

**Яропуд В.М.**

к.т.н., старший викладач

**Вінницький
національний аграрний
університет****Yaropud V.****Vinnitsya National
Agrarian University****УДК 631.3****РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ
ЗМІНИ ВІБРАЦІЙНИХ
ХАРАКТЕРИСТИК
ВІБРОДВИГУНА**

Спеціальні вібраційні установки, що застосовуються в різних галузях машинобудування, комплектуються вібраційним двигуном. Тому виявлення шляхів підвищення ефективності керування вібраційними двигунами є актуальною задачею. Метою досліджень є підвищення ефективності керування вібраційними характеристиками вібродвигуна в залежності від зміни частоти обертання його дебалансів. В результаті досліджень розроблено спосіб керування вібраційними характеристиками вібродвигуна в залежності від зміни частоти обертання його дебалансів і отримані відповідні математичні залежності.

Ключові слова: вібродвигун, дебаланс, частотний перетворювач, частота, примусова сила.

Постановка проблеми. Спеціальні вібраційні установки, що застосовуються у різних галузях машинобудування, комплектуються вібраційних двигуном. Вони використовуються для вирішення різних завдань і дозволяють значно підвищити енергоефективність технологічних процесів[1]. Тому виявлення шляхів підвищення ефективності керування вібраційними двигунами є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирішення задач розробки і удосконалення механізмів керування вібраційними установками присвячено багато робіт[1-6]. Однак представлені в них результати не дають можливості у повній мірі проводити точний контроль і керування вібраційних характеристик вібродвигуна.

Формування мети дослідження. Підвищення ефективності керування вібраційними характеристиками вібродвигуна в залежності від зміни частоти обертання його дебалансів.

Вклад основного матеріалу дослідження. Як відомо вібродвигун – це дебалансний відцентровий механізм, примусова сила якого викликається обертовим рухом інерційного елемента. Вібродвигун є електродвигун з встановленими на кінцях валу ротора дебалансами. Дебаланси, обертаючись з валом ротора, створюють відцентрову (примусову) силу. Регулювання величини

примусової сили вібродвигуна здійснюється шляхом зміни взаємного розташування дебалансів на обох кінцях вала. Кругові коливання вібродвигуна, передаються конструкції на якій він встановлений.

Амплітуду коливань рухомої системи в місцях установки вібродвигуна можна розрахувати за формулою:

$$A = \frac{n \cdot M}{m_s + n \cdot m_v} \quad (1)$$

де M – статичний момент вібродвигуна, кг·м;
 m_s – маса рухомої системи, кг;
 m_v – маса вібродвигуна, кг;
 n – число вібродвигунів, шт.

Для вібродвигуна типу ИВ-99А2 можливо шість варіантів розміщення дебалансів із відповідним значенням статичного моменту (таблиця 1).

Примусова сила вібродвигуна розраховується за формулою [7-8]:

$$F_m = \frac{M}{1000} \left(\frac{2\pi n}{60} \right)^2 \quad (2)$$

де F_m – примусова сила, кН;
 M – момент дебалансів, кг·м;
 n – частота обертання вала ротора двигуна, хв⁻¹



Таблиця 1

Статичний момент дебалансів вібродвигуна типу ІВ-99А2 в залежності від варіанту розміщення дебалансів

Варіант розміщення дебалансів	Статичний момент дебалансів М, кг·м	Варіант розміщення дебалансів	Статичний момент дебалансів М, кг·м
	0,026418		0,047362
	0,035462		0,050694
	0,043078		0,053074

Момент дебалансів для вібродвигуна знаходиться з формули:

$$M = m \cdot e, \quad (3)$$

де e – ексцентриситет дебалансів, м;
 m – маса системи дебалансів, кг.

Частота коливання рухомої системи на яку встановлено вібродвигун визначається, як

$$\omega = \frac{n}{60}, \quad (4)$$

де ω – частота коливання рухомої системи, Гц.
 Об'єднуючи формули (2), (4) маємо:

$$F_m = \frac{M}{1000} (2\pi\omega)^2 \quad (5)$$

Підставляючи значення у (5) маємо залежність, поверхню якої представлено на рисунку 1:

$$F_m = 0,03947842 \cdot M\omega^2. \quad (6)$$

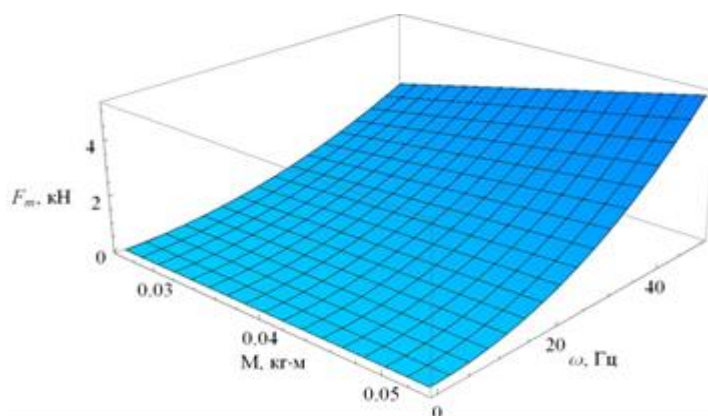


Рис. 1. Взаємозв'язок частоти коливання рухомої системи, на яку встановлено вібродвигун типу ІВ-99А2 ω , моменту дебалансів M і примусової сили F_m

Для зміни частоти коливань рухомої системи і примусової сили, окрім зміни моменту дебалансів, можна змінювати частоту обертання ротору електродвигуна. Оскільки в якості електродвигуна використано асинхронний, то частоту обертання його ротору

можна змінювати за допомогою частотного перетворювача (наприклад Danfoss). Загальний вигляд щита керування асинхронного електродвигуна представлено на рисунку 2, а його принципова електрична схема на рисунку 3.



Рис. 2. Загальний вигляд щита керування асинхронного електродвигуна

У зв'язку з тим, що частотний перетворювач дозволяє змінювати частоту електромережі асинхронного вібродвигуна від 0 до 50 Гц, а вал ротора вібродвигуна типу ІВ-99А2 обертається із частотою 3000 об/хв., то

частота електромережі співпадає із циклічною частотою вала ротора. Тому частоту коливань рухомої системи можна змінювати шляхом зміни частоти обертання ротора вібродвигуна з використанням частотного регулятора Danfoss.

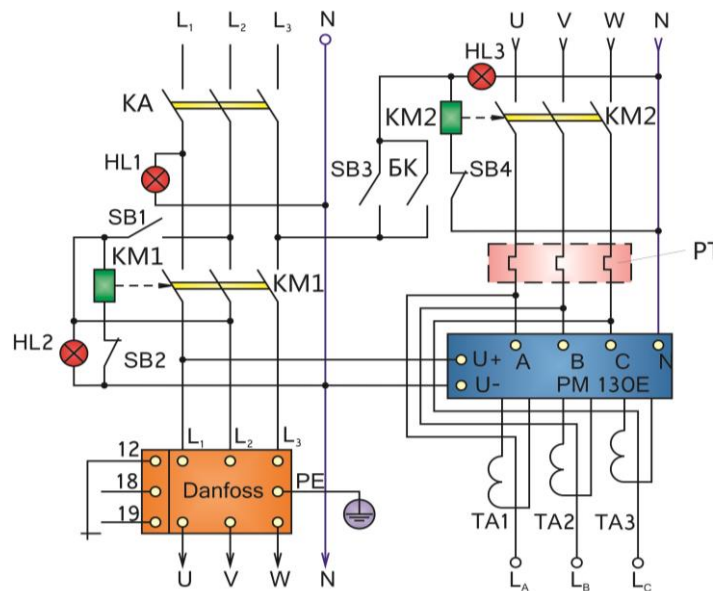


Рис. 3. Принципова електрична схема блока керування електродвигуном Danfoss: $L_1, L_2, L_3, L_A, L_B, L_C$ – фазні проводи на вході та виході шафи керування відповідно; N – нульовий провід; KA – комутаційний апарат (автоматичний вимикач); $KM1, KM2$ – контактори; $SB1, SB3$ – кнопки «Пуск»; $SB2, SB4$ – кнопки «Стоп»

У разі додаткового навантаження на вібродвигун у вигляді ваги (наприклад, $p_m = 125 \text{ кг/м}^2$) можна стверджувати, що

динамічна сила, що створюється під час його роботи, описується законом (рисунок 4):

$$F = 0,03947842 \cdot M\omega^2 \left(\frac{1}{2} \cos \omega t + \frac{1}{2} \right) + p_m S g \quad (7)$$

де S – площа поверхні на яку діє вібродвигун, (наприклад $S = 0,2 \text{ м}^2$);
 p_m – навантаження на вібродвигун у вигляді

ваги, кг/м^2 ;
 t – час, с ;
 g – прискорення вільного падіння, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$

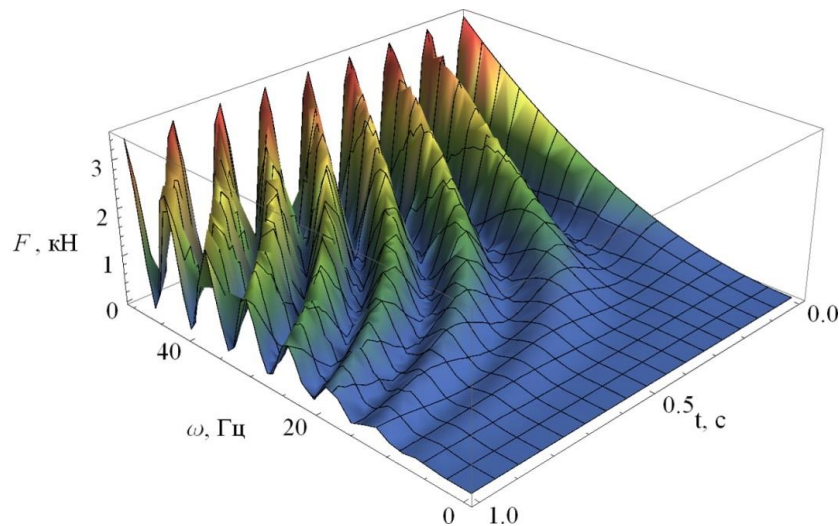


Рис. 4. Динаміка зміни примусової сили F_m в залежності від частоти коливання верхньої плити ω при моменті дебалансу $M = 0,035462$ кг·м і додаткового навантаження $\rho_m = 125$ кг/м²

Висновки. Підвищити ефективність керування вібраційними характеристиками вібродвигуна можна досягти шляхом зміни частоти обертання його дебалансів. У результаті досліджень розроблено спосіб керування вібраційними характеристиками вібродвигуна (частота коливань і примусова сила) в залежності від зміни частоти обертання його дебалансів. Отримано математичний взаємозв'язок частоти коливання рухомої системи, на яку встановлено вібродвигун типу ІВ-99А2, моменту дебалансів і примусової сили.

Список використаних джерел

1. Базаров Н. Х. Автоматика вибромашин / Н. Х. Базаров. – Ташкент: Узбекистан, 1976. – 118 с.
2. Дмитриев В.Н. Исследование пусковых режимов асинхронного дебалансного вибродвигателя / В.Н. Дмитриев, А.А. Горбунов // Проблемы энергетики. – 2008. – № 1-2. – С. 119-122.
3. Бансявичус Р.Ю. Вибродвигатели / Р.Ю. Бансявичус, К.М. Рагульскис. – Вильнюс: Мокслас, 1981. – 193 с.
4. Машины, машины-автоматы и автоматические линии легкой промышленности: [Учеб. для вузов по спец. "Машины и аппараты лег. пром-сти" / А.А. Анастасиев, Н.Н. Архипов, В.П. Корнилов и др.]. – М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1983. – 351 с.
5. Блехман И.И. Вибрационная механика / И.И. Блехман – М.: Наука. 1994. – 400 с.
6. Быховский И.И. Основы теории вибрационной техники / И.И. Быховский – М.:

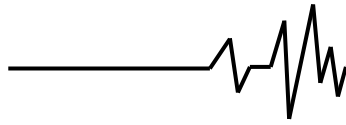
Машиностроение, 1968. – 362 с.

7. Алієв Е.Б. Результати дослідження процесу валяння грубої овечої вовни в повстяний пласт / Е.Б. Алієв, В.В. Лиходід, В.М. Забудченко, В.В. Івлєв // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Кіровоградський національний технічний університет – Кіровоград, 2014. – Вип. 44. – С. 25-31.

8. Алієв Е. Дослідження ефективності застосування плитно-валяльної машини ПВМ-1 у складі технологічного модуля ГМ ПОВ-8,0 під час оброблення та перероблення грубої овечої вовни в утеплювач тваринницьких приміщень / Е. Алієв, В. Лиходід, В. Івлєв, В. Смоляр // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: збірник наук. пр. / ДНУ УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – Дослідницьке, 2014. – № 18 (32). – С. 340-347.

Список джерел в транслітерації

1. Bazarov N. X. Avtomatika Vibromashina / N. X. Bazarov. – Tashkent: Uzbekistan, 1976. – 118 P.
2. Dmitriyev V. N. Issledovaniye puskovykh rezhimov asinkhronnogo debalansnogo vibrodvigatelya / V.N. Dmitriyev, A. A. Gorbunov // Problemy energetiki. – 2008. – № 1-2. – P. 119–122.
3. Bansyavichus R.YU. Vibrodvigately / R.YU. Bansyavichus, K.M. Ragul'skis. – Vil'nyus: Mokslas, 1981. – 193 P.
4. Mashiny, mashiny-avtomaty i avtomaticheskiye linii legkoy promyshlennosti: [Ucheb. dlya vuzov po spets. "Mashiny i apparaty leg. Prom-sti" / A. Anastasiyev, N.N. Arkhipov,



V.P. Kornilov i dr.] – M.: Leg. i pishch. prom-st', 1983. – 351 P.

5. Blekhmana I.I. Vibratsionnaya mekhanika / I.I. Blekhmana - M.: Nauka. 1994. – 400 P.

6. Bykhovskiy I.I. Osnovy teorii vibratsionnoye tekhniki / I.I. Bykhovskiy – M.: Mashinostroyeniye, 1968. – 362 P.

7. Aliyev Ye.B. Rezul'taty issledovaniya protsessa valyaniya gruboy ovech'yey shersti v voylochnyy sloy / Ye.B. Aliyev, V.V. Likhoded, V.M. Zabudchenko, V.V. Ivlev // Konstruirovaniye, proizvodstvo i ekspluatatsiya sel'skokhozyaystvennykh mashin Kirovogradskiy natsional'nyy tekhnicheskyy universitet – Kirovograd, 2014. – Выр. 44. – P. 25–31.

8. Aliyev Ye. Issledovaniye effektivnosti primeneniya plitno-valyal'no mashiny TSM-1 v sostave tekhnologicheskogo modulya GM POV-8,0 pri obrabotke i pererabotki gruboy ovech'yey shersti v uteplitel' zhivotnovodcheskikh pomeshcheniy / Ye. Aliyev, V. Likhoded, V. Ivlev, V. Smolyar // Tekhniko-tekhnologicheskiye aspekty razvitiya i ispytaniya novoy tekhniki i tekhnologiy dlya sel'skogo khozyaystva Ukrainy: sbornik nauk. pr. / DNU UkrNDIPVT im. L. Pogorelogo. - Issledovatel'skoye, 2014. – № 18 (32). – P. 340–347.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ВИБРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИБРОДВИГАТЕЛЯ

Аннотация. Специальные вибрационные установки, применяемые в различных отраслях машиностроения, комплектуются вибрационным двигателем. Поэтому поиск путей повышения эффективности управления вибрационными двигателями

является актуальной задачей. Целью исследований является повышение эффективности управления вибрационными характеристиками вибродвигателя в зависимости от изменения частоты вращения его дебалансов. В результате исследований разработан способ управления вибрационными характеристиками вибродвигателя в зависимости от изменения частоты вращения его дебалансов и получены соответствующие математические зависимости.

Ключевые слова: вибродвигатель, дебаланс, частотный преобразователь, частота, принудительная сила.

RESULTS OF VIBRODUCTION VIRIBILITY CHANGE VARIABLE CHANGE RESULTS

Abstract. Special vibration units used in various branches of mechanical engineering are equipped with a vibrating motor. Therefore, detection of ways to increase the efficiency of control of vibration motors is an urgent task. The aim of the research is to increase the efficiency of control of vibration characteristics of a vibrational engine, depending on the change in the frequency of rotation of its disturbances. As a result of the research, a method for controlling the vibrational characteristics of a vibrational engine was developed, depending on the change in the rotational frequency of its disturbances and the corresponding mathematical dependencies were obtained.

Keywords: vibromotor, debalance, frequency converter, frequency, coercive force.

Відомості про авторів

Яропуд Віталій Миколайович – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри сільськогосподарських машин Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: yaropud77@gmail.com).

Яропуд Віталій Николаевич – кандидат технічних наук, старший преподаватель кафедры сельскохозяйственных машин Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, Украина, 21008, e-mail: yaropud77@gmail.com).

Yaropud Vitaliy – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Agricultural Machines of Vinnytsia National Agrarian University (St. Soniachna, 3, Vinnytsia, Ukraine, 21008, e-mail: yaropud77@gmail.com).