

УДК 621.316

Особливості використання датчиків Холла для вимірювання електричних величин

Деревенець А.О., к.т.н. Тугай С.Б.

Вступ. Завдання вимірювання і контролю струму завжди було, є і буде залишатися актуальним для багатьох поколінь розробників нової техніки. Достовірний вимір струмів в енергетичному і керуючому обладнанні є важливим аспектом забезпечення високої надійності і безпеки промислових систем і електронних приладів.

Спеціалізовані датчики також застосовуються для визначення відхилення струмів від робочих значень, моніторингу та діагностики кіл, запуску схем захисту, виявлення відмов електрообладнання та аварійних станів різних типів навантаження.

На сьогоднішньому етапі розвитку можна перерахувати основні методи вимірювання та виділити ті з них, які, в силу різних причин, стали найбільш популярними. При цьому слід підкреслити, що все більше механічних технічних рішень замінюється на повністю електронні. Це і зрозуміло, оскільки в цьому випадку підвищується надійність, точність контролю і регулювання, енергоефективність. А надійне і точне перетворення струму просто

необхідно в багатьох галузях техніки. Наприклад, точне перетворення струму дозволяє створювати нові системи інверторного управління. В даний час приблизно 15% всіх електроприводів мають інверторне управління, і це управління здатне зберегти до 50% витрачається електроенергії[1].

Методи вимірювання струму.

Існує безліч методів вимірювання струму, проте в промисловості найбільш поширеними є три методи, кожен з яких, природно, має свої переваги і недоліки:

1. резистивний;
2. на основі ефекту Холла;
3. трансформатор струму;

Датчики струму, реалізовані на базі зазначених методів, мають свої переваги і недоліки, що визначають області їх застосування.

Резистивні датчики - найдешевші, лінійні і точні, здатні вимірювати постійний і змінні струми. Пряме вимірювання струму забезпечується включенням в схему струмочутливого резистора, який

має стабільний температурний коефіцієнт (ТКС менш 0,01%). Такий датчик не потребує зовнішнього джерела живлення, що є його додатковою перевагою. Однак практичну цінність даного методу знижує його головний недолік: відсутність гальванічної розв'язки. Крім того, резистивним датчикам притаманні втрати, що вносяться до вимірювальних кіл, що обумовлено неприйнятним зростанням температури, що знижують точність вимірювання. При низьких струмах шунт, що використовується, повинен мати високий опір, щоб падіння напруги на ньому мало достатню величину. А це вже призводить до необхідності застосування дифференціального підсилювача або компаратора, що має достатній коефіцієнт від'ємного зворотнього зв'язку. Наявність паразитної індуктивності у більшості потужних резисторів також призводить до обмеження смуги пропускання при використанні даного методу. Ньзкоіндуктивні вимірювальні резистори значно дорожчі, але можуть бути використані для вимірювання струму в діапазоні частот до декількох мегагерц[2].

Всі ці недоліки змушують шукати інші методи вимірювання струму.

Гарною альтернативою в цьому сенсі є спосіб вимірювання за допомогою **трансформатору струму**. Він не має описаних вище недоліків, оскільки є непрямим методом вимірювання струму. Струмові трансформатори зазвичай

застосовуються у випадку вимірювання змінних струмів. Змінне магнітне поле, яке виникає навколо провідника з вимірюваним струмом, викликає струм у вторинній обмотці. Далі вимірюється напруга у вторинній обмотці і ділиться на коефіцієнт передачі. Вимірюваний струм в цьому випадку проходить через обмотку з дуже низьким коефіцієнтом втрат, що забезпечує високу точність вимірювань даним методом. Ця перевага, а також гальванічна розв'язка з високою пробивною напругою роблять метод трансформатора струму доволі популярним. Більшість недорогих струмових трансформаторів працюють в дуже вузькому діапазоні частот і не здатні вимірювати постійний струм. Однак ці прилади не вносять втрат і не вимагають живлення[3].

Цей недолік змушує розробників звертатися до інших способів вимірювання струму. Починаючи з 1990 року, найбільш поширеним способом вимірювання струму стають вимірювання за допомогою датчиків на ефекті Холла.

Ефект Холла і датчики на його основі.

Ефект, відкритий Е. Холлом ще в 1897 р, отримав своє перше промислове втілення тільки в кінці 1960 р. Суть ефекту полягає в появі напруги на кінцях провідника з струмом, який поміщений в магнітне поле. Різниця потенціалів виникає

перпендикулярно лініям напруженості цього поля.

З появою напівпровідників - спочатку германію, а потім і кремнію - стала можливою реалізація ефекту в приладах, які отримали назву «датчиків або перетворювачів Холла». Напряга Холла у таких напівпровідникових датчиків було понад ± 120 мВ / кГс (в залежності від напрямку магнітного поля) і ці датчики вже мали ряд істотних переваг. Крім того, датчики Холла практично не вносять втрат при вимірюванні постійних і змінних струмів, а напряга Холла пропорційна прикладеному магнітному полю, що доволі зручно для подальшої обробки[4].

Особливості датчиків Холла.

- можливість безконтактних вимірювань;
- наявність гальванічної розв'язки між вхідним і вихідним сигналами;
- можливість дослідження розподілу струму;
- відсутність обмоток (велика динамічна стійкість);
- можливість вимірювання будь-якого сигналу: постійного, змінного та імпульсного довільної форми;
- необхідність зовнішнього джерела живлення;
- громіздкий сердечник;
- чутливість до зовнішніх перешкод;

- відносно висока вартість.
- Серед них однією з основних є наявність гальванічної розв'язки.

Особливості застосування датчиків, заснованих на ефекті Холла.

- У місцях контактів струмових електродів через ефект Пельтьє виникає нагрів і, як результат - градієнт температур, що призводить до виникнення термоЕРС на електродах елементу Холла. Наприклад, якщо $\alpha = 0,1$, то $E = 10 \div 100$. З цієї причини елементи на ефекті Холла встановлюють на масивну теплопровідну (мідну, берилієву або алюмінієву) основу. Однак навіть в цьому випадку залишкова термоЕРС становить $E = 1 \div 5$.
- Наявність похибки під дією власного поля елементу Холла, яке створюється струмовими електродами. Величина власного поля складає $B = 0,1 \div 1$ при струмах менше 100 мА.
- Необхідність врахування залишкової напруги U на електродах елементу Холла. Вона вимірюється при нульовому полі і номінальному струмі. Залишкова напруга визначає роздільну здатність елементу Холла, так як є адитивною похибкою. Вона залежить від температури і доходить до $\pm(1 \div 10)$.

У таблиці 1 представлені основні характеристики

перерахованих методів перспективними для вимірювання малих струмів є датчики на основі ефекту Холла.

З таблиці видно, що за сукупністю властивостей найбільш

Таблиця 1. Характеристики датчиків струму, виконаних на основі різних технологій

Датчики	Поглинання потужності	Гальванічна розв'язка	Зовнішнє живлення	Відносна вартість
Резистивні	Так	Ні	Ні	Низька
На ефекті Холла відкриті	Ні	Так	Так	Середня
На ефекті Холла із 33	Ні	Так	Так	Висока
Струмові трансформатори	Так	Так	Ні	висока

Висновки. Перетворювачі Холла успішно вирішують ряд завдань, пов'язаних з поліпшенням характеристик первинних перетворювачів, у тому числі температурну компенсацію, розширення діапазон вимірюваних змінних струмів та ін. Основною перевагою цих перетворювачів є можливість гальванічної розв'язки з силовим ланцюгом.

Датчики Холла є малогабаритними пристроями, що в принципі дозволяє їх застосування у багатьох варіантах для локального контролю струмів силових ланцюгів, особливо у випадку розгалужених ланцюгів.

Література

1. Топильский В. Б. Микроэлектронные

измерительные преобразователи. - 2-е изд. - М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013

2. Богомоллов Б.Н. Устройства с датчиками Холла и датчиками магнитосопротивления. - М: Госэнергоиздат, 1961.
3. Седова Е.А. Методы косвенного измерения токов сило-вой цепи электрических аппаратов // Вісник НТУ "ХПІ". - 2010. - №36.
4. Портной Г. Современные магниточувствительные датчики Холла и приборы на их основе // Вестник автоматизации. - 2013. - №1 (39).