

КОМПЕНСАЦІЯ ФАЗОВОГО ЗСУВУ У ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТРАНСФОРМАТОРАХ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕФЕКТУ ХОЛЛА

© Щесьняк Збігнєв, 2004

Запропоновано метод вимірювання сили струму з використанням елемента Холла, розміщеного у вікні феромагнітного осердя. Елемент Холла з відповідною електронною схемою дає змогу вимірювати як постійний, так і змінний струм.

The paper presents a method of current intensity measurement with the use of Hall generator placed in a slot of a ferromagnetic core. Hall-effect device with suitable electronic circuit enables to measure a direct current as well as an alternative current.

Вступ. У системах вимірювання струму та напруги широко застосовують вимірювальні перетворювачі (трансформатори), досить істотною вадою яких є поява фазового зсуву між струмом первинної та струмом вторинної обмотки [3].

Іншим відомим методом вимірювання струму є вимірювання з використанням елемента Холла [1], [4], перевагами якого є:

- можливість вимірювання без необхідності розриву вимірювального кола;
- відсутність гальванічного зв'язку між первинною і вторинною обмотками;
- можливість вимірювання в широкому діапазоні частоти постійного та змінного струму з

точним перетворенням форми сигналу проходження струму у сигнал вихідної напруги елемента Холла.

Метою досліджень є поєднання вищезазначених переваг з характеристиками вимірювальних перетворювачів (трансформаторів) для отримання кращих їх метрологічних характеристик. Наведено метод вимірювання сили струму з використанням елемента Холла, що розміщений у вікні феромагнітного осердя.

Принцип дії вимірювального перетворювача на елементі Холла. Робота перетворювача (рис. 1) полягає у використанні залежності між струмом, що протікає через первинну обмотку I_m і магнітним полем, що виникає навколо нього. Магнітне поле впливає на елемент Холла, розміщений у вікні осердя, через яке проходить провідник, на якому вимірюють струм. Вихідна напруга на елементі Холла становить:

$$U_H = \gamma \cdot B \cdot I_S,$$

де γ – чутливість елемента Холла;

B – магнітна індукція;

I_S – струм керування.

При постійному значенні струму керування вихідна напруга на елементі Холла буде пропорційною до значення магнітної індукції, а отже, і до значення вимірювального струму.

Цей факт використано в трансформаторному методі вимірювання струму, у якому магнітний потік, викликаний струмом I_m , індукуює напругу на котушці.

Струм I_2^L , індукований напругою на котушці, зсунутий відносно вимірюваного струму I_m (згідно з параметрами схеми заміщення трансформатора) [5].

Запропонований метод позбавлений цього недоліку, який створює певні проблеми в керуванні схемами перетворення.

У цьому методі напруга Холла відповідно підсилена $-kU_H$ подається на котушку (рис.1). Коефіцієнт підсилення підбирають так, щоб струм kI_2^H , індукований напругою на елементі Холла (рис.1,б) разом зі струмом котушки створював би рівнодіючий струм I_2 зі зсувом $\varphi = 0$ відносно вимірюваного струму I_m .

Вихідна напруга U_{wy} є мірою струму I_m із компенсованим фазовим зсувом.

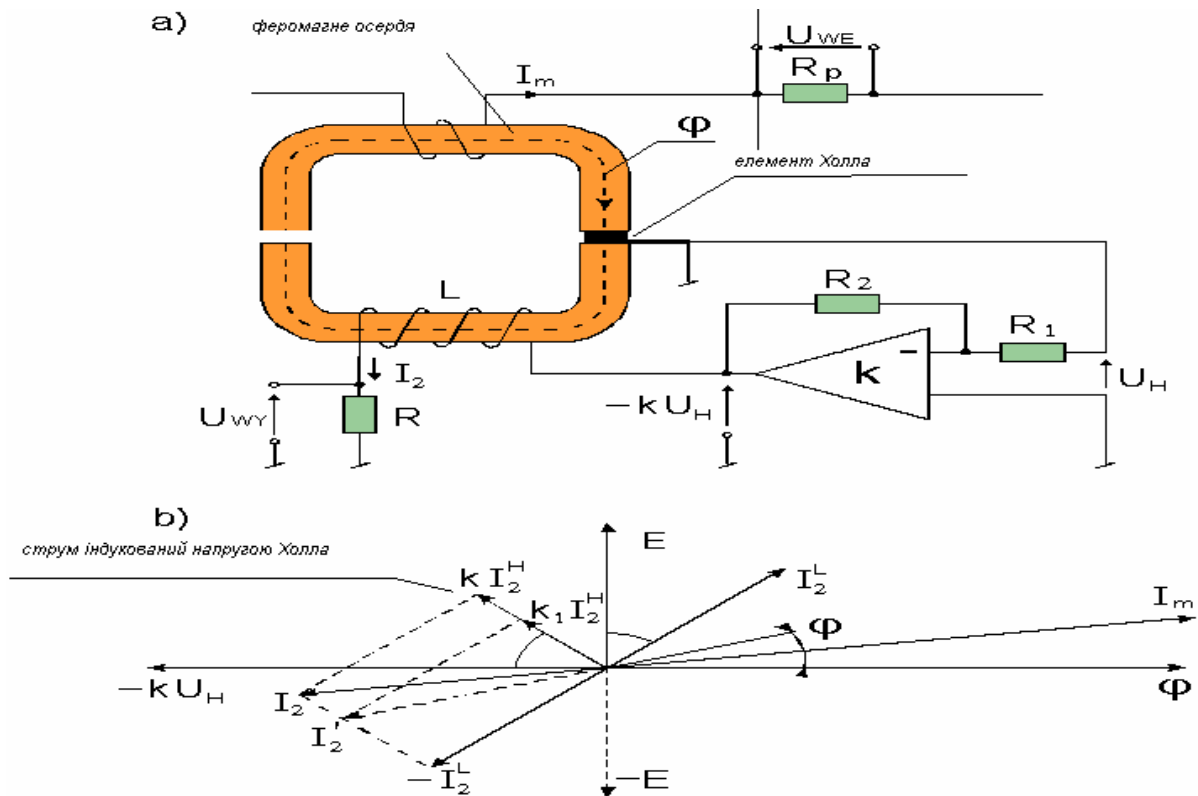


Рис. 1. Принцип дії перетворювача на елементі Холла:
а) функціональна схема; б) векторна діаграма

Реалізація перетворювача. Для вимірювання використано тонкошаровий елемент Холла типу NH 44 із заданим струмом керування 15 mA (рис.2). Сигнал з елемента Холла підсилюється операційними підсилювачами $\mu A 741$ [2], з яких перший працює як підсилювач зі зворотним зв'язком з регульованим коефіцієнтом підсилення $k = R_2 / R_1$, а другий має коефіцієнт підсилення $k = 10$, реалізований на R_7 і R_6 . Вихідний підсилювальний каскад реалізовано на транзисторах BD286 і BD285.

Напруга на елементі Холла ($-kU_H$) разом з напругою котушки трансформатора становлять вихідну напругу схеми. Опір R є навантаженням вихідного кола, спад напруги керування і відліку на якому є пропорційним до струму I_m . Опори R_4 і R_8 компенсують незрівноваження напруги операційного підсилювача, а компенсацію напруги асиметрії елемента Холла реалізують на резисторах R_{12} і R_{13} , поляризуючи уявну масу операційного підсилювача.

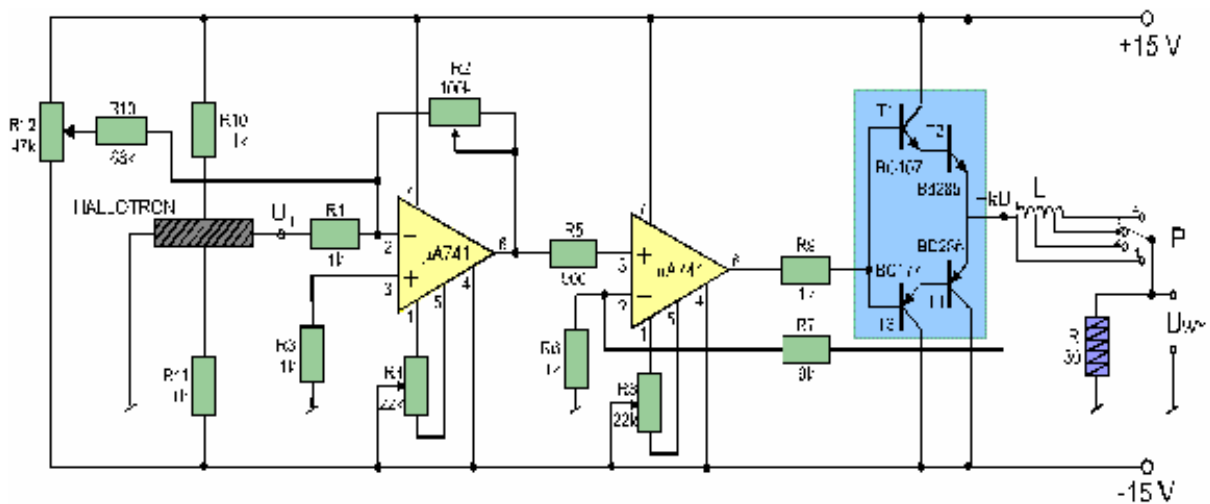


Рис. 2. Принципова схема електронного перетворювача вимірювання струму

У перетворювачі застосовано осердя з пермалюю групи III [6] площею перерізу 12x20 мм. Для вибору діапазону вимірювання струму застосовано котушки з густиною намотки: 1000, 1500, 2000 [7].

Дослідження перетворювача. Для дослідження перетворювача в коло вимірюваного струму увімкнено вимірювальний резистор (рис. 1) Двоканальним осцилографом реєструють спад напруги U_{we} на опорі R_p , а також спад напруги U_{wy} на резисторі R з виконанням градування перетворювача – при виконаній компенсації фазового зміщення.

Дослідження виконано для струму $I_{max} = 500$ А і частоти 50 Гц; похибка вимірювання струму не перевищує заданого значення $\pm 1,5$ %.

Висновки. З виконаного аналізу вимірювального перетворювача зрозуміло, що:

1. Запропонований метод вимірювання струму уможливує компенсацію фазового зміщення між струмами первинної і вторинної обмотки, що спостерігається у перетворювачах трансформаторного типу.

2. Застосування роз'ємного осердя полегшує монтаж перетворювача, а зміна розміру вікна дає змогу змінювати вимірювальний діапазон.

1.Kobus A., Warsza Z., Tuszyński J. *Technika hallotronowa*, WNT, Warszawa, 1980. 2.Kulka Z., Nadachowski M. *Liniowe układy scalone i ich zastosowania*. WKŁ, Warszawa, 1974. 3.Lebson S. *Elektryczne przyrządy pomiarowe*. WNT, Warszawa, 1968. 4.Olszewski L., Kolaszewski W. *Przyrząd hallotronowy do pomiarów dużych prądów stałych i przemiennych*. *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Elektryka*, 1976, 39, 147. 5.Plamitzer A. *Maszyny elektryczne*. WNT, Warszawa, 1967. 6.Poradnik materiałoznawstwa elektrycznego. PWT, Warszawa, 1959. 7.Szcześniak Zb. *Przetwornik hallotronowy do pomiaru prądu*. *Prace V Krajowego Seminarium nt. Rozwój teoretycznych podstaw optymalizacji zautomatyzowanych układów napędu elektrycznego*. Kraków, 1987.