

УДК 631.362

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 елемента, комутуючого силове коло, наприклад, контактора, який включає ЕМЗ.

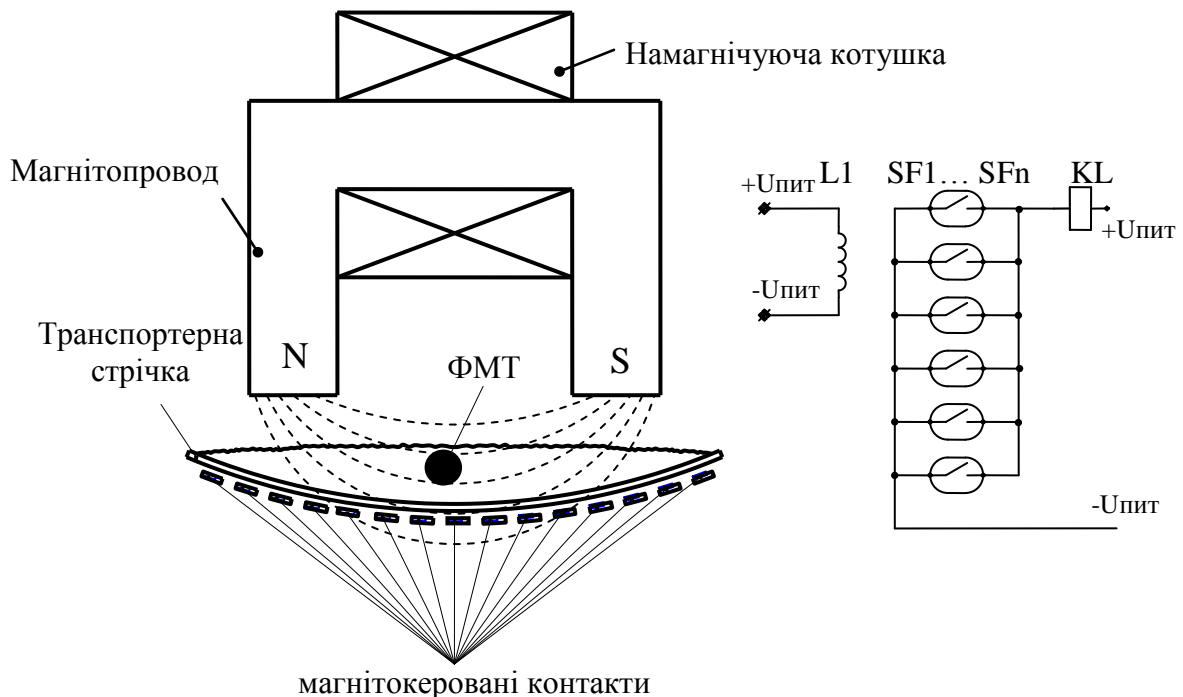


Рис. 1. Конструкція пристрою виявлення ФМТ на магнітокерованих контактах

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.

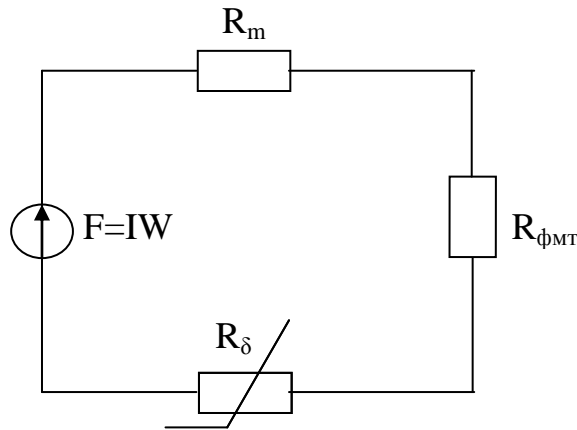


Рис. 2. Схема заміщення магнітного кола пристрою виявлення ФМТ на магнітокерованих контактах

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, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ 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, м².

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:

$$\Phi_{\phi \delta n} = \frac{\Phi_{abc}}{\Phi_{\delta o}} \quad (10)$$

Об'єднуючи вищеперелічені вирази, отримуємо, що:

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

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:

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

тому

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

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.