



РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ВИБРОСИТА В ОБЛАСТИ ИНТЕНСИВНОЙ ВИБРОТЕХНОЛОГИИ

Мухтархан Ибадуллаев ✉[0009-0002-9276-0914]

Ибадуллаев М. – д.т.н., профессор кафедры «Электротехники» Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова.

Аннотация. В этой статье рассматриваются вопросы разработки и использования виброситов с регулируемым электромагнитным вибратором с электрическим приводом, используемых для очистки буровой смеси или сортировки горных пород. Рабочая часть вибрационного сита признает, что с помощью регулирования амплитуды и частоты вибрации можно улучшить эффективность сита, а также его динамические и энергетические рекомендации. Определены основные рекомендации Системы, которые можно использовать при расчете и конструировании электромагнитов путем решения дифференциальных уравнений. Для проведения экспериментальных исследований был разработан двухтактный электромагнитный вибратор с приводом. По результатам исследования было объяснено, что влияние на рабочее состояние по отношению к нагрузке на сито можно регулировать изменением импульса напряжения с помощью тиристорного преобразователя. Также определены соотношения амплитуды и частоты для обеспечения работы устройства в оптимальном состоянии.

Ключевые слова: вибратор, вибровозбудитель, сито, электромагнит, процеживание, перемешивание, подмагничивание, масса якоря, жесткость пружин.

Annotatsiya. Ushbu maqolada burg'ilash qorishmasini tozalash va tog'jinlarini saralashda qo'llaniladigan, boshqariluvchi, elektromagnitli titratgich elektr yuritmalii tebranuvchan elaklarni ishlab chikish va foydalanish masalalari ko'rilgan. Titragich elashning ishchi qismi tebranish amplitudasi va chastotasini rostdash yordamida, elash samaradorligini va uning dinamik va energetik tavsiyalarini yaxshilash mumkinligi e'tirof etadi. Tizimning differentsial tenglamalarini echish orqali elektromagnitlarni hisoblash va loyihalashda foydalanish mumkin bo'lgan asosiy tavsiyalari aniqlangan. Tajribaviy tadqiqot o'tkazish uchun ikki taktili elektromagnitli tibratgich ishlab chiqilgan. Tadqiqot natijalariga ko'ra, elak yuklanishiga nisbatan ishchi holatiga ta'sirini tiristor yordamida kuchlanish impulsini o'zgartirish bilan rostdash mumkinligi izohlangan. Shuningdek qurilmaning optimal holatda ishlashni ta'minlash uchun amplituda va chastota nisbatlari aniqlangan.

Kalit so'zlar: vibrator, tebranish qo'zg'atuvchisi, elak, elektromagnit, filtrlash, aralashtirish, magnitlash, langar massasi, bahor qattiqligi.

Annotation. This article discusses the development and use of vibrating screens with an adjustable electromagnetic vibrator with an electric drive, used for cleaning drilling mixtures or sorting rocks. The working part of the vibrating screen recognizes that by adjusting the amplitude and frequency of vibration, it is possible to improve the efficiency of the sieve, as well as its dynamic and energy recommendations. The main recommendations of the System that can be used in the calculation and design of electromagnets by solving differential equations are determined. A push-pull electromagnetic vibrator with a drive was developed for experimental research. According to the results of the study, it was explained that the effect on the operating state in relation to the load on the sieve can be regulated by changing the voltage pulse using a thermistor converter. The amplitude and frequency ratios have also been determined to ensure that the device operates in an optimal state.

Key words: vibrator, vibration exciter, sieve, electromagnet, straining, stirring, magnetization, armature mass, spring stiffness.

Введение

В настоящее время наблюдается значительное расширение ряда современных технологических процессов и подготовки изделия (сортировка, процеживание, разделение, перемешивание, очистка и др.) за счет использования вибрационных эффектов в диапазоне частот 20-50 Гц и амплитуд колебаний до 5 мм. [1,2,7,13,14,15,16].

Для этих целей перспективно использование электромагнитных возбудителей механических колебаний, обладающих достаточной конструктивной простотой, надёжностью обеспечивающих создание вибровоздействий с указанным диапазоном частот и амплитуд колебаний. Конструкция и эксплуатационные характеристики этих машин позволяют успешно использовать их в современных автоматизированных технологических процессах. По сравнению с другими типами механических вибропускателей электромагнитные вибраторы отличаются длительным сроком службы, простотой обслуживания, низкими затратами на техническое обслуживание и широкими возможностями автоматизации [1,5,6,10,11]. Особенности работы этих машин являются высокая интенсивность вибрации, создаваемой электромагнитными вибровозбудителями из-за их высокой частоты и относительно небольших амплитуд [3,4,8,9,12].



Материалы и методы

Принципиальная схема разработанного вибратора представлена на рисунке 1. Она состоит из двухтактного электромагнитного вибровозбудителя с двумя Ш-образными электромагнитами 1, с обмотками 2 и якорями 3 которых соединены упругими элементами 4 неподвижных частей ЭМВВ (сердечники электромагнитов). Рама ситового полотна через пружинные элементы 4 соединена со стойками станины вибросита.

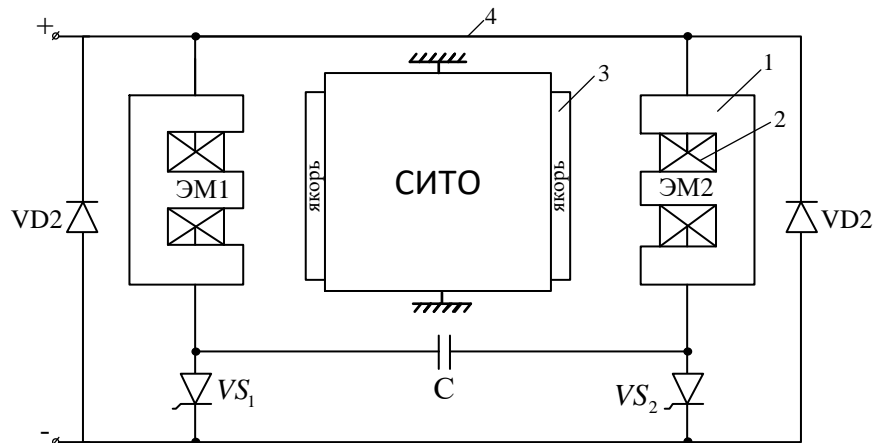


Рис.1 Принципиальная схема вибросита.

Для управления частотой колебаний используются полупроводниковые преобразователи частоты параллельного типа. Частота механических колебаний регулируется генератором управляющих импульсов (мультивибратором или триггером). Обмотки ЭМВВ соединены с источником постоянного тока так, что каждое плечо обмотки включены тиристоры VS1 и VS2. Диоды VD1 и VD2 служат для устранения перенапряжения на тиристорах при коммутациях. Экспериментальное исследование вибросита, включенного по данной схеме, подтвердило возможность использования его на практике с диапазоном регулирования частот до 50 Гц.

Для надежной и производительной работы вибросита необходимо определить основные характеристики (амплитуды колебаний, электромагнитные силы, магнитные потоки, токи в обмотках и т.п.), которые служат при расчетах и проектировании. Исследуемая система состоит из двух подсистемомеханической колебательной и возбудителя колебаний ЭМВВ с преобразователем частоты. Тогда динамика электромагнитного вибросита описывается следующими уравнениями:

$$\begin{cases} \frac{d(L_1 i_1)}{dt} + R_1 i_1 = U_1(t), \\ \frac{d(L_2 i_2)}{dt} + R_2 i_2 = U_2(t), \\ M \frac{d^2 x}{dt^2} + K \frac{dx}{dt} + cx = F(i_1, i_2, x), \end{cases} \quad 1)$$

где U_1, U_2 – напряжения на электромагнитных катушках i_1, i_2 - токи на катушках L_1, L_2 -индуктивности электромагнитной системы: R_1, R_2 -активные сопротивления катушек: x -перемещение якоря: K -коэффициент внешнего сопротивления, C -жесткость пружины: m -масса якоря, к которому подключена нагрузка, $F(i_1, i_2, x)$ -электромагнитная сила-функция токов i_1, i_2 и x движения.

Здесь учитывались параметры возбудителей электромагнитных колебаний, которые идентичны, а сами электромагниты прочно связаны между собой. Средние связи между сердечником и якорями также одинаковы и находятся в неподвижном состоянии.

При этих условиях перемещение якоря будет иметь гармонический характер и выразится следующим образом:

$$y = -\frac{4aK_1 F_0}{\mu(1 - 2\beta F_0 K_1 \cos \varphi_1)} \cos(\tau - \varphi_1), \quad (2)$$

где



$$\alpha = \frac{\pi}{4m_0}, \quad (3)$$

$$m_0 = 1,$$

$$k_1 = \frac{1}{\sqrt{(\omega_0^2 - 1)^2 + \delta^2}}, \quad (4)$$

$$\omega_0^2 = \frac{c}{M\omega^2}, \quad (5)$$

$$\mu = \frac{R_1}{L_1\omega} = \frac{R_2}{L_2\omega}. \quad (6)$$

$$F_0 = \frac{16U_0^2\beta}{2L_0\pi^2x_0^2m\omega^2}, \quad (7)$$

$$\delta = \frac{K}{M\omega} \quad (8)$$

$$\tau = \omega t \quad (9)$$

$$\varphi_1 = \text{arctg} \frac{\delta}{1 - \omega^2} \quad (10)$$

$$L_1 = L_2 = \frac{L_0}{1 \pm \beta \frac{x}{x_0}}. \quad (11)$$

Для тягового усилия, приложенного к рабочему органу (ситовому полотну), имеем

$$F(x, i_1, i_2) = - \frac{4\alpha F_0}{\mu(1 - 2\beta F_0 K_1 \cos \varphi_1)} \cos \tau \quad (12)$$

Пользуясь соотношениями (2) и (3), можно найти приближенные выражения для тока и мощности, потребляемых каждым электромагнитом.

Учитывая, что потокосцепление, $\Psi_1 = L_1 i_1$ можно вычислить ток i_1 :

$$i_1 = \frac{4U_0}{\pi\omega L_0} (\lambda - \cos \tau) [1 + 4\lambda K_1 \cos(\tau - \varphi_1)]. \quad (13)$$

Тогда средняя мощность, потребляемая каждым электромагнитом, будет равна

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T i_1 d\Psi_1 = \frac{32U_0^2 \lambda^2 \beta K_1 F_0 \sin \varphi_1}{L_0 \pi^2 \omega^2}, \quad (14)$$

$$\lambda = \frac{\alpha}{1 - 2\beta F_0 K_1 \cos \varphi_1}. \quad (15)$$

где

Таким образом, при работе электромагнитного вибратора в двухтактном режиме и питании от тиристорного ключа постоянного тока в случае настройки системы на резонанс по основной гармонике напряжения возникают периодические режимы колебаний. Для области, удаленной от резонанса, они имеют несинусоидальную форму. Однако настройка на резонанс при изменении параметров механической подсистемы всегда может быть осуществлена путем изменения частоты импульса тиристорного преобразователя без остановки вибратора [5, 6, 7].

Разработанный привод вибратора для очистки буровых растворов обеспечивает управляемость параметров вибрации при изменении режимов работы и не требует остановки механизма; по сравнению с применяющимися серийными установками он имеет малые габариты и металлоемкость.



Закключение

Результаты исследования показывают, что настройка на резонанс при изменении параметров механической подсистемы всегда может быть осуществлена путем изменения частоты импульса тиристорного преобразователя.

Разработанный привод вибростата для интенсивных вибротехнологий позволяет управлять параметрами вибрации при изменении режимов работы без остановки механизма.

Разработанная система управления обеспечивает необходимый диапазон частот в пределах 15-30 Гц. При этом оптимальной частотой является 22-28 Гц. Амплитуда колебаний может регулироваться в пределах 2-5мм. С уменьшением размеров отверстий ситового полотна ниже 0,3мм, амплитуда колебаний должна уменьшаться, а частота колебаний должна увеличиваться.

Список использованные литературы

- [1]. Афанасьев А.И, Суслов Д.Н. Оценка энергетической эффективности вибровозбудителей резонансных вибротранспортных машин. Горный информационный аналитический бюллетень 2018 №1 с.126-132
- [2]. Блехман А. И. "Что может вибрация?" "О вибрационной механике и вибрационной технике" Изд. 2 доп.2017 216с.
- [3]. Кораблев С.С. Покровский А.Ю. Огурцов Ф.Б. Системный анализ электромагнитных вибровозбудителей Изд. Вузов Электромеханика 1989 №3 с.87-89
- [4]. Бессонов Л.А. Нелинейные электрические цепи. 5-е издание –Москва: «Высшая школа», 2015 г. С. 375.
- [5]. Chowdhury S.H., Tiliakhojaev M., Ullah Md.S. An Analysis on Electro-Magnetic Vibro-Exciter Fed by Non-linear Power, Controlled by Velocity transducer. //Journal of Electrical Engineering, the Institution of Engineers, Bangladesh. Vol. EE24. №1, 1996.С. 84-88.
- [6]. Ибадуллаев М.И., Нуралиев А.К., Есенбеков А.Ж., Назаров А.И., Резонансный электромагнитный вибровозбудитель колебаний с обратной связью // Вестник МЭИ. №1. - Москва. 2020 г. С. 57-60.
- [7]. Ibadullaev M, Nuraliev A. Esenbekov A. Resonance Electromagnetic Exciter with nonlinear power supply // Cite as: AJP Conference Proceedings 2552, 050036 (2023) Published Online 05 January 2023.
- [8]. Setona O. Kupchuk J. Dynamic synchronization of vibration exciters of the threemass vibration mill Pzeglad elextrotechnicary 2020 T,96 с,161-165
- [9]. Чеснаков А.А. К теории и расчету электромагнитных колебаний. Электричество, 1961. №12. С.37-40.
- [10]. Антипов В.И., Ефременков Е.Е., Руин А.А., Субботин Ю.О. Повышение энергоэффективности работы вибрационных механизмов за счет возбуждения низкочастотного резонансного режима колебаний // Стекло и керамика, 2007. №5. С. 13-16.
- [11]. Афанасьев А.И., Закаменных Ю.Г. Анализ резонансных вибротранспортных машин // Известия ВУЗов энергоснабжения. Горный журнал №8. 2008. С.101-106.
- [12]. Исмаилов З.И., Исмаилов А.З. Исследование электромагнитного двухтактного вибровозбудителя в автономном режиме. Вестник ТашГТУ. 1999 №1.
- [13]. Tovbaev A.N., Ibadullayev M., Norboyev S.I. Analysis of subharmonic oscillations in three-phase Ferroresonant circuits with bias Journal of Physics: Conference Series 2388 (1), 012060. 2022.
- [14]. A.N Tovboyev, D.S Mardonov, A.X Mamatazimov, S.S Samatova Analysis of subharmonic oscillations in multi-phase ferroresonance circuits using a mathematical model Journal of Physics: Conference Series 2094 (5), 052048, 2021.
- [15]. M Ibadullaev, AN Tovboyev. Research of Ferro-Resonance Oscillations at the Frequency of Subharmonics in Three-Phase Non-Linear Electric Circuits and Systems E3SWeb of Conferences, 2020.
- [16]. Товбаев А.Н. Частотно-энергетические соотношения при анализе автопараметрических колебаний. Горный вестник, Узбекистан, 165-170 2017 г.