

УДК 004

**В.П. Квасніков, д.т.н.
А.А. Петров****ДОСЛІДЖЕННЯ ДАТЧИКІВ З ІНДУКТИВНИМ ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ ДЛЯ
КОНТРОЛЮ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЕТАЛЕЙ**

Національний авіаційний університет, м. Київ, Dirol@meta.ua

Для побудови ІВС найбільш важливим етапом є вибір датчика. Індуктивний датчик, по сукупності характеристик, як датчик положення найбільш підходящим. Описаний принцип роботи індуктивного датчика дає наочну ілюстрацію основних компонентів, та дозволяє зрозуміти його будову та принцип дії.

Ключові слова: індуктивний датчик, перетворювач лінійних переміщень, вимірювання лінійних розмірів

Вступ

На сучасному етапі розвитку приладобудування, робототехніки та інших галузей промисловості України є актуальними впровадження інноваційних технологій у промисловість в цілях підвищення якості та конкурентоздатності продукції. [1]

Відродження вітчизняного виробництва багатьох видів продукції машинобудування на базі використання наукоємних технологій може стати одним із головних джерел збільшення дохідної частини державного бюджету. Побудова інформаційно-вимірювальних систем тісно пов'язана із використанням останніх досягнень науки та висуває підвищені вимоги до методів та систем обробки інформаційних сигналів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Однією з проблем, при побудові ІВС, є вибір датчика. Датчик положення повинен задовольняти ряду вимог: бути досить простим у реалізації, мати високу лінійність характеристики, високу чутливість і перешкодозахищеність, мати достатню надійність. Об'єкт контролю має три - шість поступальних ступенів волі, тому конструкція вимагає установки відповідної кількості датчиків. Кожний з них повинен реагувати на зміну відповідної координати й бути нечутливим до змін інших (розв'язка по координатах). Як датчик положення можливий застосування оптоелектронних, ємнісних, індуктивних датчиків. Оптоелектронний датчик положення має високу чутливість і лінійність, досить простий у реалізації, але вимагає захисту від паразитної засвітки й не дає гарної розв'язки по координатах. Ємнісний датчик положення відрізняється складністю електронного встаткування, більшими габаритами чутливих елементів, низькою чутливістю й також не дає гарної розв'язки по координатах. По сукупності характеристик як датчик положення найбільш підходящим є індуктивний датчик. Він досить простий у виготовленні, його чутливість ненабагато менше, ніж в оптоелектронного, а перешкодозахищеність найбільш висока в порівнянні з розглянутими датчиками. Крім того, цей тип датчика дозволяє використовувати найбільш малогабаритні чутливі елементи й досягати в такий спосіб гарної розв'язки по координатах [6].

Постановка задачі

Розробити індуктивний датчик для проведення для проведення високоточних вимірювань лінійних розмірів.

Розв'язання задачі

Принцип роботи індуктивного датчика положення полягає у наступному: при зміні зазору між ним і феромагнітним об'єктом, що рухається відбувається зміна індукції чутливого елемента. Варіант конструкції чутливого елемента представлений на рис. 1. На половині ферітового кільця намотана обмотка із 100 витків діаметром 0.05 мм. Торці сердечника відшліфовані із застосуванням алмазної пасті. Якість їхньої поверхні визначає чутливість і лінійність датчика [7].

Можливо також виконання датчика у відкритому з боку рухливого феромагнітного об'єкта захищеному ферітовому сердечнику (зовнішній діаметр до 10 мм, параметри обмотки ті ж) із центральним стрижнем. об'єкт, Що Переміщається, положення якого контролюється за

допомогою датчика, повинен бути феромагнітним (з матеріалу з високою магнітною проникністю). Можливе нанесення такого матеріалу на об'єкт, що рухається, у зоні чутливості датчика[4].

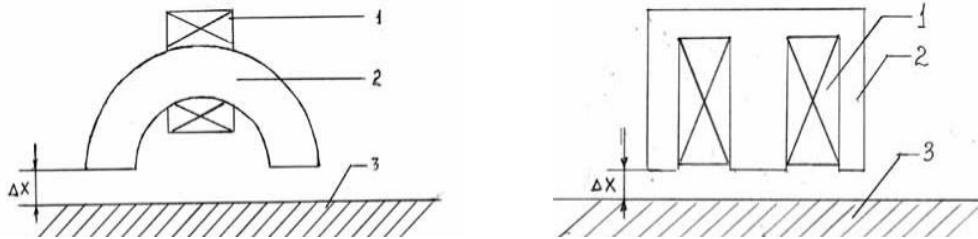


Рис. 1. Конструкція чутливого елемента індуктивного датчика положення (на півкільці й у броньовому сердечнику): 1 - обмотка, 2 - феритова сердечина, 3 - феромагнітна підстава.

Функціональна електрична система індуктивного датчика поєднує в єдину конструкцію:

– магнітну систему, що складається з феромагнітного сердечника 1 (П-образна форма на мал. 5) і феромагнітного якоря 2, установлених відносно один одного з утворенням повітряного зазору b_p . Геометричні розміри феромагнітного сердечника 1 і феромагнітного якоря 2 — ширина a_c і товщина b_c утворюють конструктивні параметри - довжину a_n і ширину b_n полюса в повітряному зазорі $\delta_p = (a_c = a_n, b_c = b_n)$;

– обмотку, що намагнічує, N , що підключається до джерела $U \sim$ змінної напруги через прилад, що реєструє, РА (амперметр).

При підключенні електричної системи індуктивного датчика до джерела змінної напруги $U \sim$ по обмотці, що намагнічує, N протікає електричний струм I , що наводить у феромагнітному сердечнику магнітний потік Φ .

Конструктивні параметри робочого повітряного зазору δ_p між феромагнітним сердечником 1 і феромагнітним якорем 2 визначають магнітний опір R_μ магнітному потоку Φ у магнітній системі

$$R_\mu = \frac{2\delta_p}{\mu_0 S_p} \quad (1)$$

де $\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-6}$ Гн/м — магнітна постійна; δ_p — величина робочого повітряного зазору; $S_p = a_p \cdot b_p$ — розрахункова площа рівномірного однорідного плоскопаралельного магнітного поля, через яку проходить магнітний потік Φ у повітряному зазорі δ_p магнітної системи; a_p - розрахункова довжина, b_p - розрахункова ширина [6, 7].

Конструкція електронної частини. Принципова схема індуктивного датчика положення показана на рис. 2.

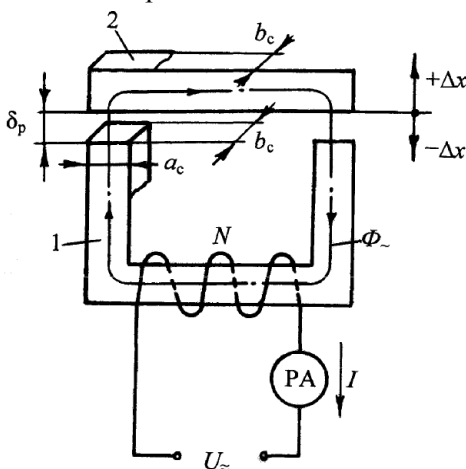


Рис. 2. Індуктивний датчик лінійних переміщень

На мікросхемі DA1 (КР140УД708) зібраний генератор синусоїдального сигналу частотою близько 20 кГц і амплітудою близько 2В. Частота генератора задається елементами R1C1R2C2. У ланцюг негативного зворотного зв'язку для підтримки необхідного коефіцієнта підсилення включена лампа накаливання HL1. Напруга з генератора через резистор R4 подається на обмотку L1 чутливого елемента датчика. Напруга на цій обмотці щодо загального проведення залежить від індуктивності чутливого елемента, що визначається відстанню від нього до феромагнітного об'єкта, що рухається. На мікросхемі DA2 (КР140УД708) зібраний детектор змінної напруги, що знімається з обмотки L1, коефіцієнт підсилення якого вибирається з умови одержання чутливості датчика порядку 1 В/мм.

Роль фільтруючого елемента виконує конденсатор С3. Напряга шумів на виході датчика не перевищує декількох мілівольтів.

У відомих схемах перетворювачів лінійних переміщень у постійний струм, що мають відому характеристику з нулем посередині і виконаних на основі диференційних індуктивних датчиків, випрямлення змінного струму, як правило, здійснюється напівпровідниковими діодами. В результаті неефективного випрямлення струму при малих рівнях сигналу такі схеми мають значну нелінійність характеристики перетворення поблизу нуля і відносно низьку чутливість із-за наявності балансних опорів [5].

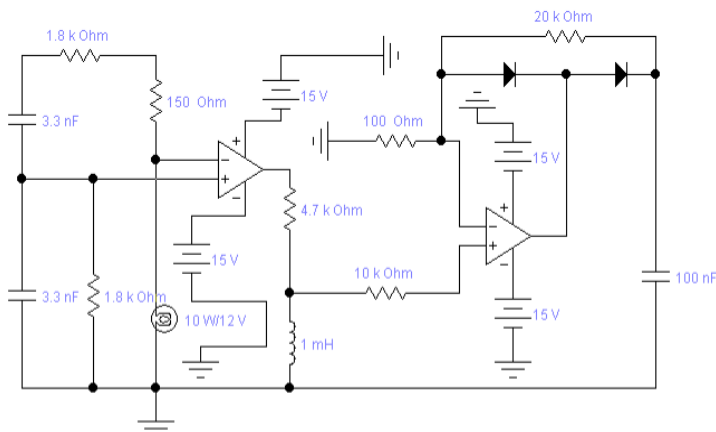


Рис. 3. Принципова схема електронного перетворювача індуктивного датчика положення та малих лінійних переміщень

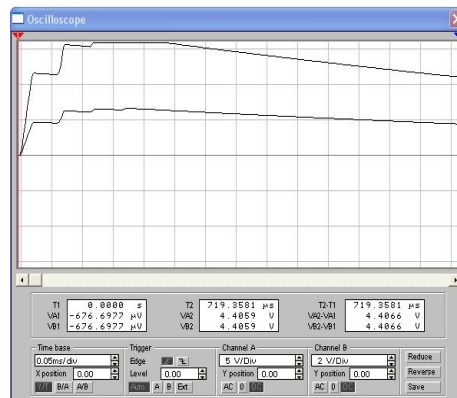


Рис. 4. Осцилограма роботи індуктивного датчика

В більш сучасних перетворювачах для випрямлення використовується фазочутлива мостова схема на транзисторах, що працюють в ключовому режимі, що в значній степені нівелює вказані недоліки, а також забезпечує малу чутливість до зміни температури оточуючого середовища і простоту узгодження з низькоомним навантаженням.

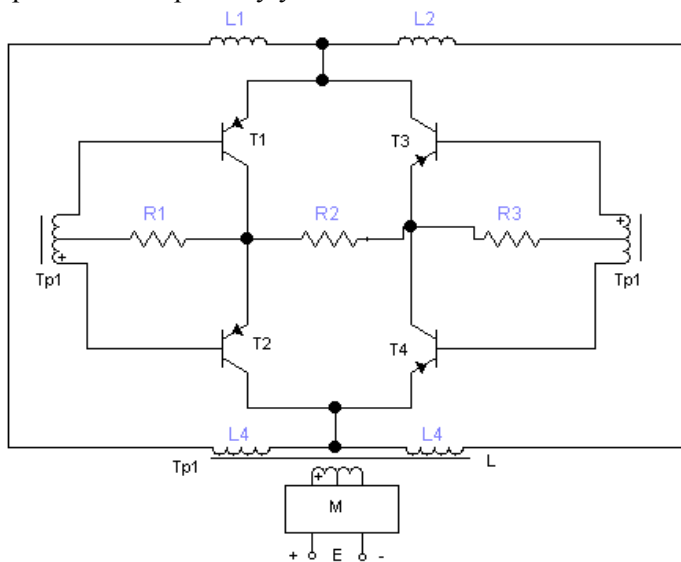


Рис.5 Принципова схема перетворювача напругі живлення E.

На рис. 5 наведена принципова схема перетворювача. Живлення котушок L1 та L2 диференційного індуктивного датчика і переключення транзисторів T1 – T4 фазочутливого випрямляча здійснюється від магнітного мультівібратора M, що перетворює постійну стабілізовану вхідну напругу прямокутної форми. За рахунок протифазного переключення транзисторів T1, T4 і T2, T3 струм в навантаженні не змінює напрямку при зміні полярності живлячої напруги [8].

Середнє значення вихідного струму пропорційне до переміщення якоря датчика l і

$$I_{н.ср} = k \frac{E}{R_n} l, \tag{2}$$

де k – коефіцієнт пропорційності.

Для диференційного датчика умовою узгодження датчика з навантаженням є

$$2R_n = Z_o. \tag{3}$$

Зараз Z_o – еквівалентний опір датчика. При живленні датчика напруги прямокутної форми

$$Z_s = \frac{\omega^2}{q \left[1 - \frac{4qf}{m} \frac{\exp\left(-\frac{m}{2qf}\right) - 1}{\exp\left(-\frac{m}{2qf}\right) + 1} \right]}, \quad (4)$$

де $q = \frac{S_o k_s}{\rho l_{cp}}$; $m = R_c + \frac{2\delta}{F'}$; S_o – площа вікна навантаження; k_s – коефіцієнт заповнення вікна; ρ – питомий опір матеріалу обмотки; l_{cp} – середня довжина витка обмотки; R_c – магнітний опір серцевини та якоря; F' – площа поперечного перерізу повітряного зазору; δ – довжина повітряного зазору.

Із (3) та (4) виразів отримуємо вираз для числа витків обмоток датчика при оптимальному узгодженні з навантаженням [9].

$$\omega = \sqrt{2R_n q \left[1 - \frac{4qf}{m} \frac{\exp\left(-\frac{m}{2qf}\right) - 1}{\exp\left(-\frac{m}{2qf}\right) + 1} \right]}.$$

Чутливість перетворювача визначається величиною потужності, що він віддає в навантаження. Для мостових схем з двома змінюючими елементами, чутливість пропорційна квадрату числа ампер-витків в котушках датчика і залежить від умов узгодження з опором навантаження. Допустиме число ампер-витків визначається потужністю нагріву котушок і є для даного датчика заданою величиною. Число витків визначає робоздатність приладу, а також його точність.

Висновки

Таким чином, суттєве розширення можливостей сучасних апаратурних засобів ідентування стало можливим за рахунок використання високо чутливих інтегрованих мікроелектромеханічних систем (MEMS). Вимірювачі над малих переміщень є найважливішими елементами конструкції нанотестерів. Від технічних характеристик навантажувачів і датчиків переміщень суттєво залежать можливості реалізації методів наноідентування та достовірність результатів, що отримуються при тестуванні. Тому у роботі був проведений огляд та аналіз індуктивних датчиків переміщень як найбільш надійних для даного виду контролю.

Список літературних джерел

1. Terrati Valeria, Ferrero Andrea, Parera Daniela, Pisani Umberto. Accuracy in environment of real-time load-pull measurements. IEEE Trans. Instrum. & Meas. 2007 56 №2, с. 610-613
2. Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике. М., Наука, 1981.
3. Буль Б. К., Соколов В. П. Расчёт и экспериментальное исследование индукционного датчика. Отчёт. Госбюджет. М.: Моск. энерг. ин-т, 1964.
4. Гордон А. В., Сливинская А. Г. Электромагниты переменного тока. М.: Изд-во «Энергия», 1968.
5. Куликовский Л. Ф. Индуктивные измерители перемещений. М. - Л.: Госэнергоиздат. 1961.
6. Нічога В.О., В.О., Остап О. П., Дуб П. Б. Новий підхід до вимірювання шумових параметрів і підсилювальних пристроїв. Електроніка і зв'язь. - 2000. - № 9. - С. 34-38.
7. Соколов В. П. Технический контроль выходных параметров электрических аппаратов при массовом производстве. М.: Моск. энерг. ин-т, 1986.
8. Ступель Ф. А. Электромеханические датчики и преобразователи неэлектрических величин. М.—Л. Энергия, 1965.
9. Щетинин Н.В., Козаков Д.В., Мальцев Д.О. Совершенствование методики записи и обработки сигналов индуктивных датчиков. Сборник научных трудов по материалам Российской научно-практической конференции. 2007 Ставрополь: Агрус 2007, с 185 – 189.