**УДК 537.633.2**

*Р.Р. Сорочинський, студент гр. ПІ-71мп, доц. Дубінець В.І.*
КПІ ім. Ігоря Сікорського

# РОЗРАХУНОК ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ДАТЧИКА ХОЛЛА

***Анотація***. В даній статті описано застосування датчика частоти обертання із використанням ефекту Холла. Розглянуто енерго-інформаційну модель датчика частоти обертання. Зроблено аналіз магнітів та розрахунок датчика Холла. На основі цього в середовищі Matlab Simulink розроблено блок-схему датчика Холла і проведено дослідження його параметрів. В результаті дослідження виявлено основні параметри які впливають на вихідні характеристики датчиків.

***Ключові слова:*** гальваномагнітні засоби вимірювання, частота обертання, Matlab Simulink.

## ВСТУП

Гальваномагнітні засоби вимірювання (ЗВ) основані на ефекті, сутність яких полягає у зміні фізичних властивостей провідників чи напівпровідників при дії на них магнітного поля під час протікання через них електричного струму. Загальна класифікація великої групи сучасних промислових ЗВ параметрів механічного руху розділені по функціональному призначенню на ЗВ швидкості, частоти, напряму обертання, відстані, положення, близькості, нахилу, рівня. В практиці вимірювання частоти обертання (ЧО) знайшли застосування ЗВ із використанням ефекту Холла і Гаусса (магніторезистивний ефект). Розділяюча здатність гальваномагнітних ЗВ може бути доведена до 1000-15000 квант/мм. Вони мають високо коерцитивні магніти, досить складні електронні схеми зчитування та потребують обов'язкове екранування від зовнішніх магнітних полів [1].

Датчики частоти обертання, які виконують дві ключові функції, а саме: визначення положення валу і визначення швидкості обертання. Роль і завдання, які ставляться перед датчиками обертів, залежить від конкретної системи керування та вимог до неї.

## РОЗРОБКА ЕНЕРГО-ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ДАТЧИКА ХОЛЛА

Вибір датчиків з оптимальними параметрами для конкретної вимірювальної задачі завжди викликає ряд неоднозначних рішень пов'язаних з роздільною здатністю, гістерезисом. Розроблена енерго-інформаційна модель датчика Холла (дивись рис. 1).

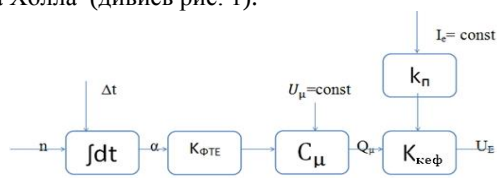


Рисунок 1. Енерго-інформаційна модель

При проходженні модулятора в робочому зазорі датчика відбувається переривання магнітного потоку, що падає на мікросхему з елементом Холла. Це відображено в енерго-інформаційній моделі за зміною параметра

магнітної ємності ; $K_{ФТЕ}$ - коефіцієнт фізико-технічного ефекту перетворення кута повороту модулятора $\alpha$ в магнітний потік $\Phi$; $U_{\mu}$- мдс постійного магніту в корпусі датчика Холла, який живиться постійним струмом $I_E$; $K_{кеф}$ - коефіцієнт ефекту Холла, який можна представити у вигляді:

$$K_{кеф} = \frac{R_h \times I_E}{d \times S_{\mu}} = k_n \times I_E, \quad (1)$$

де $R_h$ – коефіцієнт Холла, м$^3$/Кл; $d$ – робочий зазор для проходження модулятора, м; $S_{\mu}$- площа робочого зазору, м$^2$; $I_E$- струм, що протікає через датчик Холла, А; $k_n$ – коефіцієнт перетворення струму $I_E$ в коефіцієнт Холла , 1/Кл, тобто:

$$k_n = \frac{R_h}{d \times S_{\mu}}. \quad (2)$$

Статична характеристика перетворювача:

$$U_E = \alpha \times K_{ФТЕ} \times U_{\mu} \times k \times I_E, \quad (3)$$

де $\alpha$ - кут повороту модулятора, рад ; $U_{\mu}$- мдс, А; $I_E$– струм, що протікає через датчик Холла, А; $K_{ФТЕ}$– коефіцієнт, Г/рад;

$$K_{ФТЕ} = C_{\mu} / \alpha = \mu \times \mu_0 \times \frac{S_{\mu}}{l \times \alpha}. \quad (4)$$

$$U_{\mu} = H \times l \quad (5)$$

де $C_{\mu}$- магнітна ємкість, Г; $\mu_0$ – абсолютна магнітна проникність, Г/м;

$\mu$ - магнітна проникність середовища (для повітря $\mu \approx 1$);

$H$ - напруженість магнітного поля, А/м;

$S_{\mu}$ - площа робочого зазору датчика Холла, м$^2$;

$l$ - довжина силової лінії магнітного поля, тобто $l$ - висота робочого зазору.

Тоді рівняння (3) буде

$$U_E = \frac{\mu \times \mu_0 \times H \times I_E \times R_h}{d}. \quad (6)$$

**ОГЛЯД МАГНІТІВ ДЛЯ ДАТЧИКІВ**

Для розрахунку датчика було обрано магніт Nd2Fe14B з найкращими магнітними властивостями. Найвищими магнітними параметрами володіють спечені рідкоземельні магніти сплаву Nd2Fe14B. Залишкова магнітна індукція цих матеріалів може досягати значення $B_r$ = 1,47 Тл, а енергетичний добуток $(BH)$max = 420 кДж/м$^3$. Неодимові магніти дешевші, ніж самарієві завдяки відсутності в їх складі достатньо дорогого металу – кобальту.

До недоліків слід віднести невисоку робочу температуру деяких марок, а також низьку корозійну стійкість, яка усувається покриттям поверхні магнітів захисними шарами міді, цинку, нікелю, хрому.

Порівняльний аналіз основних характеристик магнітних матеріалів дозволив встановити наступне [2]:

- магнітотверді матеріали на основі рідко-земельних металів володіють більш високими магнітними параметрами в порівнянні з магнітами альніко за рахунок високої коерцитивної сили, а в порівнянні з феритами - за рахунок високої залишкової індукції;

- енергетичний добуток $(BH)_{max}$ магнітів Nd-Fe-B в 10-15 разів, самарій-кобальтових – у 6-10 разів вищий, ніж у феритових;

- рідкоземельні магніти дорожчі за феритові в десятки разів.

Завдяки високим магнітним властивостям, використання матеріалів Nd-Fe-B дозволяє суттєво зменшити габарити існуючих магнітних систем.

**РОЗРАХУНОК ДАТЧИКА ХОЛЛА**

Для розрахунку був обраний датчик частоти обертання на ефекті Холла з чутливим елементом фірми Allegro типу ATS610ALSI [3]. Особливості і переваги чутливого елементу наступні:

- диференціально-цифровий сенсорний елемент типу IC повністю оптимізований під зубчасті колеса;
- високі метрологічні характеристики в широкому діапазоні зміни температури;
- великі повітряні зазори для вимірювань;
- малі габаритні розміри;
- запатентований фільтр виявлення піків;
- час включення <200 мкс;
- широкий діапазон робочих напруг.

Для розрахунку був обраний рідкоземельний магніт Nd2Fe14B марки N35EH, так як цей магніт має найкращі магнітні властивості:

-залишкова магнітна індукція $B_r$ = 1,17-1,21 Тл;

-коерцитивна сила за намагніченістю $H_{Cj}$ = 2388 кА/м;

-максимальний добуток (*BH*) max, 263-279 кДж/м$^3$;

-максимальна робоча температура $T_p$, 200°C.

-струм, що протікає через датчик Холла $I_E$=25 мА;

-робочий зазор для проходження модулятора датчика Холла, $d$ =1мм;

- Магнітна проникність середовища, для повітря $\mu \approx 1$;

-абсолютна магнітна проникність для Be (99.5%), $\mu_0 \approx 1$ Г/м;

-коефіцієнт Холла для Be (99.5%), $R_h = 7{,}7 \times 10^{-10}$ м$^3$/Кл.

Підставляємо приведені значення у формулу (6) і отримаєм $U_E = 0{,}046\,B$, що значно більше чим у зразка.

На основі енерго-інформаційної моделі датчика Холла, в середовищі MATLAB SIMULINK була створена блок-схема перехідної функції і побудовані графіки динамічних характеристик, а саме реакція системи на одиничний імпульс, логарифмічна амплітудно-частотна і фазочастотна характеристики (дивись рис. 2,3).

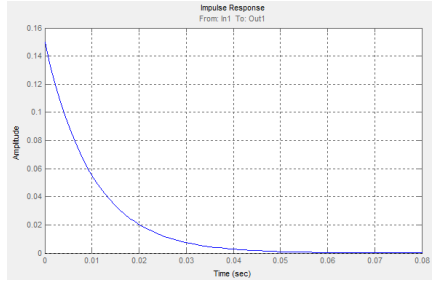


Рисунок 2. Реакція системи на одиничний імпульс.

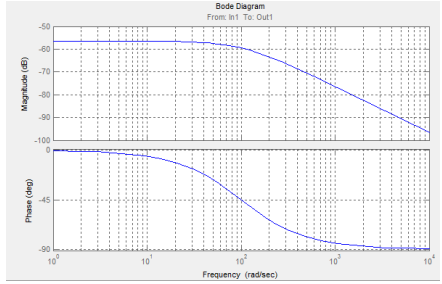


Рисунок 3. Логарифмічна амплітудно-частотна і фазочастотна характеристика.

## ВИСНОВОК

В результаті дослідження виявлено основні параметри які впливають на вихідні характеристики датчиків, а саме: робочий зазор для проходження феромагнітного модулятора, коефіцієнт ефекту Холла, напруженість магнітного поля, «холлівський опір».

Проведений параметричний аналіз моделі в середовищі MATLAB SIMULINK дав можливість побудувати динамічні характеристики и оптимізувати параметри датчиків в залежності від його функціонального призначення та системи яка обробляє вихідний сигнал.

## СПИСОК ВИКОРИСТОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Оболенский С.В. Основы физики полупроводников: учебное пособие. / С.В. Оболенский, Н.В. Демарина, Е.В. Волкова – Н. Новгород: Изд-во госуниверситета им. Н.И. Лобачевского, 2007. – 67 с.

2. Обґрунтування вибору матеріалу постійних магнітів для ловильних пристроїв / Т.Л. Романишин // Журнал Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. — 2013. — № 1. — С. 143-152.

3. ATS610LSA und ATS611LSB, Datenblatt Allegro Microsystems,Worcester, Massachusetts 2002 S. 2 Режим доступа: http://dtsheet.com/doc/725228/allegro-ats610lsa