливі призводить до зниження димності, зменшення викидів твердих частинок, збільшення викидів CO₂, NO_x, при цьому комплекс сумарної емісії NO_x і твердих частинок для дизтоплива дорівнює 1,133 і відповідно зменшується з збільшенням частки біодизеля до 0,96 для палива SME B100.

Таблиця 2 – Екологічні показники

Топливо	Hartridge	Bosh	K	PM	CO ₂	NO _x	NO	SE	SO ₂
Diesel No.2	9,49	1,036	0,233	0,2557	790,37	252,70	1,964	1,133	0
SME B100	2,91	0,319	0,069	0,0714	853,06	533,42	5,048	0,960	0,0298
SME B40	4,89	0,536	0,117	0,1202	812,57	367,47	3,082	0,841	0,0110
SME B20	8,75	0,958	0,214	0,2423	811,05	280,80	2,291	1,135	0,0054

Hartridge – емісія диму за шкалою Хартриджа

Bosh – емісія диму за шкалою Бош

K, – коефіц. абсол. світлопоглинання ОГ за ЕЭК, [1/m]

PM – емісія твердих частинок [(г/кВт*ч)]

CO₂ – емісія діоксидів вуглеводорода [(г/кВт*ч)]

NO_x – концентрація вологих NO_x [(1/млн, (ppm)]

NO – емісія NO_x [г/(кВт*ч)] (Zeldovich)

SE – комплекс сумарної емісії NO_x і PM

SO₂ – емісія SO₂ [г/кВт*ч]

Порівняння наведених вище розрахункових даних з результатами випробувань дизеля Д-245 [3,4] показує узгодження розрахункових і експериментальних даних.

Висновки. З допомогою програмного комплексу ДИЗЕЛЬ-ПК проведено розрахунки робочого процесу і визначено екологічні показники дизеля Д-245. Отримані результати можуть бути використані в подальших дослідженнях за застосування біотоплив для двигунів, застосовуваних для сільськогосподарської техніки.

Програма може бути використана в навчальному процесі для вивчення методів математичного моделювання при підготовці

специалистов по специальности поршневые двигатели внутреннего сгорания, причем расчеты могут производиться через Интернет.

Литература

1. *Кулешов А.С.* Многозонная модель для расчета сгорания в дизеле. Расчет распределения топлива в струе: – Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана / *А.С. Кулешов.* – Сер. «Машиностроение». 2007. – С.18-31.
2. *Кулешов А.С.* Многозонная модель для расчета сгорания в дизеле. 2. Расчет скорости тепловыделения при многократном впрыске: Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана / *А.С. Кулешов.* – Сер.«Машиностроение», 2007. С.32-45.
3. *Гайворонский А.И.* Использование природного газа и других альтернативных топлив в дизельных двигателях / *А.И.Гайворонский, В.А.Марков, Ю.В.Илатовский.* – М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2007. – 480 с.
4. *Девянин С.Н.* Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей / *С.Н. Девянин, В.А. Марков, В.Г. Семенов.* - Харьков. : «Новое слово», 2007. – 451 с.
5. *Мурай С.В.* Расчет параметров рабочего процесса двигателя МемЗ 2471 га номинальном режиме с помощью программного комплекса ДИЗЕЛЬ-РК/ *С.В.Мурай, Л.П.Данилевич, А.И.Квашневский, О.И.Олешко* // Праці / Таврійський державний агротехнологічний університет – Вип. 9.Т2. – Мелітополь: ТДАТУ, 2009. – С.96-104.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ Й ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ДИЗЕЛЯ Д-245 НА НОМІНАЛЬНОМУ РЕЖИМІ

Журавель Д.П., Мурай С.В.

Анотація

За допомогою програмного комплексу ДИЗЕЛЬ-РК розраховані параметри робочого процесу й визначені екологічні показники дизеля Д-245 на номінальному режимі.

MATHEMATICAL MODELING OF THE PROCESS AND DETERMINATION OF ENVIRONMENTAL INDICATORS DIESEL D-245 AT THE NOMINAL REGIME

D. Juravel, S. Muray

Summary

Through software DIESEL-RK calculated parameters of the working process and identified the environmental performance of diesel D-245 at the nominal mode.

УДК 631.363

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ «ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ-РАБОЧАЯ МАШИНА» НА ТЕПЛОВЫЕ ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ПУСКЕ ДВИГАТЕЛЯ

Овчаров С.В., к.т.н.,

Стойчев Д.В., аспирант*

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619) 42-32-63

Аннотация – работа посвящена проведению анализа влияния параметров системы «электродвигатель - рабочая машина» на тепловые переходные процессы при пуске электродвигателя.

Ключевые слова – пуск электродвигателя, переходный процесс, электромеханическая постоянная времени, система «электродвигатель - рабочая машина».

Постановка проблемы. В условиях соизмеримой мощности самым неблагоприятным режимом работы асинхронного электродвигателя является пусковой, сопровождающийся затяжным пуском и, как следствие, повышенными температурными режимами.

Эти условия характеризуются, прежде всего, значительным понижением напряжения при пуске, что может привести к затяжным или несостоявшимся пускам. Поэтому исследование электромеханических и тепловых процессов при пуске асинхронных двигателей привода рабочих машин основных классов при пониженном напряжении представляет как теоретический, так и практический интерес.

Анализ последних достижений. Влиянию параметров системы «электродвигатель - рабочая машина» на переходные процессы уделено ещё недостаточное внимание [1,2,3].

Формулировка целей статьи. Поэтому в задачу проведения анализа входит нахождение зависимостей параметров переходного процесса от параметров системы «электродвигатель - рабочая машина» при пуске электродвигателя.

Основная часть. Исследуем зависимость электромеханической постоянной времени системы «электродвигатель - рабочая машина» T , времени пуска электродвигателя t , скольжения электродвигателя s ,

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

© к.т.н. Овчаров С.В., аспирант Стойчев Д.В.

действующего значения силы пускового электрического тока I_{Π} , импульса квадрата действующего значения пускового электрического тока Π , максимального превышения температуры обмотки при пуске τ_m , скорости нарастания температуры обмотки $d\tau/dt$ в функции момента инерции системы I , технических данных электродвигателя: $M_H, \omega_M, \omega_K, \omega_H, M_{\Pi}, M_M, M_K$; технических данных рабочей машины: $\omega_H, M_{с.н}, M_0$; кратности приложенного к электродвигателю напряжения k_U , кратности загрузки рабочей машины k_3 .

Количественный анализ проведем на примере электродвигателя типоразмера 4A100S2Y3 со следующими каталожными данными[4]:

$P_{2H} = 4$ кВт; $\eta_H = 0,865$; $\cos\varphi_H = 0,89$; $R_1' = 1,509$ Ом; $X_1' = 1,537$ Ом; $R_2'' = 1,006$ Ом, $X_2'' = 2,767$ Ом; $R_1 = 1,485$ Ом; $X_1 = 1,513$ Ом, $X_{\mu} = 95$ Ом; $U_H = 220$ В; $s_H = 0,033$; $s_K = 0,28$; $s_M = 0,8$; $m_{\Pi} = 2,0$; $m_M = 1,6$; $m_K = 2,5$.

Выражение электромеханической постоянной времени T_1 на первом участке разгона электродвигателя [5]

$$T_1 = \frac{I\omega_M}{k_U^2 M_H (m_{\Pi} - m_M)}, \quad (1)$$

где I – момент инерции системы «электродвигатель – рабочая машина», кг.м²;

ω_M – минимальная угловая скорость электродвигателя, рад/с;

k_U – кратность подводимого к электродвигателю напряжения;

M_H – номинальный момент электродвигателя, Н.м;

m_{Π} – относительный пусковой момент $\frac{M_{\Pi}}{M_H}$;

m_M – относительный минимальный момент $\frac{M_M}{M_H}$.

Анализ выражения (1) показывает, что она определяется как параметрами двигателя: $M_H, \omega_M, m_{\Pi}, m_M$, так и параметром системы «электродвигатель-рабочая машина» I , а так же кратностью приложенного к двигателю напряжения k_U .

Исследуем количественно зависимости электромеханической постоянной времени T_1 и времени разгона электродвигателя на первом участке в функции параметра системы I/M_H и кратности приложенного напряжения k_U при заданном коэффициенте загрузки рабочей машины k_3 .

Определяем номинальный момент, развиваемый электродвигателем, а также минимальную угловую скорость:

$$M_H = \frac{P_{2H}}{\omega_H}, \quad (2)$$

$$\omega_H = \omega_0(1 - s_H), \quad (3)$$

$$\omega_0 = \frac{2\pi n_0}{60}, \quad (4)$$

$$\omega_M = \omega_0(1 - s_M), \quad (5)$$

где n_0 – синхронная скорость вращения вала электродвигателя, об/мин.

Подставив значения физических величин, находим:

$$\omega_0 = 314 \text{ рад/с}; \quad \omega_H = 304 \text{ рад/с}; \quad \omega_M = 62,8 \text{ рад/с}; \quad M_H = 13,17 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Принимаем значения параметра I/M_H в пределах от 0,05 до 0,5 с^2 значения коэффициента приложенного напряжения k_U в пределах от 1,1 до 0,8, значение коэффициента загрузки рабочей машины k_3 принимаем равным единице. Рассчитываем значения электромеханической постоянной времени T_1 по формуле (1).

Рассчитываем значения времени разгона электродвигателя на первом участке t_1 по формуле [5]:

$$t_1 = T_1 \ln \frac{k_U^2 m_{II} - k_3}{k_U^2 m_M - k_3}, \quad (6)$$

где k_3 – коэффициент загрузки рабочей машины.

Результаты расчетов заносим в таблицу 1 и представляем графически (рис. 1, рис. 2).

Таблица 1 – Результаты расчетов

$\frac{I}{M_H}, \text{с}^2$	0,05	0,1	0,15	0,20	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	k_U	k_3
$T_1, \text{с}$	12,3	24,5	36,8	49,0	61,3	73,6	85,9	98,1	110,4	122,6	0,8	1
$\ln \frac{k_U^2 m_{II} - k_3}{k_U^2 m_M - k_3}$	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	0,8	1
$t_1, \text{с}$	32,4	64,8	97,1	129,5	161,9	194,3	266,7	259,0	291,4	323,8	0,8	1
$T_1, \text{с}$	10,9	21,7	32,6	43,5	54,3	65,2	76,1	86,9	97,8	108,7	0,85	1

Продолжение таблицы 1

$\frac{I}{M_H}, c^2$	0,05	0,1	0,15	0,20	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	K_U	K_3
$\ln \frac{K_U^2 m_{II} - K_3}{K_U^2 m_M - K_3}$	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	0,85	1
t_1, c	11,9	23,7	35,5	47,4	59,2	71,1	82,9	94,7	106,6	118,4	0,85	1
T_1, c	9,7	19,4	29,1	38,8	48,2	58,1	67,8	77,5	87,2	96,9	0,9	1
$\ln \frac{K_U^2 m_{II} - K_3}{K_U^2 m_M - K_3}$	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,9	1
t_1, c	7,1	14,1	21,2	28,3	35,2	42,5	49,5	56,6	63,7	77	0,9	1
T_1, c	8,7	17,4	26,1	34,8	43,5	52,2	60,9	69,6	78,3	80,7	0,95	1
$\ln \frac{K_U^2 m_{II} - K_3}{K_U^2 m_M - K_3}$	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,95	1
t_1, c	5,2	10,4	15,7	20,9	26,1	31,3	36,5	41,8	47	52,2	0,95	1
T_1, c	7,9	15,7	23,6	31,4	39,3	47,8	55	62,8	70,7	78,5	1	1
$\ln \frac{K_U^2 m_{II} - K_3}{K_U^2 m_M - K_3}$	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	1	1
t_1, c	4	8	12	16	20	24,4	28	32	36	40	1	1
T_1, c	7,1	14,2	21,4	28,5	35,6	42,7	49,8	57	64,1	71,2	1,05	1
$\ln \frac{K_U^2 m_{II} - K_3}{K_U^2 m_M - K_3}$	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	1,05	1
t_1, c	3,3	6,6	9,8	13,1	16,4	19,7	22,9	26,2	29,5	32,8	1,05	1
T_1, c	6,5	13	19,5	26	32,5	38,9	45,4	51,9	58,4	64,9	1,1	1
$\ln \frac{K_U^2 m_{II} - K_3}{K_U^2 m_M - K_3}$	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	1,1	1
t_1, c	2,7	5,3	8	10,6	13,3	16	18,8	21,3	23,9	26,6	1,1	1
T_1, c	5,9	11,9	17,8	23,7	29,7	35,6	41,5	47,5	53,4	59,4	1,15	1
$\ln \frac{K_U^2 m_{II} - K_3}{K_U^2 m_M - K_3}$	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	1,15	1
t_1, c	2,3	4,6	6,9	9,3	11,6	13,9	16,2	18,5	20,8	23,1	1,15	1

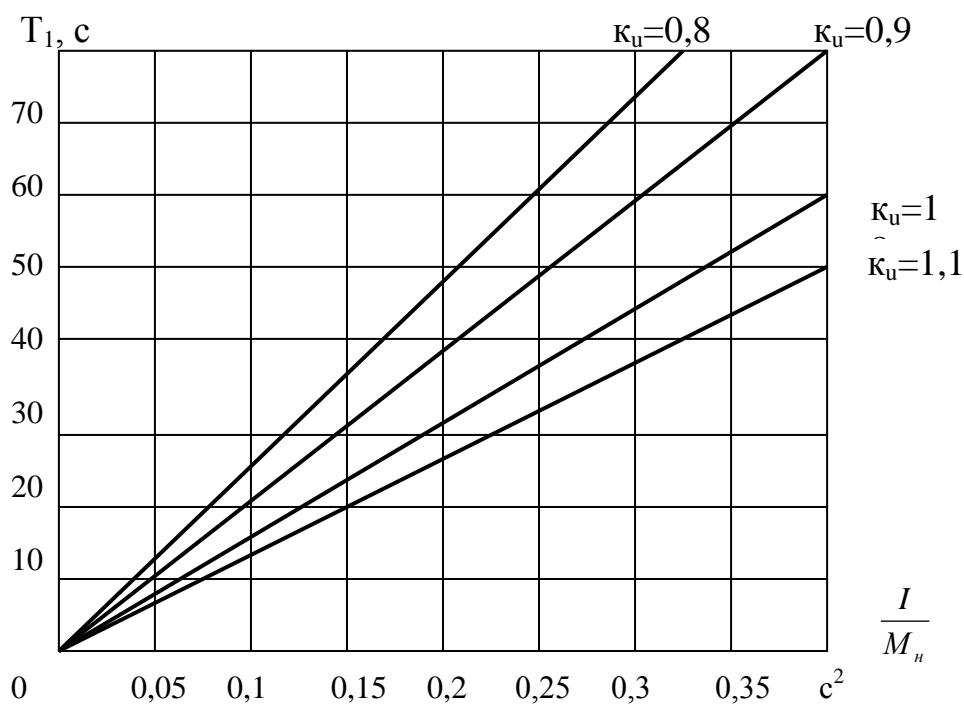


Рис. 1. Зависимость электромеханической постоянной времени T_1 в функции $\frac{I}{M_n}$ при $k_3 = 1$

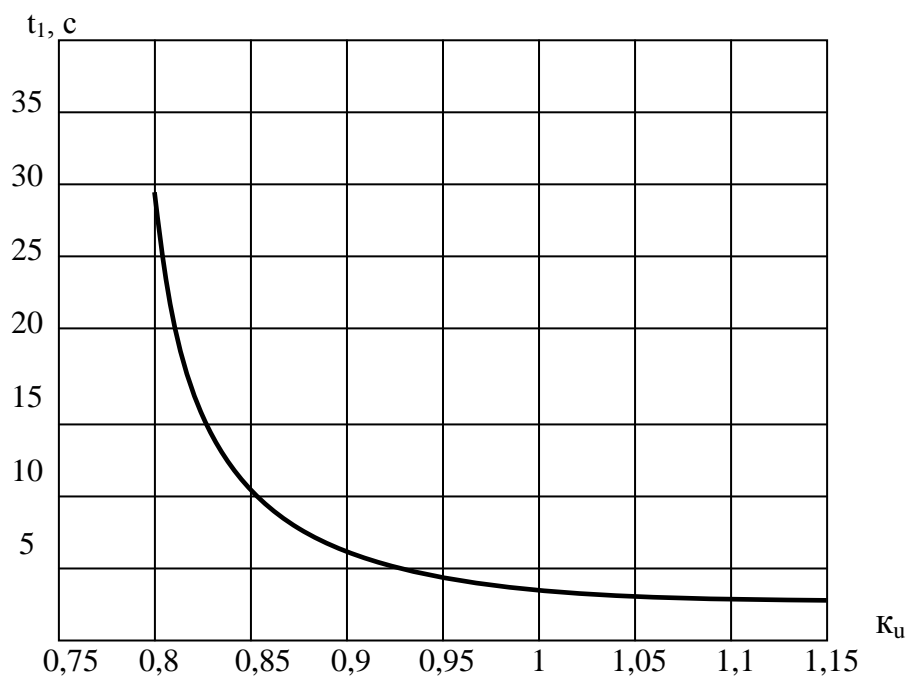


Рис. 2. Зависимость времени разбега электродвигателя на первом участке в функции k_u при $\frac{I}{M_n} = 0,05$ и $k_3 = 1$

Исследуем переходный процесс на втором участке разгона электродвигателя.

Рассчитываем значения электромеханической постоянной времени T_2 по формуле [5]:

$$T_2 = \frac{I(\omega_k - \omega_M)}{\kappa_U^2 M_H (m_k - m_M)}, \quad (7)$$

где ω_k – критическая угловая скорость, рад/с;

m_k – относительный критический момент $\frac{M_k}{M_H}$.

Рассчитываем значения времени разгона электродвигателя на втором участке t_2 по формуле [5]:

$$t_2 = T_2 \ln \frac{\kappa_U^2 m_k - \kappa_3}{\kappa_U^2 m_M - \kappa_3} \quad (8)$$

Принимаем значения параметра I/M_H в пределах от 0,05 до 0,5 с², значения коэффициента приложенного напряжения κ_U в пределах от 1,1 до 0,8, значение коэффициента загрузки рабочей машины κ_3 принимаем равным единице. Результаты расчетов заносим в таблицу 2 и представляем графически (рис. 3, рис. 4).

Таблица 2 – Результаты расчетов

$\frac{I}{M_H}, \text{с}^2$	0,05	0,1	0,15	0,20	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	κ_U	κ_3
$T_2, \text{с}$	14,2	28,4	42,5	56,7	70,1	85,1	99,2	113,4	127,5	141,8	0,8	1
$\ln \frac{\kappa_U^2 m_k - \kappa_3}{\kappa_U^2 m_M - \kappa_3}$	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	0,8	1
$t_2, \text{с}$	45,7	91,3	137	182,6	228,2	273,9	319,5	365,2	410,6	456,4	0,8	1
$T_2, \text{с}$	12,6	25,1	37,7	50,2	62,8	75,3	87,9	100,5	113	125,6	0,85	1
$\ln \frac{\kappa_U^2 m_k - \kappa_3}{\kappa_U^2 m_M - \kappa_3}$	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	0,85	1
$t_2, \text{с}$	20,6	41,2	61,8	82,4	103	123,6	144,2	164,7	185,3	205,9	0,85	1
$T_2, \text{с}$	11,2	22,4	33,6	44,8	56	67,2	78,4	89,6	100,8	112	0,9	1
$\ln \frac{\kappa_U^2 m_k - \kappa_3}{\kappa_U^2 m_M - \kappa_3}$	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	0,9	1
$t_2, \text{с}$	13,9	27,8	41,7	55,6	69,4	83,3	97,2	111,1	125	138,9	0,9	1

Продолжение таблицы 2

$\frac{I}{M_H}, c^2$	0,05	0,1	0,15	0,20	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	κ_u	κ_3
T_2, c	10,1	20,1	30,2	40,2	50,3	60,3	70,4	80,4	90,5	100,5	0,95	1
$\ln \frac{\kappa_U^2 m_k - \kappa_3}{\kappa_U^2 m_M - \kappa_3}$	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	0,95	1
t_2, c	10,5	20,9	31,4	41,8	52,3	62,7	73,2	83,6	94,1	104,5	0,95	1
T_2, c	9,1	18,1	27,2	36,3	45,4	54,4	63,5	72,6	81,7	90,7	1	1
$\ln \frac{\kappa_U^2 m_k - \kappa_3}{\kappa_U^2 m_M - \kappa_3}$	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	1	1
t_2, c	8,4	16,7	25	33,4	41,8	50	58,4	66,8	75,2	83,4	1	1
T_2, c	8,2	16,5	24,7	32,9	41,1	49,4	57,6	65,8	74,1	82,3	1,05	1
$\ln \frac{\kappa_U^2 m_k - \kappa_3}{\kappa_U^2 m_M - \kappa_3}$	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	1,05	1
t_2, c	6,8	13,7	20,5	27,3	34,1	41	47,8	54,6	61,5	68,3	1,05	1
T_2, c	7,5	15	22,5	30	37,5	45	52,5	60	67,5	75	1,1	1
$\ln \frac{\kappa_U^2 m_k - \kappa_3}{\kappa_U^2 m_M - \kappa_3}$	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	1,1	1
t_2, c	5,8	11,6	17,3	23,1	28,9	34,7	40,4	46,2	52	57,8	1,1	1
T_2, c	6,9	13,7	20,6	27,4	34,3	41,2	48	54,9	61,7	68,6	1,15	1
$\ln \frac{\kappa_U^2 m_k - \kappa_3}{\kappa_U^2 m_M - \kappa_3}$	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	1,15	1
t_2, c	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	1,15	1

Исследуем переходный процесс на третьем участке разгона электродвигателя.

Рассчитываем значения электрохимической постоянной времени T_3 по формуле [5]:

$$T_3 = \frac{I(\omega_H - \omega_K)}{\kappa_U^2 M_H (m_K - 1)}. \quad (9)$$

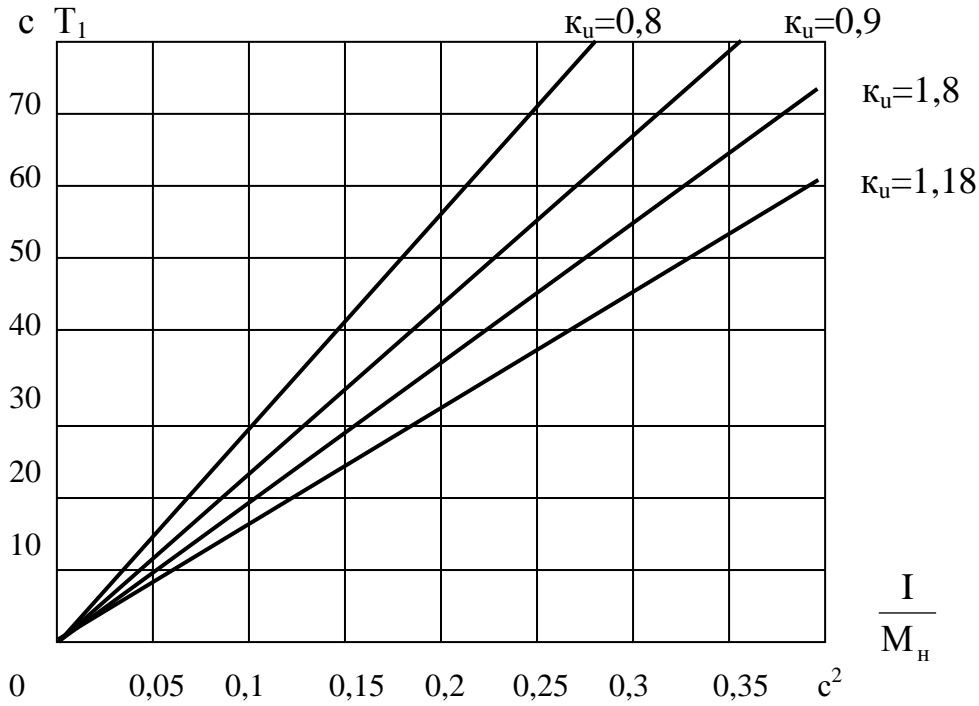


Рис. 3. Зависимость электромеханической постоянной времени T_2 в функции $\frac{I}{M_H}$ при $k_3 = 1$

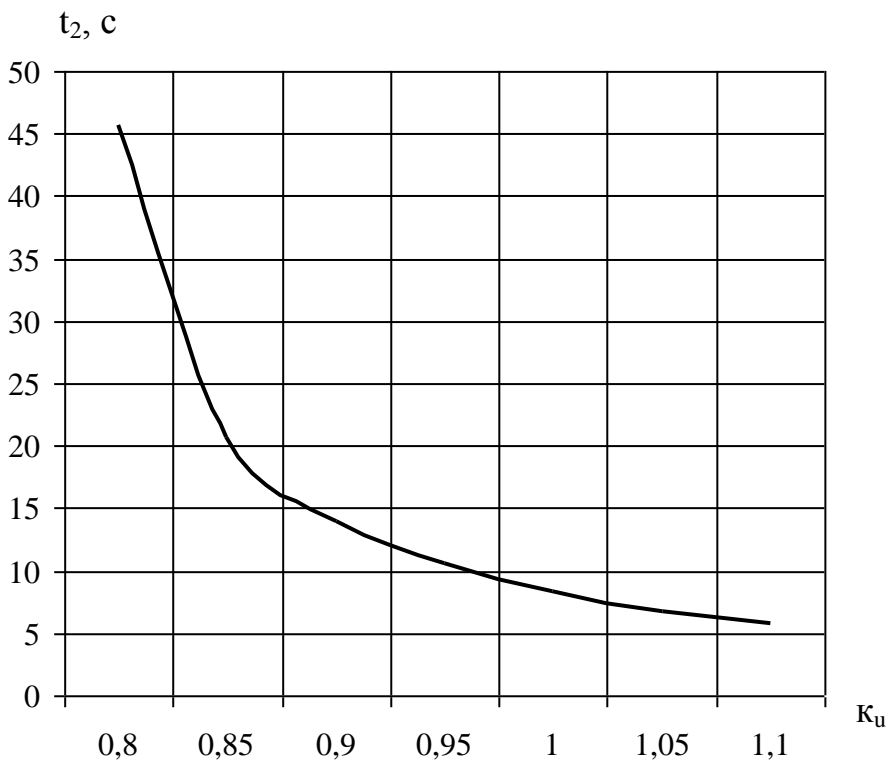


Рис. 4. Зависимость времени разбега электродвигателя на втором участке в функции k_u при $\frac{I}{M_H} = 0,05$ и $k_3 = 1$

Рассчитываем значения времени разгона электродвигателя на третьем участке t_3 по формуле [5]:

$$t_3 = T_3 \ln \frac{1}{1 - \frac{(\kappa\omega_H - \omega_K)(m_K - 1)\kappa_U^2}{(\omega_H - \omega_K)(\kappa_U^2 m_K - \kappa_3)}}. \quad (10)$$

Принимаем значения параметра I/M_H в пределах от 0,05 до 0,5 с², значения коэффициента приложенного напряжения κ_U в пределах от 1,1 до 0,8, значение коэффициента загрузки рабочей машины κ_3 принимаем равным $\kappa_3 = 0,9$. Результаты расчетов заносим в таблицу 3 и представляем графически (рис. 5, рис. 6).

Таблица 3 – Результаты расчетов

$\frac{I}{M_H}, \text{с}^2$	0,05	0,1	0,15	0,20	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	κ_U	κ_3
$T_3, \text{с}$	4,1	8,1	12,2	16,2	20,3	24,3	28,4	32,5	36,5	40,6	0,8	1
$\ln \frac{1}{1 - \frac{(\kappa\omega_H - \omega_K)(m_K - 1)\kappa_U^2}{(\omega_H - \omega_K)(\kappa_U^2 m_K - \kappa_3)}}$	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71	0,8	1
$t_3, \text{с}$	15,2	30,1	45,3	60,1	75,3	90,2	105,4	120,6	135,4	150,6	0,8	1
$T_3, \text{с}$	3,6	7,2	10,8	14,4	18	21,6	25,2	28,8	32,3	35,9	0,85	1
$\ln \frac{1}{1 - \frac{(\kappa\omega_H - \omega_K)(m_K - 1)\kappa_U^2}{(\omega_H - \omega_K)(\kappa_U^2 m_K - \kappa_3)}}$	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	0,85	1
$t_3, \text{с}$	6,2	12,3	18,5	24,6	30,8	36,9	43,6	49,2	55,2	61,4	0,85	1
$T_3, \text{с}$	3,2	6,4	9,6	12,8	16	19,2	22,4	25,6	28,9	32	0,9	1
$\ln \frac{1}{1 - \frac{(\kappa\omega_H - \omega_K)(m_K - 1)\kappa_U^2}{(\omega_H - \omega_K)(\kappa_U^2 m_K - \kappa_3)}}$	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	0,9	1
$t_3, \text{с}$	4,1	8,2	12,3	16,4	20,5	24,6	28,7	32,8	37	41	0,9	1
$T_3, \text{с}$	2,9	5,8	8,6	11,5	14,4	17,3	20,1	23	25,9	28,8	0,95	1
$\ln \frac{1}{1 - \frac{(\kappa\omega_H - \omega_K)(m_K - 1)\kappa_U^2}{(\omega_H - \omega_K)(\kappa_U^2 m_K - \kappa_3)}}$	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	0,95	1
$t_3, \text{с}$	3,1	6,2	9,2	12,3	15,4	18,5	21,5	24,6	27,7	30,8	0,95	1

Продолжение таблицы 3

$\frac{I}{M_H}, c^2$	0,05	0,1	0,15	0,20	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	κ_U	κ_3
T_3, c	2,6	5,2	7,8	10,4	13	15,6	18,2	20,8	23,4	26	1	1
$\ln \frac{1}{1 - \frac{(k\omega_H - \omega_k)(m_k - 1)\kappa_U^2}{(\omega_H - \omega_k)(\kappa_U^2 m_k - \kappa_3)}}$	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	1	1
t_3, c	2,4	4,9	7,3	9,8	12,2	14,7	17,1	19,6	22	24,4	1	1
T_3, c	2,4	4,7	7,1	9,4	11,8	14,1	16,5	18,8	21,2	23,6	1,05	1
$\ln \frac{1}{1 - \frac{(k\omega_H - \omega_k)(m_k - 1)\kappa_U^2}{(\omega_H - \omega_k)(\kappa_U^2 m_k - \kappa_3)}}$	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	1,05	1
t_3, c	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	1,05	1
T_3, c	2,1	4,3	6,4	8,6	10,7	12,9	15	17,2	19,3	21,5	1,1	1
$\ln \frac{1}{1 - \frac{(k\omega_H - \omega_k)(m_k - 1)\kappa_U^2}{(\omega_H - \omega_k)(\kappa_U^2 m_k - \kappa_3)}}$	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	1,1	1
t_3, c	1,7	3,4	5,1	6,8	8,5	10,2	11,9	13,6	15,2	17	1,1	1
T_3, c	2	3,9	5,9	7,9	9,8	11,8	13,7	15,7	17,7	19,6	1,15	1
$\ln \frac{1}{1 - \frac{(k\omega_H - \omega_k)(m_k - 1)\kappa_U^2}{(\omega_H - \omega_k)(\kappa_U^2 m_k - \kappa_3)}}$	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	1,15	1
t_3, c	1,5	2,9	4,4	5,8	7,3	8,7	10,1	11,6	13,1	14,5	1,15	1

Вывод. В результате проведения аналитическим путем анализа влияния параметров системы «электродвигатель-рабочая машина» на переходные процессы были получены зависимости электромеханической постоянной времени системы «электродвигатель-рабочая машина» T от параметра системы I/M_H , а также зависимости времени пуска электродвигателя t от кратности приложенного к электродвигателю напряжения κ_U для случая привода рабочей машины с независимой от скорости механической характеристикой рабочей машины.

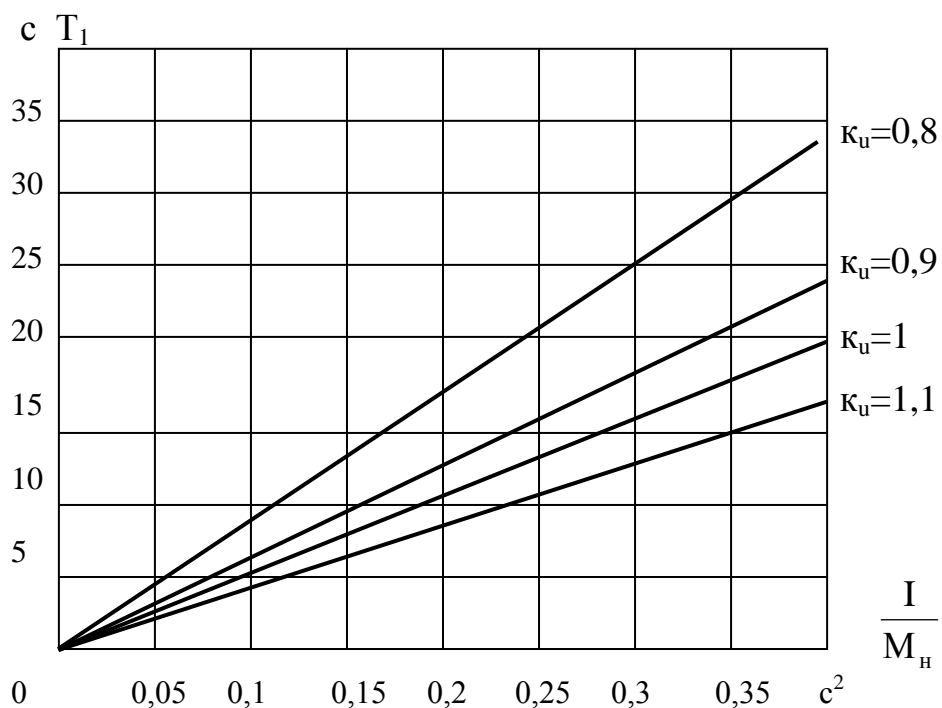


Рис. 5. Зависимость электромеханической постоянной времени T_3 в функции $\frac{I}{M_n}$ при $\kappa_3 = 0,9$

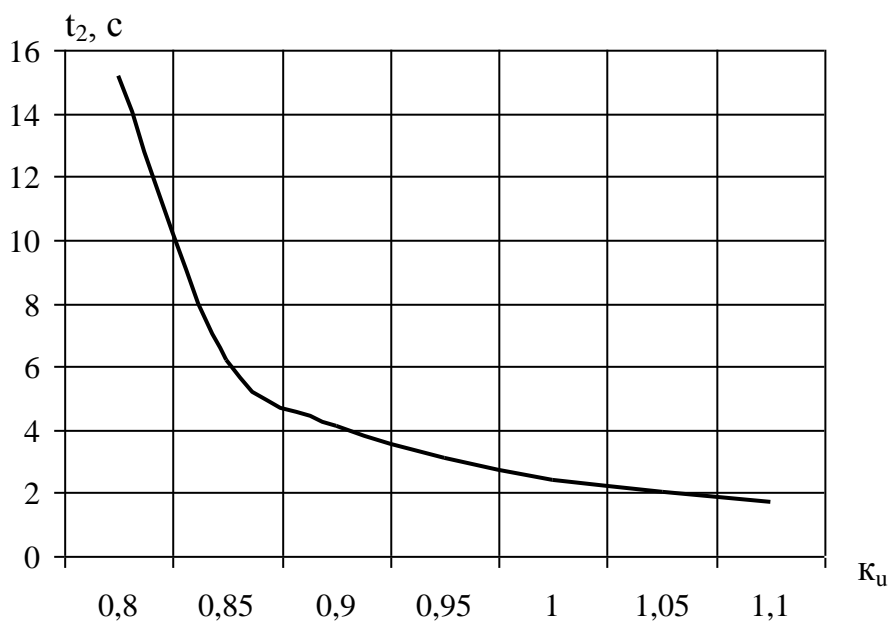


Рис. 6. Зависимость времени разбега электродвигателя на третьем участке в функции κ_u при $\frac{I}{M_n} = 0,05$ и $\kappa_3 = 0,9$

В дальнейшем будет проведен аналогичный анализ для привода рабочих машин с другими механическими характеристиками.

Литература

1. *Фоменков А.П.* Электропривод сельскохозяйственных машин, агрегатов и поточных линий / А.П. Фоменков. – М.: Колос, 1984 – 280 с.
2. *Овчаров В.В.* Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве / В.В. Овчаров. – К.: УСХА, 1990. – 168 с.
3. *Корчемный Н.А.* Повышение надежности электрооборудования в сельском хозяйстве / Н.А. Корчемный, В.П. Машевский. – К.: Урожай, 1988. – 150 с.
4. *Кравчик А.Э.* Асинхронные двигатели серии 4А: справочник / [Кравчик А.Э., Шлаф М.М., Афонин В.И., Соболенская Е.А.]. – М.: Энергоиздат, 1982. – 504 с.
5. *Овчаров С.В.* Методика аналитического исследования пусковых режимов асинхронных электродвигателей в условиях соизмеримой мощности / Овчаров С.В., Стойчев Д.В., Витер В.А. // Праці / Таврійського державного агротехнологічного університету. – Вип. 8.Т.10. – Мелітополь: ТДАТУ, 2008. – с. 147 – 155.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ «ЕЛЕКТРОДВИГУН - РОБОЧА МАШИНА» НА ТЕПЛОВІ ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ ПРИ ПУСКУ ДВИГУНА

Овчаров С.В., Стойчев Д.В.

Анотація

Робота присвячена проведенню аналізу впливу параметрів системи «електродвигун - робоча машина» на теплові перехідні процеси при пуску електродвигуна.

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF PARAMETERS OF THE SYSTEM "MOTOR-WORKING MACHINE" ON THE THERMAL TRANSIENT PROCESSES DURING MOTOR START-UP

S. Ovcharov, D. Stoichev

Summary

This paper is devoted to the analysis of the parameters of the system "motor-working machine" on the thermal transients during motor start-up.

УДК 631.52:621.3.08

АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ФУНКЦІЇ ГАЗООБМІНУ БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Куценко Ю.М., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-31-59

Анотація – робота присвячена аналізу методів дослідження функцій газообміну біологічних об'єктів.

Ключові слова – біологічні речовини, газообмін, діелектрична проникність газу.

Постановка проблеми. Методи дослідження газообміну біологічних об'єктів рослинного і тваринного походження розроблялися впродовж двох століть і ґрунтувалися на різних принципах вимірювання, таких як манометрія, амперметрія, маспектрометрія, радіометрія, оптико-акустичний і парамагнітний аналіз газів та ін.

Вимірювання в цій галузі пов'язані з визначенням кількості вуглекислого газообміну рослин і насіння, засновані на поглинанні CO_2 лугом. Принцип вимірювання полягає у визначенні вуглекислоти шляхом кількісного поглинання її розчином лугу і подальшого виміру концентрації цього розчину відносно до контрольного [1,2].

Аналіз останніх досліджень. Для визначення концентрації розчину, що поглинає вуглекислоту, використовують способи титрування: об'ємне – розчином кислоти у присутності індикатора, електрометрія – за величиною омичного опору лугу та ін. Прилади на основі об'ємного титрування, не дивлячись на широке вживання, відрізняються громіздкістю, крихкістю із-за скляних частин, обмеженою точністю вимірювань [3].

Прилади електрометрії, маючи високу чутливість вимірювань ($0,004 \text{ мг CO}_2/\text{л}$), не дають можливості отримати дуже важливу для дослідження процесу газообміну концентрацію CO_2 в повітрі в момент вимірювань [4,5].

Методи, що засновані на вимірюванні рН розчину при його контакті з досліджуваним повітрям, з подальшим обчисленням за отриманими даними концентрації вуглекислоти в повітрі, є одними з кращих. Методи виміру рН, не дивлячись на високі показники якості, мають істотні недоліки, до яких слід віднести візуальне визначення вимірювальної величини і значні похибки вимірювань [6, 7].

Вимірювання вуглекислоти за поглинанням інфрачервоного випромінювання, на основі якого розроблені оптико-акустичні газоаналізатори, відрізняється високою чутливістю і точністю вимірів газообміну (до 0,001% CO₂) [8]. Проте, інерційність вимірювань і необхідність очищення досліджуваного повітря від водяної пари, що має максимум поглинання в інфрачервоній області спектру, є істотними недоліками цього способу вимірювання [3].

Особливу групу визначення газообміну складають комплексні методи. За їх допомогою можна визначити, як кількість виділеної вуглекислоти, так і об'єм поглиненого кисню. Вуглекислота визначається шляхом поглинання її лугом, а кисень – шляхом виміру об'єму води, що заповнює об'єм судини киснем по мірі зміни його об'єму.

Позитивною стороною описуваних методів є можливість визначати як вуглекислоту, так і кисень, проте їх чутливість і точність невелика, і тому в більшості випадків при використанні цих методів потрібні тривалі експозиції [3].

При поглибленому аналізі газообміну слід проводити одночасний вимір газообміну біологічних речовин за кількістю виділеного або поглиненого кисню. Зазвичай при цьому проба газу доторкається до розчину пірогалолу, і весь кисень, що був в пробі, поглинається ним. За зміною об'єму газу роблять висновки про концентрацію кисню, але такі виміри не дають можливості достовірно судити про процеси газообміну [3,9].

Точні результати дає метод, що заснований на застосуванні маспектроскопічних вимірів вмісту компонентів в газовій суміші. Даний метод знайшов застосування для досліджень газообміну із стабільними і радіоактивними ізотопами. Не дивлячись на простоту принципу виміру, практичне його здійснення супроводжується багатьма труднощами і вимагає складної електронно-вакуумної апаратури [3,9,10].

З усіх методів дослідження газообміну щодо кисню найбільш широкого поширення здобув манометричний [3]. Перевагою манометрії є висока чутливість, реєстрація показників за короткий проміжок часу, можливість роботи при високому вмісті кисню і одночасне вивчення газообміну двох газів (CO₂ і O₂). Через вказані переваги манометричний спосіб займає особливе положення навіть порівняно з таким методом, як оптико-акустичний [3,9].

Як основа манометричного методу широкого поширення набув метод Варбурга. Зазвичай манометричний прилад є ванною термостата, що забезпечена спеціальним механізмом для зміцнення і приведення в коливальний рух набору манометрів з приєднаними до них на шліфах посудинами [3,9].

Формування цілей статті. З розроблених останнім часом приладів манометричного типу заслуговує на увагу респірометр з підви-

щеною точністю і графічним записом процесу газообміну [10]. Поставлена мета досягається за допомогою вживання в мікрореспірометрах стандартних мікропіпеток ($0,1 \text{ мм}^3$) з ціною поділки $0,001 \text{ мм}^3$. Тонкий внутрішній діаметр мікропіпетки дозволяє вловлювати незначні переміщення водяного стовпа манометричної рідини. Істотними недоліками розглянутих пристроїв є: необхідність калібрування вимірювальних судин, громіздка і крихка манометрична техніка, неможливість автоматизації процесу вимірів. У зв'язку з вищезазначеним матеріалом, необхідно розробити респірометри, що виключають вказані недоліки.

Основна частина. З аналізу літературних даних [3,11,12] маємо, що вимірювання функцій дихання біологічних речовин можна проводити за зміною діелектричної проникності (ДП) газу, що оточує біологічний об'єкт.

Поляризація газу атмосфери, що виникає під впливом поля НВЧ, визначається [12]:

$$P(\omega) = \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} \cdot \frac{M}{\rho} = \frac{4\pi N}{3} \left[\alpha_0 + \frac{\mu^2}{3KT} \cdot \frac{1}{1 + I\omega\tau} \right], \quad (1)$$

де ε – діелектрична проникність;

M – молекулярна вага;

ρ – щільність газу;

N – число Авогадро;

α_0 – середня поляризованість молекулярного газу;

μ – постійний дипольний момент;

K – постійна Больцмана;

T – абсолютна температура;

τ – час релаксації.

Для зовнішніх полів з частотою менше 100 ГГц $\omega\tau \ll 1$ і вираз (1) записується:

$$\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} \cdot \frac{M}{\rho} = \frac{4\pi N}{3} \left[\alpha_0 + \frac{\mu^2}{3KT} \right] \quad (2)$$

Для неполярних газів $\mu=0$, а вираз (2) має вигляд:

$$\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} \cdot \frac{M}{\rho} = \frac{4\pi N\alpha_0}{3} \quad (3)$$

Вираз (3) для ідеального газу записується:

$$\varepsilon - 1 = K_1 \frac{P}{T} \quad (4)$$

Для полярних газів:

$$\varepsilon - 1 = \frac{\rho}{M} 4\pi N \left[\alpha_0 + \frac{\mu^2}{3KT} \right] \quad (5)$$

і з обліком (4):

$$\varepsilon - 1 = K_2 \frac{P}{T} \left(A + \frac{B}{T} \right), \quad (6)$$

де K_2, A, B – постійні коефіцієнти.

Припускаючи виконання закону про парціальні тиски (закон Дальтона), діелектричну проникність суміші полярних і неполярних газів можна записати у вигляді суми:

$$\varepsilon - 1 = \sum_i K_{1i} \frac{P_i}{T} + \sum_q K_{2q} \frac{Pq}{T} \left(Aq + \frac{Bq}{T} \right). \quad (7)$$

З врахуванням наявності при газообміні вуглекислого газу (CO_2), сухого повітря і водяної пари, вираз для “ ε ” має вигляд:

$$\varepsilon - 1 = K_{11} \frac{P_d}{T} + K_{21} \frac{l}{T} \left(A + \frac{B}{T} \right) + K_{12} \frac{P_l}{T} \quad (8)$$

де P_d – тиск сухого повітря;

l – парціальний тиск водяної пари;

P_l – парціальний тиск CO_2 .

З аналізу (8) маємо, що з використанням методу вимірів функції дихання біологічних об’єктів за величиною ДП газу відпадає необхідність у визначенні кількості O_2 і CO_2 : оскільки будь-які кількісні зміни CO_2 і O_2 будуть пропорційні зміні ДП газу, що оточує об’єкт.

Дієлькометричні методи вимірювання дихання біологічних речовин вимагають високої чутливості вимірів: до 10^{-8} для $\Delta\varepsilon'$ і $10^{-6} \dots 10^{-7}$ для $\Delta\varepsilon''$.

З аналізу вимірів ДП газів маємо, що методи резонаторів виміру ДП газів можуть бути використані для виміру функції дихання біологічних об’єктів. Теорія всіх методів проста і справедлива для всіх типів резонаторів. Співвідношення для діелектричних параметрів газу має вигляд [11]:

$$\Delta\varepsilon' = \frac{2\Delta f}{f_0}; \quad \Delta\varepsilon'' = \left(\frac{1}{Q_1} - \frac{1}{Q_2} \right), \quad (9)$$

де Δf – зміна частоти резонатора при диханні біологічного об’єкта;
 Q_0 і Q_1 – добротності резонатора без газообміну і за наявності газообміну.

Висновок. Вимірювання функцій дихання біологічних речовин можна проводити за зміною діелектричної проникності газу, що оточує біологічний об’єкт.

Методи резонаторів виміру діелектричної проникності газів забезпечують достатню чутливість для вимірювання функції дихання біологічних об’єктів.

Література:

1 Бриллиант В.А. Методы изучения фотосинтеза / В.А. Бриллиант // Тр. Бот. ин-та АН СССР. Сер. VI. Эксперим. бот. - Вып. 7. - 1950. - С. 358-385.

2 *Санадые Г.А.* Применение титрометрического газоанализатора для определения фотосинтеза и дыхания / Г.А.Санадые // Ботанический журнал, - 1963. - Т.48. - №12. - С. 1796-1799.

3 *Вознесенский В.Л.* Методы исследования фотосинтеза и дыхания растений / В.Л. Вознесенский, О.В. Заленский, О.А. Семихатова. - М.: Наука, 1965. - 306 с.

4 *Вознесенский В.Л.* Измерение интенсивности фотосинтеза кондуктометрическим методом / В.Л.Вознесенский // Биофизика. - 1996. - Т.V. - №6. - С. 755-757.

5 *Беликов П.С.* Опыт применения инфракрасного газоанализатора (ГИП-5) для определения интенсивности фотосинтеза / П.С. Беликов [и др.] // Изв. Тимирязевск. с-х акад. - 1960. Вып.3 (34). - С. 30-39.

6 *Силева М.Н.* Колориметрический метод определения фотосинтеза и дыхания растений / М.Н. Силева // Бюлл. Гл. бот. сада. - Вып.20. - 1955. - С. 101-106.

7 *Зеленский О.В.* Обзор методов изучения фотосинтеза наземных растений / О.В. Зеленский // Полевая геоботаника. - АН СССР. - М. - Л. 1959. - Т.1. - С. 245 - 311.

8 *Зеленский О.В.* О взаимоотношениях между фотосинтезом и дыханием / О.В. Зеленский // Бот. журн. 1957: Т.42, №11. - С.1674-1690.

9 *А.с. 482652 СССР, МКИ G01N7/00, A01C1/00.* Респирометр для изучения дыхания биологических объектов / Н.С. Пушкарь [и др.] (СССР). №1975685/30-15; заявл. 12.12.73; опубл. 30.08.75, Бюл. №32. - С.104.

10 *Коган Н.А.* Сложные волноводные системы / Н.А. Коган, Б.М. Машковцев, К.Н. Нибизов. - Л.: Судпромгиз, 1963. - 356 с.

11 *Ахадов Я.Ю.* Диэлектрические свойства чистых жидкостей / Я.Ю.Ахадов - М.: Изд. стандартов, 1972. - 412 с.

12 *Бензарь В.К.* Техника СВЧ влагометрии / В.К. Бензарь - Минск: Выш школа, 1974. - 349 с.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И УСТРОЙСТВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ФУНКЦИИ ГАЗООБМЕНА БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Куценко Ю.Н.

Аннотация

Работа посвящена анализу методов исследования функций газообмена биологических объектов.

ANALYSIS OF METHODS AND DEVICES FOR MEASURING OF BIOLOGICAL OBJECTS GAS EXCHANGE FUNCTION

Yu. Kutsenko

Summary

Analysis of methods of research of biological objects gas exchange functions is considered in the article.

УДК 621.311

ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПРИ ОЧИЩЕННІ ЗЕРНА НА ЗЕРНОПУНКТАХ

Постнікова М.В., аспірант*,

Карпова О.П., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-23-41

Анотація – проведений аналіз втрат електроенергії при очищенні зерна на потокових лініях зернопунктів, які необхідно враховувати при розробці науково-обґрунтованих норм витрати електроенергії на очистку зерна.

Ключові слова – раціональне використання електроенергії, питомі витрати електроенергії, нормування електроспоживання.

Постановка проблеми. Раціональне використання електроенергії на зернопунктах, оснащених енергоємним технологічним обладнанням, особливо актуально тепер, коли прийнята Національна енергетична програма України по енергозбереженню. Відомо, що 1 одиниця зекономленої електроенергії може зекономити не менше 5 одиниць первинних енергоресурсів.

Один з шляхів раціонального використання електроенергії потоковими лініями обробки зерна на зернопунктах – розробка науково-обґрунтованих питомих норм витрати електроенергії, впровадження яких дозволить економити 8-10% електроенергії.

Хоч з 1994 року прийнято 6 законів по енергозбереженню, 6 Наказів Президента, більше 20 Постанов Уряду, створені Держкомітет, Держінспекція, ефективність діяльності системи організації енергозбереження не відповідає потребам України. Тому питання нормування витрати електроенергії на потокових лініях зернопунктів є актуальним.

Аналіз останніх досліджень. Вивченням взаємозв'язку між енергетичними характеристиками технологічного обладнання при очищенні зерна і нормуванням електроенергії займалися вчені в системі хлібоприймальних підприємств: В.І. Калінцев, М.М. Преображенський, Д.Г. Сегеда, П.П. Ястребов, а в сільському господарстві – для агрегатів, які випускає “Вороніжсільмаш”: В.В. Громак, Н.А. Устименко, А.А. Гончаров, Г.І. Коршунова, О.П. Карпова, І.В. Киселиця [3-5].

* Науковий керівник – к.т.н., доцент Никифорова Л.Є.

© к.т.н. Карпова О.П., аспірант Постнікова М.В.

Аналіз показав, що проблема нормування витрати електроенергії стосовно до зернопунктів в теперішній час не отримала належного вирішення і вимагає подальшого удосконалення в напрямку розробки науково-обґрунтованих питомих норм витрати електроенергії на основі математичного моделювання предмета дослідження і вирішення оптимізаційних задач.

Формулювання цілей статті. Проаналізувати втрати електроенергії при очищенні зерна на потокових лініях зернопунктів.

Основна частина. Приєднана потужність P_1 окремого електродвигуна (ЕД) та групи електродвигунів потокової технологічної лінії (ПТЛ) або агрегату визначається з урахуванням втрат в силовому трансформаторі і мережі живлення на основі паспортних даних силового електрообладнання за методикою, яка викладена в [1, 2] стосовно до потокових ліній зерноочисних агрегатів.

Для окремого асинхронного двигуна приєднана потужність визначається за формулою:

$$P_1 = \frac{K_3 \cdot P_H}{\eta_H} + K_e \cdot [Q_0 \cdot (1 - K_3^2) + K_3^2 \cdot Q_H] + P_0 + \beta^2 \cdot P_K + K_e \cdot \Delta Q_0 + 3 \cdot I^2 \cdot R_{\text{л}} \cdot 10^{-3}, \quad (1)$$

де K_3 – коефіцієнт завантаження двигуна;

P_H, η_H – номінальна потужність і ККД асинхронного двигуна;

K_e – економічний еквівалент реактивної потужності. Приймається для трансформаторної підстанції 10 кВ $K_e = 0,12$ [1];

$Q_0 = \sqrt{3} \cdot U_H \cdot I_0$ – реактивна потужність холостого ходу двигуна;

I_0 – струм холостого ходу двигуна. В розрахунках приймається $I_0 = I_H/3$, де I_H – номінальний струм асинхронного двигуна;

U_H – номінальна напруга асинхронного двигуна;

$Q_H = \frac{P_H}{\eta_H} \cdot \operatorname{tg} \varphi_H$ – реактивна потужність асинхронного двигуна при номінальному навантаженні;

P_0, P_K – потужність втрат холостого ходу і короткого замикання в силовому трансформаторі. Задаються в паспорті;

$\beta = \frac{S_2}{S_{2H}} = \frac{I_2}{I_{2H}}$ – коефіцієнт навантаження трансформатора;

$\Delta Q_0 = 0,01 \cdot I_0 \cdot S_H$ – реактивна потужність холостого ходу трансформатора;

I_0 – струм холостого ходу трансформатора. Задається в паспорті;

$R_{\text{л}}$ – активний опір однієї фази мережі живлення, Ом.

Для групи електродвигунів потокової технологічної лінії або агрегату така потужність визначається за формулою:

$$P_1 = \sum_{i=1}^n \frac{K_{zi} \cdot P_{ni}}{\eta_{ni}} + K_e \cdot \sum_{i=1}^n \left[Q_{0i} \cdot (1 - K_{zi}^2) + K_{zi}^2 \cdot Q_{ni} \right] + P_0 + \beta^2 \cdot P_k + K_e \cdot \Delta Q_0 + 3 \cdot I^2 \cdot R_{л} \cdot 10^{-3}, \quad (2)$$

де i – індекс, що визначає коефіцієнти і потужності i -го двигуна.

Були проведені розрахунки втрат електроенергії на основі паспортних даних силового електрообладнання окремих електродвигунів, а також груп електродвигунів потокових технологічних ліній зерноочисних агрегатів ЗАВ-20, ЗАВ-40, ЗАР-5, ЗАВ-25. Кожний з зерноочисних агрегатів має від 4 до 7 технологічних схем, тобто норма електроспоживання визначалася для кожної технологічної схеми і всього агрегату в цілому. При цьому обов'язково враховувалися втрати електроенергії. Все це дозволяє об'єктивно оцінити ефективність електроспоживання і собівартість процесу очищення зерна. Для цього необхідно розробити і здійснити організаційно-технічні заходи щодо економії електроенергії.

Як показали розрахунки, втрати електроенергії в силовому трансформаторі і мережі живлення на основі паспортних даних силового електрообладнання потокових ліній зерноочисних агрегатів складають 4-5%.

Максимальна економія електроенергії досягається зниженням втрат електроенергії в мережах. Найбільш ефективні способи зниження втрат – зменшення споживання реактивної потужності і підвищення коефіцієнта потужності $\cos\phi$. Досягається це завдяки покращенню використання електроприймачів, а також застосуванню пристроїв, що компенсують.

Споживання реактивної потужності електроприймачами сільськогосподарського виробництва складає: асинхронними двигунами – біля 60%, трансформаторами – 20-25%, повітряними електричними мережами – біля 20% [1]. Основну частину в балансі реактивної потужності складає потужність холостого ходу. Для асинхронних двигунів реактивна потужність холостого ходу коливається від 60 до 80% реактивної потужності двигуна, для трансформаторів – до 80% [1].

На зернопунктах можна досягти зниження реактивних навантажень на 20-30% без застосування пристроїв, що компенсують, тобто шляхом покращення режимів роботи обладнання: вибір раціонального технологічного процесу очистки зерна, покращення завантаження електродвигунів і силових трансформаторів, обмеження холостих ходів асинхронних двигунів.

Для зменшення втрат електроенергії в мережах низької напруги на зернопунктах силові трансформатори розташовують в центрі електричних навантажень.

Для економії електроенергії на зернопунктах необхідно сприяти максимальному використанню потужностей технологічного обладнання, при цьому зменшується питома витрата електроенергії на очистку 1 т зерна, збільшується продуктивність робочих машин потокових ліній.

Висновки. Як показали розрахунки, втрати електроенергії в силовому трансформаторі і мережі живлення на основі паспортних даних силового електрообладнання потокових ліній зерноочисних агрегатів складають 4-5%.

Література:

1. *Ермолаев С.А.* Эксплуатация электрооборудования в сельском хозяйстве: учебник / С.А. Ермолаев, Е.П. Масюткин, В.Ф. Яковлев. – К.: Инкос, 2005. – 670 с.

2. *Овчаров С.В.* Исследование потерь активной мощности в асинхронном электродвигателе / С.В. Овчаров, Р.В. Телюта // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2009. – Вип. 86: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – С. 53-57.

3. *Ястребов П.П.* Использование и нормирование электроэнергии в процессах переработки и хранения хлебных культур / П.П. Ястребов. – М.: Колос, 1973. – 331 с.

4. Нормы потребления электроэнергии в сельскохозяйственном производстве / Н.А. Корчемный, В.П. Машевский, В.М. Головкин, В.Е. Богачёва. – Глеваха: 1985. – 52 с.

5. *Постнікова М.В.* Розробка науково-обґрунтованих норм енергоємності при обробці зерна на зернопунктах / М.В. Постнікова // Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика: Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. Тематичний збірник наукових праць. – Харків, 2008. – №30. – С. 511-512.

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ ОЧИЩЕНИИ ЗЕРНА НА ЗЕРНОПУНКТАХ

Постникова М.В., Карпова А.П.

Аннотация

Проведен анализ потерь электроэнергии при очистке зерна на поточных линиях зернопунктов, которые необходимо учитывать при разработке научно-обоснованных норм затраты электроэнергии на очистку зерна.

WAYS OF THE REDUCTION OF THE LOSSES TO ELECTRIC POWERS WHEN CLEARING GRAIN POINTS

M. Postnikova, A. Karpova

Summary

Organized analysis of the losses to electric powers when clearing grain on production lines of the corn points, which necessary to take into account at development scientifically-motivated rates of the consumption to electric powers on clear grain.

УДК 621.31

ІСНУЮЧІ ПРИСТРОЇ ЗАХИСНОГО ВІДКЛЮЧЕННЯ І ЇХ УДОСКОНАЛЕННЯ ДЛЯ ПОБУТОВОЇ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ TN-C-S

Кізім І.В., інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-31-59

Анотація – в роботі представлено аналіз пристроїв захисного відключення і запропоновані способи їх удосконалення.

Ключові слова – пристрій захисного відключення, РЕ-провідник, небезпечний потенціал.

Постановка проблеми. По виду вхідного сигналу пристрої захисного відключення (ПЗВ) діляться на наступні види: реагуючі на робочий струм, струм нульової послідовності, напругу нульової послідовності, суму, різницю та фазові співвідношення між струмом і напругою нульової послідовності, струм витоку, оперативний струм, напругу корпусу відносно землі, а також на два або більш вище перелічених чинників. Серед розглянутих видів ПЗВ на вітчизняному ринку захисної апаратури відсутні пристрої захисту, що реагують на напругу корпусу щодо землі. Але навіть застосування існуючих вітчизняних або зарубіжних захисних пристроїв пов'язане з незручностями їх експлуатації і недостатньою безпекою, забезпечуваною ними.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз аварій в мережі 0,4 кВ і порівняння параметрів захисних пристроїв показує на відсутність селективності їх спрацьовування при появі аварійного сигналу, що позначається на незручності їх експлуатації. Також, заборона розриву захисного РЕ-провідника контактами захисних пристроїв в деяких випадках не дає забезпечити необхідну електробезпеку [1].

Формулювання цілей статті. В роботі представлено аналіз існуючих пристроїв захисного відключення і запропоновані можливі шляхи їх удосконалення.

Основна частина. Російським підприємством «ТЕСС-Инжиниринг» виробляється вимикач з комбінованим захистом типу ВКЗ, що має крім основних (захист від струму перевантаження, струму короткого замикання і струму витоку в землю) додатковий захист від напруги між зануленими відкритими провідними частинами і землею [2]. В даному пристрої відсутня селективність спрацьовування при замиканні на корпус і появі напруги на РЕ-провіднику, а також відсутня індикація про вид аварії. При використуванні ВКЗ, при ко-

роткому замиканні (к.з.) на корпус у одного споживача (ВКЗ зберігає працездатність при пониженні напруги до 110 В), може спрацювати від появи напруги на корпусі аналогічний захист і у іншого споживача, що має справну мережу і справне електроустаткування (рис. 1).

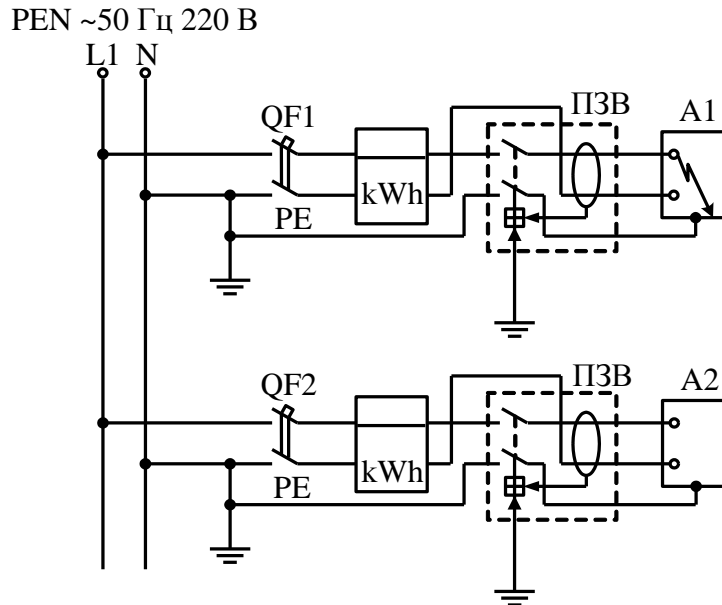


Рис. 1. Схема приєднання ВКЗ до мережі TN-C-S

Таблиця 1 – Час спрацювання розчіплювачів мінімальної напруги

Виробник	Тип розчіплювача мінімальної напруги	Автоматичний вимикач	Діапазон напруг відключення	Час спрацювання РМН
ОЕЗ, Чехія	V...-LSN	LSN, LST, ASN	$\leq 70\%U_H$	10 мс
ОЕЗ, Чехія	N...-LSN	LSN, LST, ASN	$35\%-75\%U_H$	25 мс
ІЭК, Росія	PM-125/160, PM-250/400, PM-800/1600	BA 88	$\leq 70\%U_H$	Не вказано
ІЭК, Росія	PM-1, PM-2, PM-3	BA 88	$35\%-75\%U_H$	Не вказано
ІЭК, Росія	PM47	BA47	165 ± 5 В	Не вказано
Moeller, Німеччина	Z-USA	PL6, PL7	$\leq 80\%U_H$	Не вказано
Промфактор, Україна	PMH	AB3000	$35\%-70\%U_H$	Не вказано
E.NEXT, Україна	e.industrial. ukm.qy	E.NEXT. INDUSTRIAL	$35\%-70\%U_H$	Не вказано
Legrand, Франція	26173	DPX 125	$35\%-70\%U_H$	50 мс
Hager, Німеччина	MZ205	MBS, MBN	$35\%-70\%U_H$	Не вказано
АСКО, Україна	PB-MH	BA-2000...2006	$35\%-70\%U_H$	Не вказано
Merlin Gerin, Німеччина	MN	C60, DPN	$35\%-70\%U_H$	Не вказано
ABB, Швейцарія	S1-S8	SACE	$35\%-70\%U_H$	15-25 мс

Аналогічна ситуація може виникнути при застосуванні автоматичного вимикача (АВ) з розчіплювачем мінімальної напруги, або при застосуванні АВ разом з пристроєм контролю напруги. У деяких видів розчіплювачів (табл. 1) і пристроїв контролю напруги (табл. 2) час спрацьовування, при зниженні напруги понад норми, порівняно з часом спрацьовування АВ (0,01-0,005 с) при кратностях к.з. вище 3 для характеристики В і вище 5 для характеристики С (рис. 2).

Таблиця 2 – Час спрацьовування пристроїв контролю напруги

Тип реле	$U_{\min}, \text{В}$	$U_{\max}, \text{В}$	Мінімальний час затримки на відключення навантаження, с
РКН-1-1-15	154-176	176-186	0,1
УЗМ - 40	160-220	220-280	<0,4
ASP-SMART	170-198	243-265	0,3
РН-101, РН-111	160-210	230-280	0,1
ЕЛ-22	160-220	220-276	0,02
РКН-2М	165-220	220-265	0,2
CN-EFN	160-220	220-300	0,05
ЗУГ 35	20-220	260-280	0,1
RM4-UA33	30-300	50-500	0,05
ДПФ-3, ДПФ-4	150-210	220-260	0,1

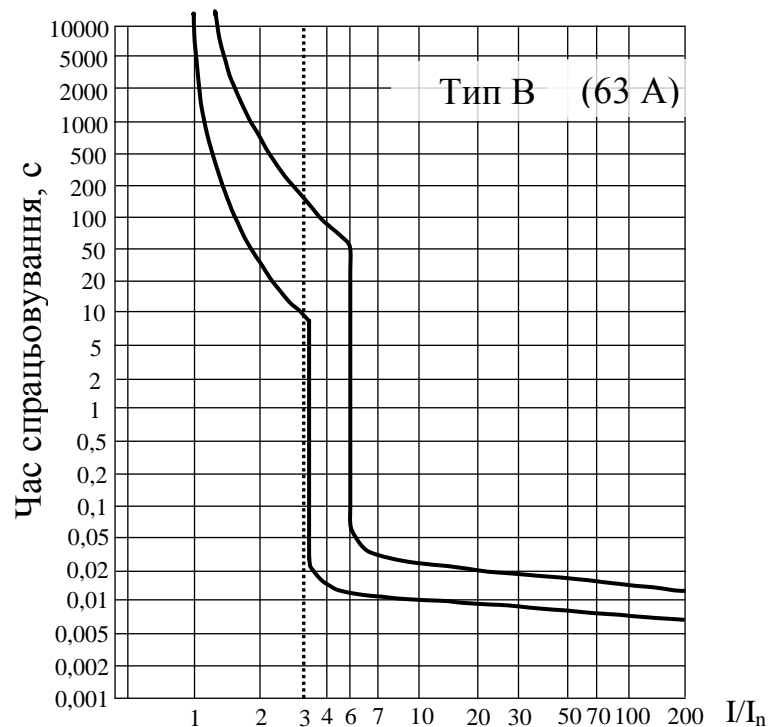


Рис. 2. Часо-струмова характеристика ВА2000

У разі застосування розробленого автором пристрою захисту [2], відключення відбудеться тільки у аварійного споживача, оскільки

пристроєм забезпечується програмна витримка часу (до 0,4 секунд, згідно ПУЕ) з часу появи напруги між захисним провідником і землею до спрацьовування пристрою захисту.

Згідно ПУЕ (п. 6.1.36., п. 6.2.11.), не допускається відділяти або відключати захисні РЕ-провідники, проте, при аварійному стані зовнішньої або внутрішньої будинкової мережі (обрив комбінованого PEN-провідника, к.з. фази на нейтральний або захисний провідник, між фазами к.з.) на захисних провідниках може бути присутній небезпечний потенціал [1], тому, при використуванні захисту, що здійснює відключення при появі напруги на захисному провіднику, доцільно для підвищення електробезпеки одночасно з відключенням фазних провідників відключати РЕ-провідники від навантаження.

Наприклад, в 6-м виданні ПУЕ (п. 1.7.83), була висловлена правильніша позиція: «в колі нульових робочих провідників, якщо вони одночасно служать для цілей занулення, допускається застосування вимикачів, які одночасно з відключенням нульових робочих провідників відключають всі дроти, що знаходяться під напругою», тим самим допускалося відключати захисні провідники від електроустановки, при появі на них напруги.

Висновки. З розглянутого можна зробити висновок, що для підвищення електробезпеки необхідне: наявність в ПЗВ витримки часу між спрацьовуванням по струму витоку (або по струму к.з.) і по появі потенціалу на РЕ-провіднику; передбачити в ПУЕ необхідність для мереж з одностороннім живленням розмикання РЕ-провідника.

Література

1. *Слободкин А.Х.* Повышение эффективности устройств защитного отключения. Обоснование целесообразности корректировки некоторых требований ГОСТ и ПУЭ с целью повышения электробезопасности. / А.Х. Слободкин // Промышленная энергетика. – 2001. - №11. – С. 45-53.

2. *Пат.* 31034 Україна, МПК⁷ H02H 3/14, H02H 3/20, H02H 3/24, H02H 3/33. Регульований пристрій комбінованого захисту однофазних споживачів / І.В. Кізим. - №200712142; заявл. 02.11.07; опубл. 25.03.08, Бюл. №6.

СУЩЕСТВУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ И ИХ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДЛЯ БЫТОВОЙ ЭЛЕКТРОСЕТИ TN-C-S

Кизим И.В.

Аннотация

В работе представлен анализ устройств защитного отключения и предложенные способы их усовершенствования.

EXISTENT DEVICES OF PROTECTIVE DISCONNECTION AND THEM IMPROVEMENT FOR THE DOMESTIC ELECTRIC SYSTEM TN-C-S

I. Kizim

Summary

The analysis of devices of protective disconnection and offered methods of their improvement is represented in the article.

УДК 636.085.52:66.099.4

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ КОНСЕРВУВАННЯ ПИВНОЇ ДРОБИНИ НА КОРМОВІ ЦІЛІ У ПЛІВКОВИХ РУКАВАХ

Безпалов Р.І., к.т.н.,
Троїцька О.О., к.б.н.,
Луц П.М., аспірант*

Інститут механізації тваринництва Української академії аграрних наук
Тел./факс (061)286-53-23

Анотація – в статті наведені результати досліджень по визначенню ефективності зберігання консервованої пивної дробини у плівкових рукавах з метою подальшого використання на кормові цілі. Розробка економічно виправданої технології збереження пивної дробини на протязі тривалого часу - має велике практичне значення.

Ключові слова – зберігання, консервування, корми, пивна дробина, плівкові рукави, технологічний процес, якість корму.

Постановка проблеми. В тваринництві для поповнення кормової бази і зменшення антропогенного впливу на екосистеми, необхідне залучення на кормові та енергетичні цілі вторинних ресурсів. Відомо, що через гостру нестачу високоякісної білкової сировини, щорічна перевитрата зерна в Україні складає близько 1,5 млн. т. Як наслідок, щорічно скорочується поголів'я худоби й птиці. У країнах ЄС споживання білкових кормів складає близько 450 кг на т фуражного зерна, в Україні ж цей показник складає лише 85 кг. Тому, необхідно раціонально розпоряджатися тими сировинними ресурсами, які вже існують [2,4].

Відходи пивоваріння – це суміш рослинних і мікробних білків, складних вуглеводів, органічних кислот та інших речовин, які за умов не залучення до господарчого використання, скидаються на відкритих майданчиках і в котлованах звалищ та вже на другий-третій день виділяють у довкілля небезпечні продукти гідролізу і гниття. Головна причина за якою неможливо широко використовувати сиру пивну дробину на кормові цілі – це терміни її зберігання. Так, при температурі 15-30⁰ С дробина обсіменяється та кисне, внаслідок чого термін її зберігання складає 48-74 години [1, 2]. Тому, розробка ефективних

* Науковий керівник – д.т.н., проф. Шевченко І.А.

© к.т.н. Безпалов Р.І., к.б.н. Троїцька О.О., аспірант Луц П.М.

способів збільшення терміну зберігання пивної дробини є актуальними питаннями.

В нашій державі багато пивзаводів було введено до експлуатації без урахування проблеми утилізації відходів, які утворюються. У радянські часи частину дробини у нативному стані практично задарма забирали тваринницькі господарства, а нереалізовану дробину безкарно викидали у довкілля, іноді сплачуючи мізерні штрафи. На теперішній час, виробники пива вже не можуть так не по-господарські поводитися із такою цінною сировиною, як пивна дробина. Саме тому, зараз в Україні, зростає зацікавленість у раціональному використанні пивної дробини [1].

Пивоваріння відноситься до однієї з галузей переробної промисловості, у яких використовується велика кількість біологічно-цінної сировини. На сьогоднішній день в Україні функціонує понад 50 пивоварних заводів. Загальний об'єм кормових одиниць, які можна отримати з відходів пивоваріння (в цілому за галуззю) складає 95 тис. т, залучено у тваринництві дві треті, а третина – не використовується, а викидається у довкілля. Реальний пивзавод може виробляти за день близько 250 т пивної дробини влітку і у декілька разів менше (близько 50-80 т/добу) взимку [2]. Наприклад, пивзавод «Славутич» постійно стикається із проблемою утилізації відходів (особливо влітку, коли об'єми виробництва пива значно зростають, а сира пивна дробина у натуральному вигляді практично не знаходить збитку, що пов'язане з дуже коротким терміном її зберігання).

Виділяються два основні напрямки, які дозволяють пролонгувати термін придатності пивної дробини: сушіння та консервування. Сушіння пивної дробини не завжди виправдано економічно. Цей спосіб вимагає наявності дорогого спеціального устаткування та великих витрат енергії. Крім того, частина білкових речовин дробини при сушці переходить у неперетравну форму, що викликає зниження поживної цінності сухої дробини у порівнянні із свіжим продуктом [2]. У зв'язку із чим, існує проблема розробки ефективних і економічно виправданих методів консервування та збереження пивної дробини, які б дозволяли зберегти її кормові властивості.

Отже, максимальне використання відходів пивоваріння на кормові цілі сприяє зниженню підвищеним витратам рослинних білків, на отримання яких витрачаються великі кошти. Консервування пивної дробини дозволить частково вирішити проблему дефіциту білкової сировини та біологічно активних речовин, як у якісному так і у кількісному відношенні, а також сприятиме зниженню негативного впливу на екологічний стан довкілля відходів виробництва пива.

Мета дослідження. Визначити ефективність зберігання консервованої пивної дробини у плівкових рукавах для подальшого використання на кормові цілі.

Об'єкт дослідження – процес консервування пивної дробини на кормові цілі у плівковий рукав.

Аналіз останніх досліджень. Пивна дробина утворюється в процесі фільтрування затору як осад після відділення рідкої фази (пивного суслу). З 100 кг зернопродуктів, що переробляються утворюється 125-170 кг сирової пивної дробини. В залежності від застосовуваного устаткування вона містить 70-86 % вологи. Свіжа дробина являє собою гушавину яскраво-коричневого кольору зі специфічним ароматом і смаком. У пивній дробині залишається до 75 % білкових речовин і 80 % жиру, що містяться в зернопродуктах, які використовують при виробництві пива. В ній містяться оболонки зерна, нецукрований крохмаль та інші нерозчинні речовини ендосперму, а також речовини, що при затиранні коагулювали й затрималися в шарі пивної дробини (білок, що осаджується в результаті кип'ятіння затору та продукти взаємодії білку із дубильними речовинами). Багатий білково-мінеральний склад пивної дробини визначає доцільність її використання на кормові цілі [3, 4].

Основні напрямки використання пивної дробини – виробництво кормів і продуктів харчування. Пивна дробина має високу харчову цінність: білкових речовин – на 71-76 %, жиру – на 80-82%, безазотистих екстрактивних речовин – на 60-65 %, клітковини – на 40-45 % [2]. Вітчизняні пивзаводи реалізують її в основному на корми худобі у нативному вигляді. В теперішній час на основі пивної дробини розроблені корми і кормові добавки для різних видів і вікових груп сільськогосподарських тварин та птиці. У тваринництві сира пивна дробина найчастіше служить добавкою до молокогінних та білкових кормів для тварин і птиці замість м'ясо-кісткового борошна [2, 3, 5]. Однак, при використанні нативної пивної дробини виникає ряд проблем. У ній міститься велика кількість мікроорганізмів, що робить неможливим її довгострокове зберігання (максимально 1-3 доби). При тривалішому зберіганні вона накопичує в собі мікотоксини, які здатні викликати отруєння у тварин з ускладненнями на печінку [1].

Все вищевказане змушує шукати ефективні шляхи збереження пивної дробини як джерела корму. Існує декілька способів попередньої обробки сирової пивної дробини: консервація, центрифугування, фільтрування та сушіння. Можливі також різні комбінації цих методів [2, 4].

Наприклад, силос, отриманий при консервації пивної дробини традиційними методами, за допомогою спеціальних силосних заквасок або ферментних препаратів через низьку кислотну стабільність

рекомендується згодовувати протягом короткого періоду часу. Для збільшення термінів зберігання силосу з пивної дробини використовують хімічні речовини (найчастіше – органічні кислоти), застосування яких значно підвищує вартість кінцевого продукту і негативно впливає на організм тварин. У ВНДІ фізіології, біохімії і харчування сільськогосподарських тварин розроблений спосіб консервування дробини повареною сіллю. Сіль вносять у свіжу пивну дробину і перемішують 5-10 хв. Концентрація солі 1 % забезпечує її збереженість протягом 3-4 доби, 2 % – 6-7 діб, 3 % – 8-10 діб, але при необхідності збереження великих об'ємів пивної дробини такі терміни зберігання не відповідають потребам тваринників [5].

Кормові продукти, що отримані при центрифугуванні або фільтруванні сирої пивної дробини, є екологічно чистими, мають високий вміст білку, зберігають мінеральні речовини і вітаміни основного продукту, однак також не можуть зберігатися тривалий час [3].

Суха пивна дробина – екологічно чистий продукт, стійкий при зберіганні і транспортабельний. Але, сушіння великих об'ємів сирої пивної дробини – це енерговитратний процес, який до того ж потребує дорогого спеціального устаткування [2].

Отже, передовий виробничий досвід та наукові дослідження показують, що необхідно впроваджувати ефективні економічно вигідні технології збереження пивної дробини, які дозволяють зберігати її тривалий термін без зниження кормових властивостей. Таким чином, дослідження процесу консервування пивної дробини на кормові цілі у плівкових рукавах при закладанні на тривалий термін зберігання, актуальні на даний момент.

Основна частина. Дослідження з метою визначення ефективності зберігання консервованої пивної дробини у плівкових рукавах для подальшого використання на кормові цілі проводилися на протязі 3-х місяців. Закладання і зберігання дослідних варіантів здійснювали за температурою повітря від +30 до +42°C, вологості повітря від 50 до 80%. Для проведення досліджень обрано найбільш спекотний період року (середня $t=35,8^{\circ}\text{C}$), що пов'язане з накопиченням саме влітку великої кількості нереалізованої пивної дробини, яка за високих температур дуже швидко псується і забруднює довкілля.

Процес закладання на зберігання пивної дробини здійснювали за допомогою комплексу обладнання для заготівлі пивної дробини у плівковий рукав наступним чином: нативна пивна дробина поступає у бункер і шнеками переміщується до вхідного отвору плівкового рукава. При цьому забезпечується: механічне видалення надмірної вологи з 85% до 76-70% шляхом пресування; пакування та ущільнення сировини в плівковий рукав. Після заповнення рукава вимикають мотор-редуктор та герметично запаюють або щільно запаковують рукав. Од-

ночасно із процесом закладання пивної дробини на зберігання здійснюється дозоване внесення сухого консерванту за наступною схемою (табл. 1). В якості консервантів використовувалися: карбамід та поварена сіль.

Таблиця 1 – Схема дослідів

Варіант дослідів	Вологість законсервованої пивної дробини, %	Щільність законсервованої пивної дробини, кг/м ³	Термін зберігання у плівкових рукавах, місяців
Варіант 1 – законсервована нативна пивна дробина (контроль)	72,79	540	3
Варіант 2 - Законсервована пивна дробина (доза внесення карбаміду 1% від маси)	72,90	541	3
Варіант 3 - Законсервована пивна дробина (доза внесення карбаміду 2% від маси)	71,47	540	3
Варіант 4 - Законсервована пивна дробина (доза внесення NaCl 1 % від маси)	71,26	538	3
Варіант 5 - Законсервована пивна дробина (доза внесення NaCl 2 % від маси)	70,98	540	3
Варіант 6 - Законсервована пивна дробина (доза внесення карбаміду 1% від маси)	74,27	541	3
Варіант 7 - Законсервована пивна дробина (доза внесення карбаміду 2% від маси)	75,56	540	3
Варіант 8 - Законсервована пивна дробина (доза внесення NaCl 1 % від маси)	73,91	538	3
Варіант 9 - Законсервована пивна дробина (доза внесення NaCl 2 % від маси)	74,09	540	3

Визначено, що законсервована у плівкових рукавах пивна дробина після 3-х місяців зберігання мала наступні органолептичні показники (табл. 2).

Як видно з табл. 2, органолептичні показники варіантів вологість яких була у межах 74-76%, законсервованих сіллю і карбамідом у дозі 1% від маси корму мали темно-коричневий колір, неприємний запах, зруйновану структуру і наявні включення плісняви та почорнінь.

Таблиця 2 – Органолептична оцінка пивної дробини після 3-х місяців зберігання

Показники	Контроль	Пивна дробина законсервована у плівкових рукавах після 3 місяців зберігання							
		вологістю 70-73%				вологістю 74-76%			
		карбамідом від маси		сіллю від маси		карбамідом від маси		сіллю від маси	
		1%	2%	1%	2%	1%	2%	1%	2%
Колір	Світло-коричневий	Світло-коричневий	Світло-коричневий	Світло-коричневий	Світло-коричневий	Темно-коричневий	Світло-коричневий	Темно-коричневий	Світло-коричневий
Запах	Різко кислий	З легким аміачним відтінком	З легким аміачним відтінком	Кислуватосилосний	Кислуватосилосний	Аміачний	Аміачний	Різко кислий	Різко кислий
Структура	Здебільше збереглася вихідна структура	Вихідна структура	Вихідна структура	Вихідна структура	Вихідна структура	Не збереглася	Вихідна структура	Не збереглася	Вихідна структура
Включення	Наявні невеликі включення плісняви і почорнінь	Відсутні	Відсутні	Відсутні	Відсутні	Наявні пліснява, почорніння	Наявні почорніння	Наявні пліснява, почорніння	Наявні почорніння

Аналогічні варіанти, які відрізнялися тим, що дозу внесення консерванту збільшили до 2% від маси, мали світло-коричневий колір, притаманний нативній дробині, збережену структуру, однак також неприємно пахли та мали включення почорнілого корму. Треба відзначити, що такі ж органолептичні характеристики мав контрольний варіант, який також зберіг світло-коричневий колір та вихідну структуру, але мав неприємний запах і включення плісняви та почорнінь.

Визначено, що найкращі органолептичні показники після 3 місяців зберігання в плівкових рукавах мали варіанти пивної дробини вологістю 70-71%, законсервованої карбамідом і сіллю у дозі 1 - 2 % від маси. Консервована пивна дробина зберегла вихідну структуру й колір (світло-коричневий), які притаманні нативній сировині, досить приємний запах і не мала включень плісняви, почорнінь та слизу.

За результатами хімічного аналізу пивної дробини законсервованої у плівкових рукавах після 3-х місяців зберігання визначена загальна енергетична поживність кожного з варіантів отриманого корму.

Визначено, що найбільшу енергетичну поживність після 3 місяців зберігання в плівкових рукавах мали варіанти пивної дробини вологістю 70-71%, законсервованої карбамідом і сіллю у дозі 2 % від маси. Загальна енергетична поживність цього корму складала 0,120 корм. од. в 1 кг, тоді як аналогічно законсервована та пивна дробина, що зберігається вологістю 74-76%, мала загальну енергетичну поживність – 0,104 корм. од. в 1 кг.

При порівнянні втрат поживних речовин на кінець зберігання, відмічено, що втрати білку були найбільшими у варіанті вологістю 70-73% законсервованого карбамідом у дозі 1% (39,7%) і у варіанті вологістю 74-76% законсервованого сіллю у дозі 1% (37,13%). Всі інші варіанти втратили білок приблизно однаково (21-26%). Втрати жиру були найбільшим у варіантах вологістю 70-73% законсервованих сіллю у дозі 1-2% (17,7 і 16,2% відповідно). Втрати розчинних вуглеводів у всіх варіантах були значними від 81,5% до 95%. Таким чином, за втратами основних поживних речовин не визначено однозначно найкращого варіанту, тому в подальших дослідженнях необхідно допрацювати технологію закладання консервованої пивної дробини на зберігання у плівкові рукави у напрямку кращого збереження поживних речовин.

Направленість бродильних процесів характеризують величина рН водної витяжки законсервованої пивної дробини, а також вміст органічних кислот. В табл. 3 представлені дані за цими показникам.

Таблиця 3 – Вміст і співвідношення органічних кислот в консервованій пивній дробині після 3-х місяців зберігання

Варіанти законсервованої пивної дробини	рН	Вміст і співвідношення кислот, %						Всього кислот
		оцтова		масляна		молочна		
		г%	%	г%	%	г%	%	
Контроль	4,47	0,745	76,96	0,049	5,06	0,174	17,98	0,968
Законсервована пивна дробина (вологістю 70-73%)								
Карбамідом (доза внесення 1% від маси)	5,15	1,088	81,81	0,053	3,98	1,189	14,21	2,330
Карбамідом (доза внесення 2% від маси)	5,05	1,043	80,60	0,000	0,00	0,251	19,40	1,294
Сіллю (доза внесення 1% від маси)	4,63	0,051	4,89	0,403	38,64	0,589	56,47	1,043
Сіллю (доза внесення 2% від маси)	4,40	0,521	55,84	0,000	0,000	0,412	44,16	0,933

Продовження таблиці 3

Варіанти законсервованої пивної дробини	рН	Вміст і співвідношення кислот, %						Всього кислот
		оцтова		масляна		молочна		
		г%	%	г%	%	г%	%	
Законсервована пивна дробина (вологістю 74-76%)								
Карбамідом (доза внесення 1% від маси)	9,90	0,741	50,38	0,019	1,29	0,711	48,33	1,471
Карбамідом (доза внесення 2% від маси)	9,19	1,507	67,73	0,065	2,92	0,653	29,35	2,225
Сіллю (доза внесення 1% від маси)	4,63	0,520	52,10	0,293	29,36	0,185	18,54	0,998
Сіллю (доза внесення 2% від маси)	4,52	0,042	3,90	0,410	38,10	0,624	58,00	1,076

Експериментальні дані за розгонкою органічних кислот свідчать, що у більшості варіантів законсервованої пивної дробини після 3 міс. зберігання в плівкових рукавах, виявлена масляна кислота. За Державним стандартом, вміст масляної кислоти не повинен перевищувати 0,1—0,3%, бо маслянокислі бактерії розщеплюють вуглеводи і навіть вже утворену молочну кислоту й білки, що негативно впливає на якість кормового продукту. Тому вимогам за якісними показниками відповідають два варіанти (пивна дробина вологістю 70-71%, законсервована карбамідом і сіллю у дозі 2 % від маси), відсутність масляної кислоти характеризує цей корм як доброякісний.

Висновки. Враховуючи в комплексі одержані результати органолептичних та біохімічних досліджень визначено, що технологія консервування пивної дробини на кормові цілі в плівкових рукавах, ефективна при дотриманні наступних технологічних показників заготівлі: вологість сировини - не більше 70-71%; ступінь ущільнення при закладанні у плівковий рукав - 540 кг/м³; доза консервантів (карбаміду або солі) - 2% від маси. Розроблена технологія дозволяє зберігати будь-яку кількість пивної дробини на протязі тривалого часу до згодкування, забезпечуючи загальну енергетичну поживність отриманого корму 0,11-0,12 корм. од. в 1 кг.

Література

1. Мануйлова Т.А. Экологические проблемы в отраслях пищевой промышленности / Т.А. Мануйлова, Н.Ф. Панков // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2005. – № 7. – С. 18 – 22.
2. Данченко О.С. Рациональное использование отходов пивоваренного производства / О.С. Данченко. – Минск: Промиздат, 1970. – 134 с.
3. Калошина Е.Н. Кормовая добавка из отходов пивоварения / Е.Н. Калошина // Комбикорма. – 2007. – № 1. – С. 72 – 73.
4. Гуменюк Г.Д. Использование отходов промышленности и сельского хозяйства в животноводстве / Г.Д. Гуменюк, А.М. Жадан, А.Н. Коробко, Н.Н. Задохин. – К.: Урожай, 1983. – 192 с.
5. Большаков В.В. Консервирование пивной дробины / В.В. Большаков, И.П. Никонов, В.П. Солдатова, Л.А. Лаптев // Животноводство России. – 2008. – № 3. – С. 66 – 67.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА
КОНСЕРВИРОВАНИЯ ПИВНОЙ ДРОБИНЫ НА КОРМОВЫЕ
ЦЕЛИ В ПЛЕНОЧНЫХ РУКАВАХ**

Безпалов Р.И., Троицкая О.О., Луц П.М.

Аннотация

В статье приведенные результаты исследований по определению эффективности хранения консервированной пивной дробины в пленочных рукавах с целью дальнейшего использования на кормовые цели. Разработка экономически оправданной технологии сохранения пивной дробин на протяжении продолжительного времени - имеет большое практическое значение.

**RESULTS OF RESEARCHES OF CANNING PROCESS
BEER PELLET ON FORAGE AIMS IN PELLICLE SLEEVES**

R. Bespalov, O. Troicka, P. Luts

Summary

In the articles resulted results of researches on determination of efficiency of storage of the canned beer pellet in pellicle sleeves with the purpose of the subsequent use on forage aims. Development of the economic justified technology of maintenance of beer pellet during great while - has a large practical value.

УДК 634.1.055

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ДЕРЕВ

Тараканов О. В., аспірант*

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (096) 846-74-59

Анотація – стаття присвячена обзору існуючих способів підвищення продуктивності плодових дерев з метою аналізу тенденцій та перспективних напрямів дослідницької діяльності.

Ключові слова – дерево, класифікація, вплив, продуктивність.

Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку сільського господарства не можливо уявити без засобів стимуляції, інтенсифікаторів росту та розвитку рослинних об'єктів, зокрема - дерев. Тому для загальної оцінки ситуації, що склалася, необхідно проаналізувати існуючі способи підвищення якісних показників об'єктів садівництва.

Аналіз останніх досліджень. Останні дослідження вказують на інтенсивне застосування комплексних прийомів обробки культур садівництва [1].

Формулювання цілей статті. Мета статті полягає у з'ясуванні актуальних методів підвищення продуктивності, а також визначення закономірної тенденції такої діяльності.

Основна частина. У даний час існують наступні способи підвищення продуктивності дерев у сільському господарстві: механічні, біологічні, хімічні, електрофізичні (рис. 1). Прийоми обробки деревних рослин поділяється на дві категорії в залежності від об'єкту впливу: дія на ґрунт, кореневу систему та способи підвищення врожайності за рахунок впливу на надземну частину дерев. Розглянемо вказані на рисунку способи докладніше. Механічна обробка ґрунту здійснюється для того, щоб зруйнувати пласти, що склалися на кам'янистих ґрунтах, часто непридатних для вирощування. Після такої обробки коріння висаджених рослин легко проникає в глиб ґрунту. Це підвищує стійкість рослинних об'єктів під час вітрів, оберігає від підмерзання коріння в зимовий період. Як спосіб підвищення родючості ділянки застосовується привізний ґрунт. Останній повинен бути вільним від каміння, кореневищ багаторічних рослин і переважно лісовим, оскільки він має в своєму складі менше насіння бур'янів, ніж ґрунт, узятий з полів, має рихлу структуру, не утрамбується. Вищезазначені механічні методи обробки є екологічно безпечними, але потребують значних енергетичних затрат на опущення та перевезення ґрунту.

* Науковий керівник – к.т.н., доцент Куценко Ю.М.

© аспірант Тараканов О. В.

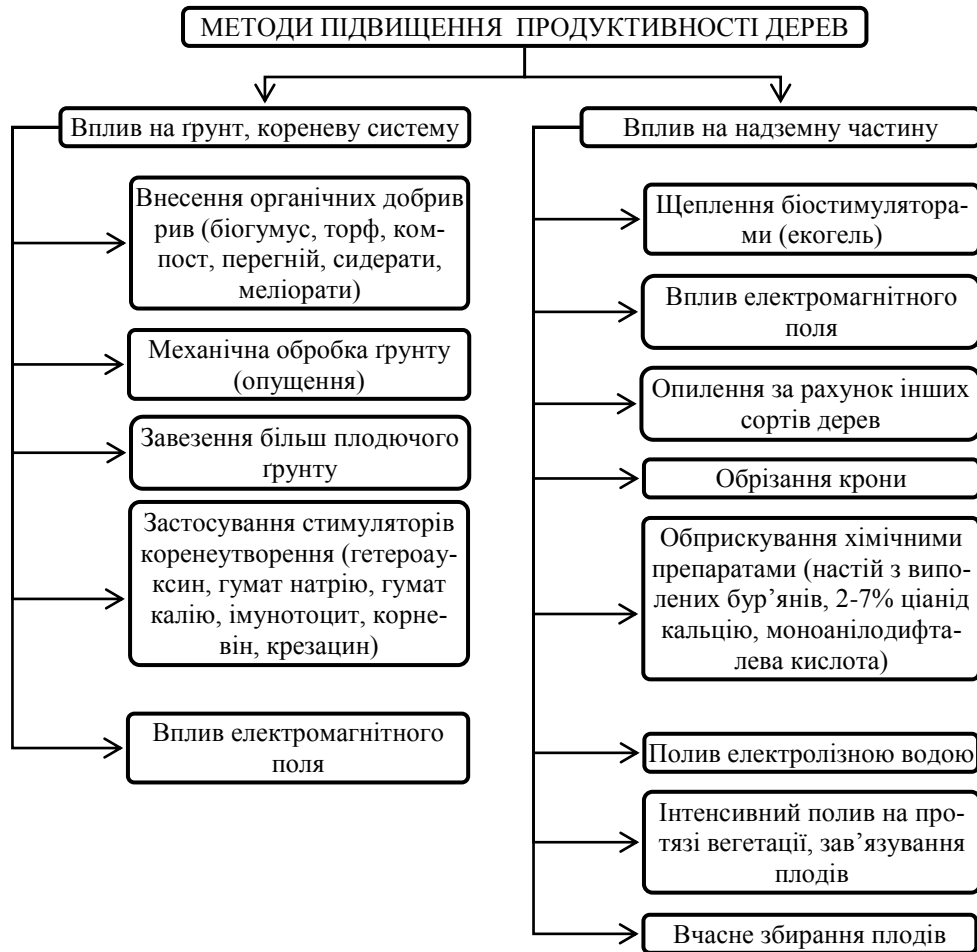


Рис.1. Класифікація способів підвищення продуктивності плодкових дерев

Для нормального зростання і розвитку рослин, як органічні добрива, вносять торф, компост, біогумус, перегній, використовують сидерати, агро меліорати [2]. Біологічні засоби стали розповсюдженими завдяки високій інтенсивності дії. При цьому вартість добрив залишається на високому рівні. Регулювання розвитку рослин шляхом обробки їх водним розчином 1-R-силатрану у процесі вегетації або перед збором врожаю дозволяє поліпшити якість і збереження продукції, опірність дії несприятливих чинників навколишнього середовища [3]. Стимулятор росту рослин, що включає з'єднання міді, бору, алканоламіну і води дозволяє підвищити продуктивність дерев [4].

Щеплення дерев у перші роки розвитку або під час вегетаційного періоду активує процеси коренеутворення, зростання і розвитку, стимулює натуральні захисні механізми в протидії бактеріальним і грибним захворюванням (борошнистій росі, іржі, фітофторозу), має антистресову дію. При цьому забезпечується гранична екологічність агроценозів [5, 6]. Препарати стимулювання коренеутворення також широко застосовуються у сільському господарстві. До них відносяться: гетероауксин, гумат натрію, гумат калію, імуноцитифіт, імуно-

цит, корневін, крезацин та ін. Вони викликають накопичення і посилений обмін органічних речовин, сприяють регенерації частин рослин, стимулюють утворення коріння, покращують зрощення тканин при щепленні, приживаність саджанців дерев при пересадці, перешкоджають обпаданню зав'язей і листя, значно збільшують життєздатність генеративних органів, надають стимулюючу дію на тривалість цвітіння, підвищують стійкість до хвороб і дії несприятливих чинників [7].

Методика, що заснована на дії хімічних речовин є екологічно небезпечною, але при цьому дозволяє досягти високих результатів. Запилення іншими сортами плодових рослин дозволяє отримати вищі врожаї. Обрізання плодових дерев впливає на отримуваний врожай. При укороченні однорічних приростів врожай збільшується на 20-30% і поліпшується смак плодів і вони при цьому стають більшими. Зрошування плодоносячого саду також є ефективним заходом і може підвищити врожайність на 25-40%. Затримка із збором плодів призводить не тільки до зниження їх якості, але і до припинення зростання і плодоутворення, внаслідок чого зменшується загальна врожайність [1].

Вплив електромагнітного поля належить до електрофізичних способів підвищення продуктивності, оскільки поєднує у собі дію електричного (електромагнітного) поля з елементами фізичного походження (рослинні тканини, рух соків, орієнтація у просторі). Постійне магнітне поле, як складова частина електромагнітного поля, прискорює вирощування посадочного матеріалу плодово-ягідних культур, а також пророслих дерев у процесі вегетації [1]. Електрофізичний вплив застосовується для стимуляції як кореневої системи, так і надземної частини рослинних об'єктів. Така «універсальність» обумовлена природним походженням матерії впливу (наша планета має власне магнітне поле) та її потенціалом (регуляційна здатність магнітного поля достеменно ще не досліджена). При цьому способи, що використовують принцип взаємодії електромагнітного (зокрема магнітного) поля з рослинною матерією, завідомо є екологічно безпечними, але не позбавленими недоліків: необхідність джерела магнітного випромінювання, вартість устаткування.

Висновки. Одним з прогресивних методів обробки дерев (наряду з біологічними та хімічними) є електрофізичний вплив. Особливу увагу слід приділити факту, що біохімічні препарати містять речовини, що є гормонами зростання не тільки для рослин, але і для комах, і для вищих істот, а насамперед, людину. Наслідки вживання людиною в їжу плодів рослин із зміненим гормональним фоном на сьогоднішньому рівні розвитку науки маловивчені. Стероїдні препарати викликають стійкі зміни в органелі кліток рослин, а гормональні напрямлено змінюють хімічний склад внутрішньої і міжклітинної речовини. Таким чином, при їх застосуванні відбувається спотворення і порушення природних біохімічних процесів, що сформувалися впродовж мільйонів років рослинної еволюції. Магнітний вплив таких недоліків не має.

Література:

1. Энциклопедия технологий и методик [Электронный ресурс] / В.В. Патлах 2007: <http://www.patlah.ru/katalog/kat-03.htm>
2. Биогумус как фактор улучшения почвенного плодородия [Электронный ресурс] / В.А. Брюханов, И.А. Кузьменко, С.И. Кузьменко: <http://gardener.ru/?id=841>
3. Пат. 2336699 Российская Федерация. МПК⁷ А01N55/10, А01P21/00, С07F7/08, А01P3/00 Способ регулирования развития растений / Чернышев Е. А., Казакова В. Н.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное унитарное предприятие "Государственный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт химии и технологии элементоорганических соединений", Московская государственная академия тонкой химической технологии им. М.В. Ломоносова. - №2007111237/04; заявл. 28.03.07; опубл. 27.10.08.
4. Пат. 2143198 Российская Федерация. Состав для стимулирования роста сельскохозяйственных культур / Гайсин И.А.; Реут В.И.; заявитель и патентообладатель Гайсин Ильшат Ахатович; нач. действ. 27.04.99.
5. Повышение зимостойкости и урожайности плодовых деревьев. В. И.Сусов, Москва, Товарищество "Деконт", 1993 г., глава 5 раздел 5.2 "Прививка штамбо- и скелетообразователей в саду"
6. Пат. 2183398 Российская Федерация. Способ выращивания саженцев / Сусов В.И; заявитель и патентообладатель Московская с-х акад. им. К.А. Тимирязева; нач. действ. 11.0501.
7. Стимуляторы роста и профилактические средства [Электронный ресурс]: <http://www.iplants.ru/preparats.htm>.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ДЕРЕВЬЕВ

Тараканов А. В.

Аннотация

Статья посвящена обзору существующих способов повышения производительности плодовых деревьев с целью анализа тенденций и перспективных направлений исследовательской деятельности.

EXISTING TREE'S PRODUCTIVITY INCREASING METHODS ANALYSIS

O. Tarakanov

Summary

The article shows modern methods of improving tree's efficiency and considers directions of future researches.

УДК 681.173.4

ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ КОМПОСТОПРИГОТУВАЛЬНОЇ МАШИНИ

Харитонов В.І., аспірант*

Інститут механізації тваринництва Української академії аграрних наук

Тел./факс: (061) 286-53-23

Анотація – в статті приведені результати аналізу способів та засобів компостування. Представлена конструктивна схема змішувача-аератора та його фрезерно-барабанного робочого органа.

Ключові слова – робочий процес, компостоприготувальна машина, змішувач-аератор, органічні відходи

Постановка проблеми. Обмеження негативної дії на навколишнє середовище, у тому числі й від забруднення органічними відходами, є найважливішим завданням агропромислового комплексу. Разом із тим, в умовах економічної кризи, послабшав механізм контролю за впливом підприємств на екологічний стан довкілля [1]. Внаслідок великих матеріальних витрат на придбання мінеральних добрив, органічні добрива зайняли центральне місце в підтримці родючості ґрунту та підвищенні врожайності сільськогосподарських культур. У зв'язку з цим виникає необхідність у вдосконаленні методів підготування гною до застосування як органічного добрива [2].

Враховуючи масштабність переробки відходів тваринництва, рослинництва та інших органічних відходів, найбільш поширеним і економічно виправданим (невисока собівартість та прийнятні експлуатаційні затрати) залишається процес компостування на відкритих майданчиках.

Для прискорення та інтенсифікації біотермічного процесу компостування та більш швидкого отримання якісних екологічно чистих органічних добрив доцільно використовувати компостні системи з можливістю контролю та регулювання впливових факторів і забезпечення оптимальних технологічних режимів обробки.

Покращення якості органічних добрив (компостів) та їх агротехнічних показників може проводитись шляхом додавання різноманітних мінеральних компонентів природного походження.

Знезараження кінцевого продукту здійснюється шляхом створення і підтримки термофільного режиму обробки компостних сумішей та самого компосту протягом декількох діб, або заключною обробкою при підвищених температурах.

* Науковий керівник – д.т.н., проф. Шевченко І.А.

© аспірант Харитонов В.І.

Формулювання цілей статті. Визначення конструктивної схеми змішувача-аератора та технологій для прискорення процесів компостування органічних відходів.

Аналіз останніх досліджень. Відома значна кількість спеціалізованих технічних засобів для змішування та подрібнення органічних відходів: соломи, гілля, деревини, трави і т.п. Устаткування складається з приймальних бункерів, живильних транспортерів, дробарок фрезерного і молоткового типу та відвантажувальних транспортерів. Всі технічні засоби відзначаються досить високою продуктивністю, що в свою чергу позначається на значних установлених потужностях, габаритах і коштовартості. Використання таких пристроїв доцільно і економічно виправдано тільки при переробці великих об'ємів відходів і постійному їх надходженню.

З економічних міркувань та простоти процесів механізації найбільше поширення знайшли тривіальні схеми компостування гною в буртах, штабелях з застосуванням бульдозерів. Компостування запроваджувалось з застосуванням козлових кранів ККС-Ф-2 (ПОУ-40), які рухаючись подовж спеціальних секцій для компостування гною, проводять всі технологічні операції. Секції попередньо заповнені гноєм, додатково завантажуються за допомогою козлового крана вологопоглинальним матеріалом (торфом, соломою). В подальшому компоненти змішуються і вивантажуються на компостний майданчик. Суміш витримується до завершення біотермічних процесів, а потім краном завантажуються на транспортні засоби.

Компостування може проводитись на спеціальних майданчиках, розроблених за типовими проектами 801-9-19.84, 801-9-20.84 та 801-9-21.84 продуктивністю 5, 10 і 20 тис. т на рік. Компости виготовляються з гною і торфу та розраховані до впровадження на фермах 100, 200 і 400 корів.

Для виробництва компостів використовують штабелювальну машину МТФ-71, шнековий аератор змішувач СА-100, машину для приготування компостів МПК-Ф-1 (модифікація навантажувача безперервної дії ПНД-250), бульдозери-навантажувачі типу ПФП, екскаватори типу ПЕ, змішувачі типу С.

У МГАУ і його дослідному господарстві з 1999 р. і по теперішній час проводиться розробка технології компостування підстилкового гною і мобільного аератора для її здійснення. [2]

Основними напрямками удосконалення технологій, технічного устаткування та самого процесу компостування на майданчиках є:

- створення технічних засобів для подрібнення компонентів, які додаються до компостних сумішей;
- розробка машин і устаткування для змішування компонентів та попередньої підготовки вихідних сумішей;
- створення агрегатів для формування буртів або штабелів для

компостування з можливістю їх подальшого застосування для перелопачування.

Основна частина. Для компостування невеликих за масою та об'ємом органічних відходів необхідна розробка змішувачів, які б забезпечували і підтримували елементарно прості вимоги до компостних систем.

На основі проведеного аналізу була запропонована конструктивна схема компостопріготувальної машини, яка має фрезерно-барабанний робочий орган. Робочий орган змішувача-аератора призначений для виконання технологічних операцій змішування, перелопачування, механічної аерації компостних матеріалів і їхніх сумішей з одночасним формуванням буртів.

Як початковий матеріал для виробництва органічних добрив використовували напіврідкий гній великої рогатої худоби вологістю 83...85 %. Використання мобільного аератора гною в 2-3 рази скорочує терміни біотермічної підготовки гною в буртах [3].

Під час роботи фрезерно-барабанний робочий орган здійснює одночасно поступальний рух зі швидкістю v та обертальний рух зі швидкістю ω і за рахунок цього взаємодіє з забуртованим компостним матеріалом.

Похилі лопаті врізаючись в структуру компостного матеріалу, відокремлюють певну його частину й одночасно змішують, розпушують, пересувають з периферії бурта до центру і перекидають позаду барабана формуючи новий бурт (рис. 1).

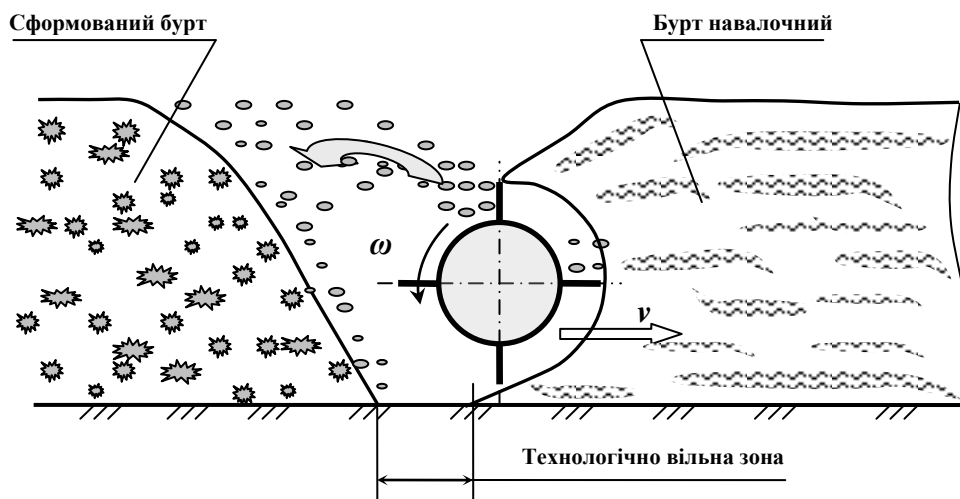


Рис.1. Схема принципу роботи фрезерно-барабанного робочого органа (похилі лопаті не зображено)

Прямі лопаті, які працюють у зоні найбільшої висоти бурта, виконують відокремлення матеріалу з масиву бурта, перекидають його з одноразовим формуванням нового бурта.

Під час роботи як прямих, так і похилих лопатей в зоні польоту відокремлених часток відбувається насичення їх киснем і звітнення з

суміші двоокису вуглецю, що утворився внаслідок мікробіологічних процесів. Перелопачування буртів також супроводжується зниженням температури маси, звітненням вологи та інших газоподібних речовин.

Висновки. На основі аналізу існуючих способів компостування запропоновано конструктивну схему мобільного змішувача-аератора органо-компостних сумішей як найбільш доцільну в нашому регіоні. Застосування змішувача-аератора дозволить: підвищити ефективність процесу компостування та забезпечити зниження металоємності машини; отримати високоякісний екологічно безпечний компост (за рахунок регулювання температури, насиченості киснем та додавання необхідних хімічних сполук) зі зниженням його собівартості; забезпечити мобільність, що дозволить застосовувати дану машину в різних за кількістю тварин господарствах; підтримати екологічний баланс.

Література

1. Должиков Н.Ф. Приготовление компостов на грунтовых площадках при помощи ПНД-250 / Н.Ф. Должиков // Химизация сельского хозяйства. – 1991. – №4. – С. 29 – 31.

2. Лепин П.В. Способы управления процессом биоферментации органического сырья для получения экологически чистых удобрений и кормовых добавок с заданными параметрами качества / П.В. Лепин // Технологический регламент. – Тверь: ВНИИМЗ. 1998. – 216 с.

3. Туваев В.Н. Технологические процессы и требования к комплексам технических средств для механизированного приготовления компостов на животноводческих фермах и птицефабриках: дис. ... канд. техн. наук. 05.20.01 "Механизация сельскохозяйственного производства: защищ. 04.02.84 / Туваев Владимир Николаевич. – СПб-Пушкин., 1984. – 168 с.

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ КОМПОСТОПРИГОТОВИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Харитонов В.И.

Аннотация

В статье приведенные результаты анализа образцов и средств компостирования. Представленная конструктивная схема смесителя-аэратора и его фрезерно-барабанного рабочего органа.

THE ANALYSIS OF WORKING PROCESS OF WINDROW COMPOST TURNERS

V. Kharitonov

Summary

Results of the analysis of ways and means composting are resulted. The presented basic scheme of work of the windrow turners and its frezer-drum-type working organ.

UDC 631.331.90

FITTING THE MODEL $H(A/m) = F(f(Gz))$

Kushnirenko A.G., C.Sc.

The Nizhyn Agrotechnical Institute

Tel. (04631) 4-35-89

Annotation – work is devoted the method of regressive analysis of experimental data and construction of model of $F(f(Gz))$

Keywords – regressive analysis, graph, mathematical model, confidence interval, error.

Introduction. In practice, we can see more problem fitting the model $y_i = \beta_1 f_{1i} + \beta_2 f_{2i} + \dots + \beta_p f_{pi} + e_i$ where y_i is the i^{th} response, f_{ji} is the j^{th} basis function evaluated at the i^{th} observation, and e_i is the i^{th} residual error [1 – 2]. In the Wolfram Mathematica 6.0, the built-in function *Fit* finds a least-squares fit to a list of data as a linear combination of the specified basis functions. The functions *Regress* and *DesignedRegress* provided in this package augment *Fit* by giving a list of commonly required diagnostics such as the coefficient of determination *RSquared*, the analysis of variance table *ANOVATable*, and the mean squared error *EstimatedVariance*. The output of regression functions can be controlled so that only needed information is produced. The *Linear Regression* provides analogous functionality for nonlinear models.

Material and methods. The basis functions f_j specify the predictors as functions of the independent variables. The resulting model for the response variable is:

$$H = f(b + b_1 f + b f^2), \quad (1)$$

Estimates of the coefficients b_1, \dots, b_p are calculated to minimize:

$$\sum_{i=1}^n e_i^2, \quad (2)$$

the error or residual sum of squares. For example, simple linear regression is accomplished by defining the basis functions as $f_1=1$ and $f_2=x$, in which case b_1 and b_2 are found to minimize:

$$\sum_{i=1}^n [H_i - (b_1 + b_2 f_i)]^2. \quad (3)$$

The arguments of *Regress* are of the same form as those of *Fit*. The data can be a list of vectors, each vector consisting of the observed values of the independent variables and the associated response. The basis functions f_j must be functions of the symbols given as variables. These symbols correspond to the independent variables represented in the data. By default, a constant function $f_j = 1$ is added to the list of basis functions if not explicitly given in the list of basis functions.

The data can also be a vector of data points. In this case, *Regress* assumes that this vector represents the values of a response variable with the independent variable having values 1, 2,

Results of the Measurements. Ways of specifying data in *Regress*.

This loads the package.:

```
<< LinearRegression`
```

For example, this data contains ordered pairs of a H(A/m) and a f (Gz):
 Data={{100,330},{200,336},{300,380},{400,395},{500,430},{600,490},
 {700,557}, {800,590},{900,680}};

This is a plot of the data:

```
ListPlot[{data}]
```

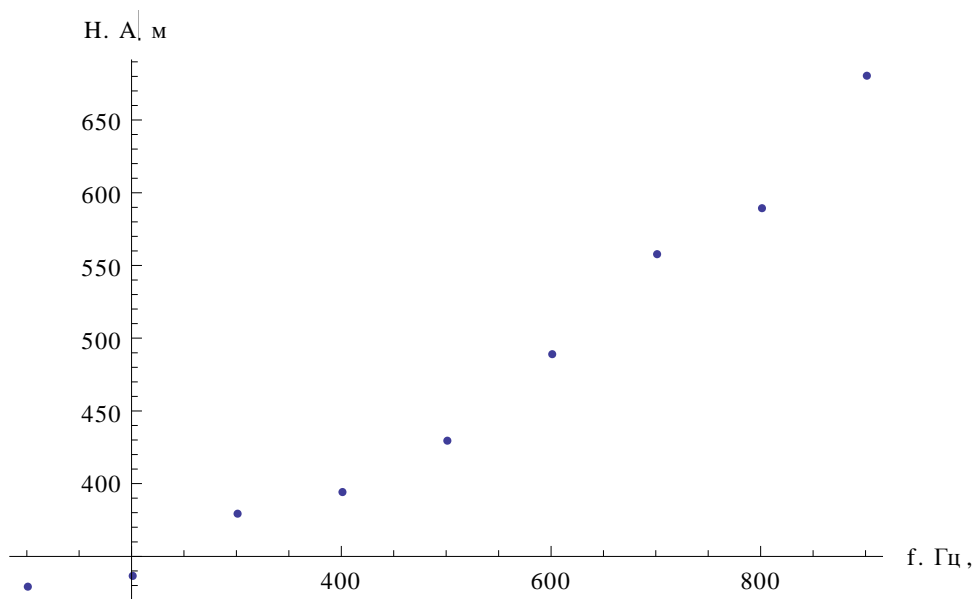


Fig. 1. This is a plot of the data points of the functions $H = f(f)$, A/m, f - Гц

This is the output for fitting the model:

$$y_i = b_0 + b_1 x + b_2 x^2 + e_i. \quad (4)$$

```
Regress[data, {1, x^2}, x]
```

You can use *Fit* if you want only the fitted function:

$Fit[data, \{1, x^2\}, x]$

$$\underline{H = 328.2 + 0.043f + 0.00043 f^2}, A / M \quad (5)$$

Where f – Гц.

Two of the options of *Regress* influence the method of calculation. *IncludeConstant* has a default setting *True*, which causes a constant term to be added to the model even if it is not specified in the basis functions. To fit a model without this constant term, specify *IncludeConstant* -> *False* and do not include a constant in the basis functions.

The *Weights* option allows you to implement weighted least squares by specifying a list of weights, one for each data point; the default *Weights* -> *Automatic* implies a weight of unity for each data point. When *Weights* -> $\{w_1, \dots, w_n\}$, the parameter estimates are chosen to minimize the weighted sum of squared residuals:

$$\sum_{i=1}^n w_i e_i^2. \quad (6)$$

Weights can also specify a pure function of the response. For example, to choose parameter estimates to minimize:

$$\sum_{i=1}^n \sqrt{y_i} e_i^2, \quad (7)$$

set *Weights* -> (*Sqrt* [#] &).

The options *RegressionReport* and *BasisNames* affect the form and content of the output. If *RegressionReport* is not specified, *Regress* automatically gives a list including values for *ParameterTable*, *RSquared*, *AdjustedRSquared*, *EstimatedVariance* and *ANOVATable*. This set of objects comprises the default *Summary*. The option *RegressionReport* can be used to specify a single object or a list of objects so that more (or less) than the default set of results is included in the output. *RegressionReportValues*[*Regress*] gives the objects that may be included in the *RegressionReport* list for the *Regress* function.

With the option *BasisNames*, you can label the headings of predictors in tables such as *ParameterTable* and *ParameterCITable*.

The regression functions will also accept any option that can be specified for *SingularValueList* or *StudentTCl*. In particular, the numerical tolerance for the internal singular value decomposition is specified using

Tolerance, and the confidence level for hypothesis testing and confidence intervals is specified using *ConfidenceLevel*.

*ANOVA*Table, a table for analysis of variance, provides a comparison of the given model to a smaller one including only a constant term. If *IncludeConstant->False* is specified, then the smaller model is reduced to the data. The table includes the degrees of freedom, the sum of squares and the mean squares due to the model (in the row labeled Model) and due to the residuals (in the row labeled Error). The residual mean square is also available in *EstimatedVariance*, and is calculated by dividing the residual sum of squares by its degrees of freedom. The *F*-test compares the two models using the ratio of their mean squares. If the value of *F* is large, the null hypothesis supporting the smaller model is rejected.

To evaluate the importance of each basis function, you can get information about the parameter estimates from the parameter table obtained by including *ParameterTable* in the list specified by *RegressionReport*. This table includes the estimates, their standard errors, and *t*-statistics for testing whether each parameter is zero. The *p*-values are calculated by comparing the obtained statistic to the *t* distribution with *n*-*p* degrees of freedom, where *n* is the sample size and *p* is the number of predictors. Confidence intervals for the parameter estimates, also based on the *t* distribution, can be found by specifying *ParameterCITable*. *ParameterConfidenceRegion* specifies the ellipsoidal joint confidence region of all fit parameters. *ParameterConfidenceRegion* [$\{f_{i_1}, f_{i_2}, \dots\}$] specifies the joint conditional confidence region of the fit parameters associated with basis functions $\{f_{i_1}, f_{i_2}, \dots\}$, a subset of the complete set of basis functions.

The square of the multiple correlation coefficient is called the coefficient of determination R^2 , and is given by the ratio of the model sum of squares to the total sum of squares. It is a summary statistic that describes the relationship between the predictors and the response variable. *AdjustedRSquared* is defined as:

$$R_2 = 1 - ((n-1)/(n-p)) (1-R^2), \quad (8)$$

and gives an adjusted value that you can use to compare subsequent subsets of models. The coefficient of variation is given by the ratio of the residual root mean square to the mean of the response variable. If the response is strictly positive, this is sometimes used to measure the relative magnitude of error variation.

Each row in *MeanPredictionCITable* gives the confidence interval for the mean response at each of the values of the independent variables. Each row in *SinglePredictionCITable* gives the confidence interval for a single observed response at each of the values of the

independent variables. *MeanPredictionCITable* gives a region likely to contain the regression curve, while *SinglePredictionCITable* gives a region likely to contain all possible observations.

The following gives the residuals, the confidence interval table for the predicted response of single observations, and the parameter joint confidence region:

```
regress=Regress[data,{1,x^2},x,RegressionReport → {FitResiduals,
SinglePredictionCITable, ParameterConfidenceRegion}]
```

This is a list of the residuals extracted from the output:

```
errors=FitResiduals/. regress
```

The observed response, the predicted response, the standard errors of the predicted response, and the confidence intervals may also be extracted:

```
{observed,predicted,se,ci}=Transpose[(SinglePredictionCITable/regress)
[1]];
```

This plots the predicted responses against the residuals:

```
ListPlot[Transpose[{predicted,errors}]]
```

Here the predicted responses and lower and upper confidence limits are paired with the corresponding x values:

```
( xval = data [ [ All,1 ] ];
```

```
Predicted = Transpose [ { xval, predicted } ];
```

```
lowerCI = Transpose [ { xval, First / @ ci } ];
```

```
upperCI = Transpose [ { xval, Last / @ ci } ];
```

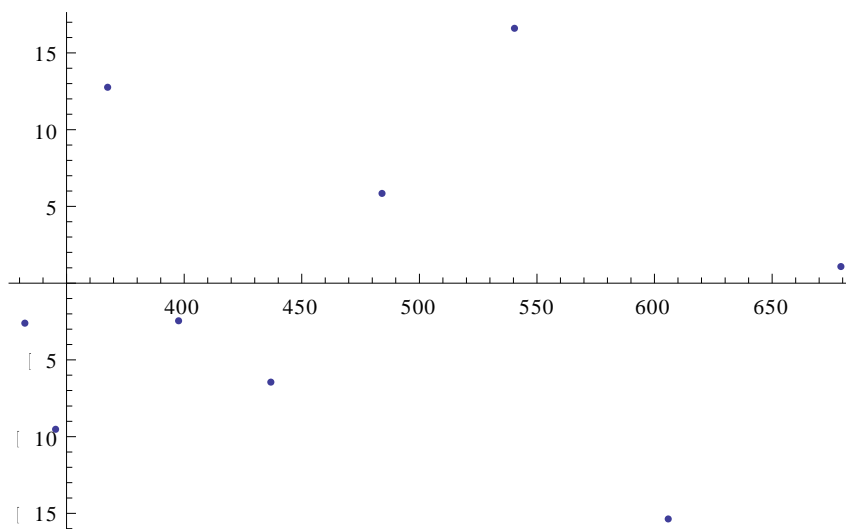


Fig. 2. This plots the predicted responses against the residuals

This displays the raw data, fitted curve, and the 95 % confidence intervals for the predicted responses of single observations.

```
ListPlot[{data,predicted,lowerCI,upperCI},Joined {False,True,True,True},
PlotStyle {Automatic,Automatic,{Dashing[.05,.05],Gray},{Dashing[.0,
.05]},Gray}]
```

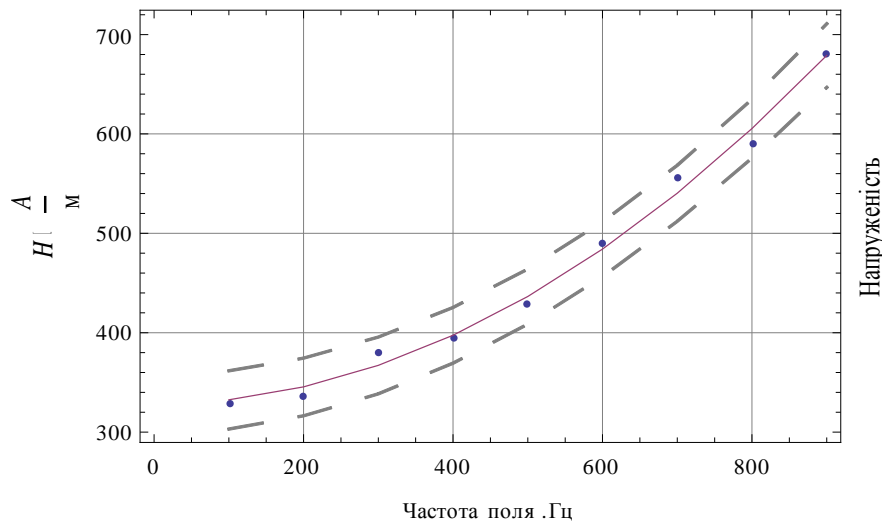


Fig. 3. This displays the raw data, fitted curve, and the 95 % confidence intervals for the predicted responses of single observations

Graphics may be used to display an *Ellipsoid* object. This is the joint 95 % confidence region for the regression parameters.

```
Graphics[ParameterConfidenceRegion/.regress
, Axes  $\rightarrow$  True, AxesLabel  $\rightarrow$  { " Constant ", " x Squared " },
AspectRatio  $\rightarrow$  1]
```

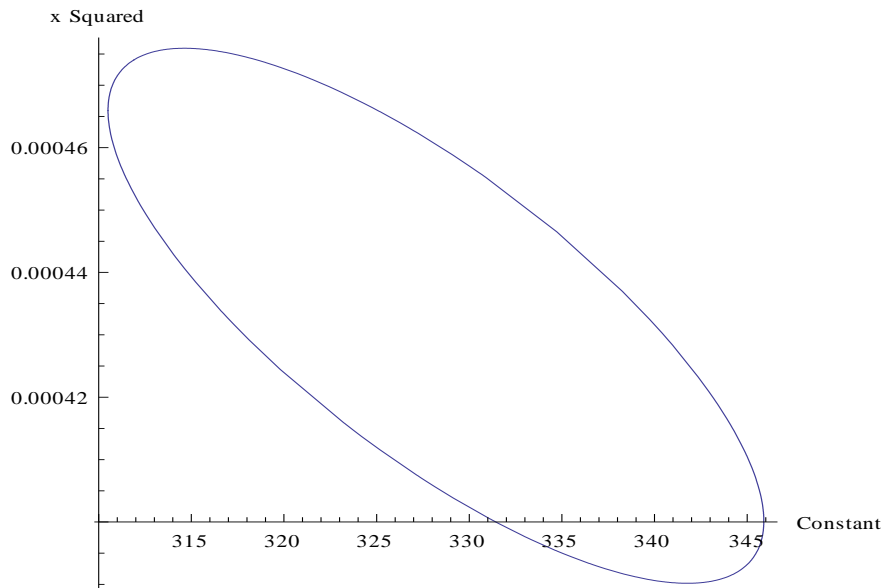


Fig. 4. *Graphics* may be used to display an *Ellipsoid* object. This is the joint 95 % confidence region for the regression parameters.

This package provides numerous diagnostics for evaluating the data and the fit. The *HatDiagonal* gives the leverage of each point, measuring whether each observation of the independent variables is unusual. *CookD* and *PredictedResponseDelta* are influence diagnostics, simultaneously

measuring whether the independent variables and the response variable are unusual. Unfortunately, these diagnostics are primarily useful in detecting single outliers. In particular, the diagnostics may indicate a single outlier, but deleting that observation and recomputing the diagnostics may indicate others. All these diagnostics are subject to this masking effect.

Some diagnostics indicate the degree to which individual basis functions contribute to the fit, or whether the basis functions are involved in a collinear relationship. The sum of the elements in the *SequentialSumOfSquares* vector gives the model sum of squares listed in the *ANOVA* table. Each element corresponds to the increment in the model sum of squares obtained by sequentially adding each nonconstant basis function to the model. Each element in the *PartialSumOfSquares* vector gives the increase in the model sum of squares due to adding the corresponding nonconstant basis function to a model consisting of all other basis functions. *SequentialSumOfSquares* is useful in determining the degree of a univariate polynomial model, while *PartialSumOfSquares* is useful in trimming a large set of predictors. VarianceInflation or *EigenstructureTable* may also be used for predictor set trimming.

The Durbin–Watson d statistic is used for testing the existence of a first-order autoregressive process. The statistic takes on values between 0 and 4, with values near the middle of that range indicating uncorrelated errors, an underlying assumption of the regression model. Critical values for the statistic vary with sample size, the number of parameters in the model, and the desired significance. These values can be found in published tables.

Other statistics not mentioned here can be computed with the help of the catcher matrix. This matrix catches all the information the predictors have about the parameter vector. This matrix can be exported from *Regress* by specifying *CatcherMatrix* with the *RegressionReport* option.

Frequently, linear regression is applied to an existing design matrix rather than the original data. A design matrix is a list containing the basis functions evaluated at the observed values of the independent variable. If your data is already in the form of a design matrix with a corresponding vector of response data, you can use *DesignedRegress* for the same analyses as provided by *Regress*. *DesignMatrix* puts your data in the form of a design matrix.

DesignMatrix takes the same arguments as *Regress*. It can be used to get the necessary arguments for *DesignedRegress*, or to check whether you correctly specified your basis functions. When you use *DesignMatrix*, the constant term is always included in the model unless *IncludeConstant* \rightarrow *False* is specified. Every option of *Regress* except *IncludeConstant* is accepted by *DesignedRegress*.

RegressionReportValues[DesignedRegress] gives the values that may be included in the *RegressionReport* list for the *DesignedRegress* function.

This is the design matrix used in the previous regression analysis:

```
mat=DesignMatrix[data,{1,x2,x}
{{1,10000},{1,40000},{1,90000},{1,160000},{1,250000},{1,360000},
{1,490000},{1,640000},{1,810000}}
```

Here is the vector of observed responses:

```
response=data[[All,-1]]
{330,336,380,395,430,490,557,590,680}
```

Summary. The result of *DesignedRegress* is equivalent to that of *Regress*:
DesignedRegress[mat,response,BasisNames → {"Constant","x Squared"}]

DesignedRegress will also accept the singular value decomposition of the design matrix. If the regression is not weighted, this approach will save recomputing the design matrix decomposition.

This is the singular value decomposition of the design matrix:

```
svd=SingularValueDecomposition[mat];
```

When several responses are of interest, this will save recomputing the design matrix decomposition:

```
DesignedRegress[svd,response,RegressionReport → BestFitParameters]
{330,336,380,395,430,490,557,590,680},RegressionReport → BestFitParameters]
```

The fitted function: $\underline{H = 328.2 + 0.043f + 0.00043 f^2}$, (A / m) best fits parameters.

References

1. *Branch, M. A.* Subspace, Interior, and Conjugate Gradient Method for Large-Scale Bound-Constrained Minimization Problems /. Branch M.A., Coleman T. F., Li Y. // *SIAM Journal on Scientific Computing.* – SIAM, 1999.-Vol. 21, Number 1. – P. 1-23.

2. *Cleveland W.S.* Robust Locally Weighted Regression and Smoothing Scatterplots// *Journal of the American Statistical Association.* – 1979. – Vol. 74. – P. 829-836.

СТВОРЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТИПУ

$$H (A/m) = F (f (Gz))$$

Кушніренко А.Г.

Анотація

Робота присвячена методиці регресивного аналізу експериментальних даних та побудові моделі $F (f (Gz))$

СОЗДАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТИПА

$$H (A/m) = F (f (Gz))$$

Кушніренко А.Г.

Аннотация

Работа посвящена методике регресивного анализа экспериментальных данных и построению модели $F (f (Gz))$

ЗМІСТ

<i>Дидур В.А., Ткаченко А.В.</i> Исследования математической модели сушки семян подсолнечника высших репродукций.....	3
<i>Квітка С.О., Вовк О.Ю., Нестерчук Д.М.</i> Дослідження теплових процесів асинхронних електродвигунів та розробка пристрою захисту від аварійних режимів роботи.....	18
<i>Попова І.О.</i> Розробка пристрою контролю відхилення напруги на асинхронному двигуні	24
<i>Никифорова Л.Є.</i> Нанотехнології у сільському господарстві.....	29
<i>Овчаров С.В., Островський А.В., Курашкін С.Ф.</i> Діагностування перетворення електричної енергії в заглибному електродвигуні	34
<i>Вовк О.Ю., Безменнікова Л.М, Квітка С.О.</i> Метод періодичного діагностування асинхронних двигунів.....	39
<i>Михайлов Є.В., Дудка В.С., Сінніков А.С., Бойко С.С.</i> Передумови вивчення процесу попередньої очистки зерна методом планування експерименту.....	47
<i>Мунтян В.О., Федюшко Ю. М., Лисенко О.В.</i> Ідентифікація моделі приймального тракту імпульсних рефлектометричних систем	52
<i>Назарьян Г.Н.</i> Тепловой расчет электромагнитных индукционных водонагревателей ЭМИН на базе статоров асинхронных двигателей	58
<i>Троїцька О.О., Бакарджиев Р.О.</i> Ефективність використання кормових брикетів на основі соломи, виготовлених на прес-брикетувальнику паливних брикетів	64
<i>Назарова О.П., Безменнікова Л.Н.</i> Программная реализация полного факторного эксперимента первого порядка	70
<i>Просвірнін В.І., Богатирьов Ю.О., Кузнецов І.О., Гулевський В.Б.</i> Теоретичне обґрунтування використання магнітокерованих контактів для виявлення феромагнітних тіл	75

<i>Нестерчук Д.М.</i> Пристрій контролю опору ізоляції та автоматичної сушки обмоток асинхронного електродвигуна.....	80
<i>Михайлов Є.В., Дудка В.С., Білокопитов О.О.</i> Удосконалення сепаратора попередньої очистки зерна.....	86
<i>Ловейкін В.С., Кушніренко Р.А., Катюха А.А.</i> Дослідження технологічних параметрів туковисівного апарату з електромеханічним приводом заслінки регулятора норми висіву	90
<i>Галько С.В., Миронець С.Д.</i> Застосування енергоощадних технологій на насосних станціях зрошення	96
<i>Кузьменко В.В., Курашкін С.Ф.</i> Розробка мікроконтролерного пристрою діагностування режимів роботи асинхронного електродвигуна	102
<i>Овчаров С.В., Михайленко Е.Ю.</i> Экспериментальное исследование параметров ветроэнергетической установки с вертикальной осью.....	107
<i>Стьопін Ю.О.</i> Спосіб поливу рослин у захищеному ґрунті зарядженою водою	114
<i>Рижков А.О., Сидоренко А.О.</i> Перспективні шляхи інтенсифікації ферментаційних процесів у біогазових установках	120
<i>Журавель Д.П., Мурай С.В.</i> Математическое моделирование рабочего процесса и определение экологических показателей дизеля Д-245 на номинальном режиме	124
<i>Овчаров С.В., Стойчев Д.В.</i> Анализ влияния параметров системы «электродвигатель-рабочая машина» на тепловые переходные процессы при пуске двигателя.....	131
<i>Куценко Ю.М.</i> Аналіз методів і пристроїв для вимірювання функції газообміну біологічних об'єктів.....	143
<i>Постнікова М.В., Карпова О.П.</i> Шляхи зниження втрат електроенергії при очищенні зерна на зернопунктах.....	148
<i>Кізім І.В.</i> Існуючі пристрої захисного відключення і їх удосконалення для побутової електромережі TN-C-S	152

<i>Безпалов Р.І., Троїцька О.О., Луц П.М.</i> Результати досліджень процесу консервування пивної дробини на кормові цілі у плівкових рукавах	156
<i>Тараканов О. В.</i> Аналіз існуючих способів підвищення продуктивності дерев.....	165
<i>Харитонов В.І.</i> Обґрунтування конструктивної схеми компостоприготувальної машини	169
<i>Kushnirenko A.G.</i> Fitting the model $H (A/m) = F(f(Gz))$	173

Наукове фахове видання

Праці Таврійського державного агротехнологічного
університету

Випуск 10. Том 4.

Свідотство про державну реєстрацію – Міністерство
юстиції 13503-2387 ПР від 03.12.2007

Відповідальний за випуск – Овчаров В.В.

Підписано до друку 28.05.2010 р. друк RIZO.
Друкарня ТДАТУ 8,3 умов. друк. арк.; тираж 100 прим.

72312 ПП Верескун
Запорізька обл., м.Мелітополь, вул. К. Маркса, 10
тел. (06192) 6-88-38