

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРИВОДУ ВІБРАЦІЙНОГО ДОЗАТОРА З КРУТИЛЬНИМИ КОЛИВАННЯМИ РОБОЧОГО ОРГАНА

к.т.н. С. Хімка

Львівський національний аграрний університет

Аналіз проблеми. Сьогодні створені різноманітні конструктивні рішення дозувальних пристроїв, що характеризуються спектром техніко-економічних параметрів, які, так чи інакше, обумовлюють оптимальність вибору за певними критеріями.

Виконаний аналіз дозувальних пристроїв, підтвердив переваги вібраційних дозаторів, які працюють на ефекті псевдорозрідження матеріалу подачі. Їм притаманні різні види коливальних рухів, найкращі з них – з крутильними коливаннями робочого органа в режимі, близькому до резонансного, які використовують на привод мінімум енергії [5].

Теоретичні засади дозування дисково-конусним дозатором з крутильними коливаннями робочого органу розглянуті раніше [1–3]. Загалом вібраційне дозування – це переміщення матеріалу внаслідок коливань робочого органу під впливом вібратора.

За принципом дії електромагнітні приводи є найдосконаліші. Вони не мають деталей, які піддаються тертю та зношуванню [4–6]. Забезпечують плавне регулювання подачі шляхом зміни амплітуди коливань у широких межах, і водночас режимів роботи. Необхідний коливний рух робочого органу здійснюється без будь-яких проміжних чи додаткових механізмів [3–7]. Зазвичай для живлення електричного вібратора використовують змінну напругу промислової частоти 50 Гц. Застосовуючи живлення привода від генератора напруги змінної частоти можна досягти оптимальності (якості) регулювань і ліпшої рівномірності подачі, але через ускладнення системи суттєво дорожчає дозатор [4–6].

Огляд останніх досліджень і публікацій. У літературі не обгрунтовано параметри автоматизованих приводів вібраційних дозаторів із крутильними коливаннями робочого органу.

Постановка завдання. Щоб стабілізувати подачу дозатора та спростити конструкцію, доцільно живити електромагнітний вібраційний привод без посередньо від промислової мережі з частотою 50 Гц, а автоматизована система керування має бути замкнута, тобто охоплена негативним зворотним зв'язком у функції подачі. Для цього необхідно розробити давач подачі та виконавчий пристрій, який змінював би параметри коливань робочого органу вібраційного дозатора з крутильними коливаннями відповідно до зміни подачі.

Виклад основного матеріалу. Розробимо систему стабілізації подачі дозатора з автоматичною зміною амплітуди коливання робочого органу внаслідок зміни напруги живлення вібратора магнітним підсилювачем керованим сигналом зворотного зв'язку, отриманим від первинного перетворювача подачі оптронного типу. Функціональна схема вібраційного дозатора подана на рис. 1.

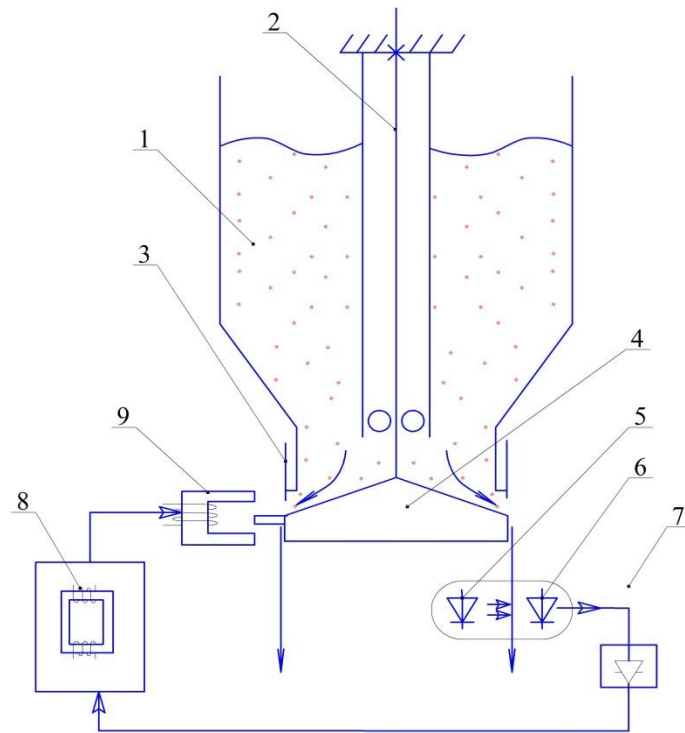


Рис. 1. Функціональна схема енергоощадного вібраційного дозатора: 1 – бункер;
 2 – стрижень; 3 – заслінка регульовальна; 4 – робочий орган; 5 – світлодіод;
 6 – фотодіод; 7 – підсилювач сигналу; 8 – магнітний підсилювач;
 9 – електромагнітний привод.

Дозатор забезпечує керовану зміну жорсткості стрижня-торсіона, моменту інерції рухомої частини робочого органу, зазору між робочим органом і горловиною бункера, амплітуду імпульсів вимушених кругових коливань робочого органа [3, 5].

Привод дозатора здійснюється електромагнітом 9, який живиться від промислової мережі. Амплітуда коливань керують змінюючи напругу живлення електромагнітного вібратора магнітним підсилювачем (МП) 8. Система керування приводом отримує сигнал зворотного зв'язку з давача подачі, який побудований на базі оптоелектронної пари світлодіод 5, фотодіод 6. Отриманий сигнал підсилює операційний підсилювач (ОП) та транзистор Т1. МП може плавно змінювати повний опір у колі живлення вібратора внаслідок зміни струму в обмотці підмагнічування сердечника.

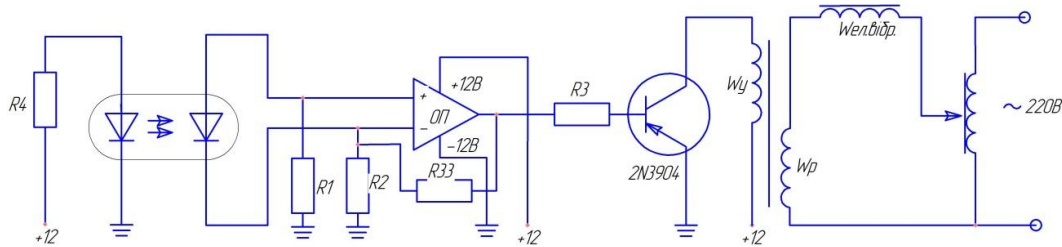


Рис. 2. Електрична схема керування подачею енергоощадного вібраційного дозатора.

Тепер необхідно узгодити значення вихідної напруги датчика $U_{\Phi Д}$ (фотодіода) з вхідною напругою транзистора U_{TP} , тобто знайти коефіцієнт підсилення за напругою K_U масштабувального пристрою:

$$K_U = \frac{U_{\Phi Д}}{U_{TP}}. \quad (1)$$

Струм у робочій обмотці МП W_p без урахування коефіцієнта підсилення транзистора можна визначити за формулою

$$I_2 = U / \sqrt{r_2^2 + (\omega L + x_n)^2}, \quad (2)$$

де U – напруга живлення, В; r – активний опір, Ом; ω – кутова частота, рад/с; L – індуктивність обмотки, Гн; x_n – індуктивний опір навантаження, Ом.

Індуктивність залежить від степеню насичення і її можна виразити формулою

$$L = w \cdot d\Phi / di, \quad (3)$$

де w – кількість витків обмотки; Φ – магнітний потік сердечника, Вб; i – струм, що проходить по обмотці, А.

Залежність магнітного потоку Φ від струму i нелінійна і описується кривою намагнічування $\Phi = f(i)$ [7].

Коефіцієнт підсилення за потужністю МП

$$K = P_{вх} / P_{вх}. \quad (4)$$

Марку феромагнітного матеріалу для виготовлення осердя вибираємо з урахуванням частоти живлення робочої обмотки та потужності МП згідно з рекомендаціями з праці [8].

Розрахунок МП розпочинаємо з визначення об'єму його осердя:

$$V = \frac{P \sqrt{1 - \frac{1}{k_p^2}}}{\omega H_{\max кз} \sqrt{B_{xx}^2 - B_m^2}}, \quad (5)$$

де $H_{\max кз}$ – максимальне значення напруженості в режимі короткого замикання, А/см; B_{xx} – магнітна індукція, Тл; B_m – магнітна індукція короткого замикання (визначають графічним шляхом), Тл [7].

Максимальне значення напруженості в режимі короткого замикання (насичення)

$$H_{\max} = k_{кр} H_{xx}, \quad (6)$$

де $k_{кр}$ – коефіцієнт кратності струму; H_{xx} – напруженість магнітного поля, А/см.

Вибираємо найближчий типорозмір осердя з нормального ряду. Уточнений об'єм осердя вираховуємо виходячи з геометричних розмірів вибраного типу сердечника.

Кількість витків робочої обмотки змінного струму розраховуємо за формулою

$$W_P = \frac{P_{МП}}{2\rho l_{CP} \cdot J}, \quad (7)$$

де ρ – питомий електричний опір, Ом·мм²/м; J – нормована густина струму, А/м²; l_{CP} – середня довжина одного витка робочої обмотки, м.

Тоді кількість витків обмотки управління

$$W_Y \approx \frac{H_{Y\text{макс}}}{I_{Y\text{макс}}} l_{Ycp}, \quad (8)$$

де l_{Ycp} – середнє значення довжини одного витка обмотки управління, м; $H_{Y\text{макс}}$ – напруженість магнітного поля А/см (знаходимо графічно, як і напруженість управління, що зумовлює режим $H_{\text{макс}}$ [8].

Струм робочої обмотки знаходимо за формулою

$$I_{P\text{макс}} = \frac{H_{\text{макс}} l_P}{W_P} = \frac{H_{\text{макс}} \cdot l_{PCP} \cdot W_P}{W_P} = H_{\text{макс}} \cdot l_{Pcc}, \quad (9)$$

де l_{PCP} – довжина одного витка робочої обмотки, м.

Реактивний опір X_Y , який необхідно увімкнути в контур управління для пригнічення парних гармонік, знаходимо з формули повного опору обмотки управління Z_Y , що повинен задовольняти умову:

$$Z_Y = \sqrt{R_Y^2 + X_Y^2} \geq 10R'_P, \quad (10)$$

де R_Y , R_P – активний опір обмотки управління і робочої обмотки відповідно, Ом.

Звідси:

$$X_Y = \sqrt{(10R'_P)^2 - R_Y^2}.$$

Знаходимо індуктивність дроселя:

$$L_Y = \frac{X_Y}{2\pi f}, \quad (11)$$

де f – частота мережі, Гц.

Визначаємо падіння напруги на індуктивній ланці робочої обмотки:

$$U_L = 4,44 \cdot f \cdot W_P \cdot S \cdot B_{XX}, \quad (12)$$

де S – площа поперечного перерізу стрижня магнітопроводу, мм²; B_{XX} – індукція в магнітопроводі на ділянці перегину основної кривої намагнічування.

Напруга джерела живлення робочої обмотки:

$$U_{\approx} = \sqrt{U_L^2 + \frac{I_P^2}{K_{KP}} R_P^2}.$$

Висновки. Використання електромеханічного автоматизованого приводу та узгодження його параметрів за описаною методикою уможливує підвищення рівномірності та точності дозування, плавності регулювання подачі, а також знижує

питомі енерго- і металоємність дозування, експлуатаційні витрати, що забезпечує економічний ефект.

Бібліографічний список

1. Сиротюк В. Обґрунтування параметрів вібраційного конусно-дискового дозатора комбикормів / В. Сиротюк, І. Дробот, С. Хімка // Вісник Харківськ. нац. ун-т ім. П. Василенка, механізація сільськогосподарського виробництва. – 2010. – 1. № 93. – С. 458–463.
2. Сиротюк В. М. Експериментальне дослідження режимів роботи енергоощадного вібраційного дозатора сипучих кормів / В. М. Сиротюк, С. М. Хімка // MOTROL Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Lublin, 2011. – № 13D. – S. 62–67.
3. Сиротюк В. М. Теоретичне визначення подачі вібраційного енергоощадного дозатора сипучих кормів / В. М. Сиротюк, С. М. Хімка, К. М. Василів // MOTROL Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Lublin, 2012. – № 15D. – S. 82–87.
4. Хімка С. М. Обґрунтування вибору схеми електромагнітного віброзбудника для електропривода вібраційних машин / С. М. Хімка, І. М. Дробот, М. О. Гошко // Вісник Львівськ. нац. аграрн. ун-ту агроінженерні дослідження. – 2012. – № 16. – С. 458–463.
5. Хімка С. М. Обґрунтування параметрів вібраційного дозатора сипучих кормів. – Дисертація на здобуття наукового ступеня канд. техн. наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. – Львівський нац. аграрн. ун-т, 2012. – 130 с.
6. Електропривод: підручник / [Ю. М. Лавріненко, О. С. Марченко, О. Ю. Савченко та ін.]; за ред. Ю. М. Лавріненка. – К. : Ліра, 2009. – 504 с.
7. Зелінський І. Д. Система керування електромагнітним віброзбудником / І. Д. Зелінський // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні : Укр. міжвідом. наук.-техн. збірник. – Львів : Держ. ун-т “Львівська політехніка”. – 2003. – Вип. 37. – С. 3–6.
8. Миловзоров В. П. Электромагнитные устройства автоматики: Уч. для вузов. – М. : Высш. шк., 1983. – 408 с.

С. Хімка. Обґрунтування параметрів автоматизованого приводу вібраційного дозатора з крутильними коливаннями робочого органа.

Обґрунтовано параметри електромеханічного автоматизованого приводу енергоощадного вібраційного дозатора з крутильними коливаннями робочого органа із замкнутою системою керування, тобто з негативним зворотним зв'язком у функції подачі. Для цього розроблено давач подачі та виконавчий пристрій, який змінює параметри коливань робочого органа вібраційного дозатора з крутильними коливаннями залежно від зміни подачі. За допомогою такого приводу можна підвищити точність дозування і плавність регулювання подачі, також знизити питомі енерго- і металоємність дозування, експлуатаційні витрати і підвищити економічний ефект.

Ключові слова: електромеханічний автоматизований привід, електромагнітний підсилювач, оптоелектронна пара, енергоощадний вібраційний дозатор.

S. Khimka. Rationale parameters automated drive of a vibrating dispenser with the working body torsional vibrations.

Grounded parameters automated electromechanical drive energy-efficient dispenser vibration of torsional vibrations working body with closed control system, ie with negative feedback as a function of supply. For this developed sensor and actuator supply, which changes the oscillation parameters of working body vibrating feeder with torsional vibrations depending on changes in supply. With this drive can improve dosing accuracy and smoothness regulatory filing also reduce the specific energy and metal dosage operating costs and increase economic benefits.

Keywords: automated electromechanical drive, electromagnetic amplifier, optoelectronic couple vibration energy efficient dispenser.

С. Химка. Обоснование параметров автоматизированного привода вибрационного дозатора с крутильными колебаниями рабочего органа.

Обоснованно параметры электромеханического автоматизированного привода энергосберегающего вибрационного дозатора с крутильными колебаниями рабочего органа с замкнутой системой управления, то есть с отрицательной обратной связью в функции подачи. Для этого разработан датчик подачи и исполнительное устройство, который меняет параметры колебаний рабочего органа вибрационного дозатора с крутильными колебаниями в зависимости от изменения подачи. С помощью такого привода можно повысить точность дозирования и плавность регулирования подачи, также снизить удельные энерго и металлоемкость дозировки, эксплуатационные расходы и повысить экономический эффект.

Ключевые слова: электромеханический автоматизированный привод, электромагнитный усилитель, оптоэлектронная пара, энергосберегающий вибрационный дозатор.