

Abstract

Due to the development of mobile technology in recent years more and more people use their phones to access the Internet. However, such peculiarities of mobile devices, as small size of the display and touch interface make it inconvenient to view general websites on the screen. The authors suggested a solution to this problem - the creation of adaptive Website.

The adaptive web design is a technology of site creation that provides easy viewing on a variety of devices: desktops, laptops, tablets, smartphones.

The article concerns the development of an adaptive web site, oriented towards the users of mobile devices. The basic principles that have the greatest influence on the efficiency of the final product are: flexible grid, flexible images and media queries.

The results obtained were used to develop a training website

Keywords: mobile device, adaptive design, touch screen, touch interface

У статті представлені варіанти використання феро- та феромагнітних первинних та вимірювальних перетворювачів у складі пристроїв систем навігації та авіоніки літальних апаратів

Ключові слова: авіоніка, феро- та феромагнітні перетворювачі, параметричні вимірювальні перетворювачі, навігаційні системи

В статье представлены варианты использования ферри- и ферромагнитных первичных и измерительных преобразователей в составе устройств систем навигации и авионики летательных аппаратов

Ключевые слова: авионика, ферри- и ферромагнитные преобразователи, параметрические измерительные преобразователи, навигационные системы

УДК 629.735.05:629.735.33-519

ЗАСТОСУВАННЯ ФЕРИ- ТА ФЕРОМАГНІТНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ В СИСТЕМАХ НАВІГАЦІЇ ТА АВІОНІКИ

В. Ю. Ларін

Доктор технічних наук, професор
Кафедра аеронавігаційних систем
Національний авіаційний університет
пр. Комарова, 1, м. Київ, Україна, 03058
Контактний тел.: 050-830-53-63
E-mail: vjlarin@gmail.com

1. Актуальність дослідження

Підвищення обсягу авіаперевезень та зростання загальної кількості літальних апаратів ускладнює основне завдання авіаційного транспорту – забезпечення безпеки польотів. Передбачається комплексне рішення вказаної проблеми, яке потребує наполегливої праці великої кількості спеціалістів з різних галузей науки і виробництва – вчених, інженерів-розробників, спеціалістів авіаційних підприємств та аеропортів. Вказане завдання набуває гострої необхідності також внаслідок бурхливого розвитку безпілотного сектору повітряних суден.

Необхідний рівень безпеки польотів може бути забезпечений не тільки створенням нових заходів щодо організації повітряного руху, а і створенням нових пристроїв та систем навігації і авіоніки. Можна навіть сказати більше – без створення якісно нових

технічних засобів забезпечення безпеки польотів не можливо реалізувати значну кількість організаційних та процедурних заходів. Враховуючи вказане, пошук нової концепції для створення навігаційних систем забезпечення безпеки польотів є дуже актуальним.

2. Мета дослідження

Метою запропонованого дослідження є визначення перспектив розвитку та застосування самих надійних елементів магнітної вимірювальної техніки, а саме, феро- та феромагнітних перетворювачів в існуючих навігаційних пристроях та пристроях авіоніки, а також показати певні шляхи підвищення ефективності нових, створюваних та перспективних пристроїв вказаних систем.

3. Аналіз літературних джерел

Терміни “феримагнітні перетворювачі” та “феромагнітні перетворювачі” уперше були застосовані автором у [1]. Вказані перетворювачі мають наступні позитивні властивості – висока надійність, чутливість, динамічний діапазон, температурна стабільність та інші.

огляд широкого розмаїття методів та засобів навігаційного забезпечення польотів та систем авіоніки показав, що найбільш надійними в якості чутливих елементів є засоби магнітної вимірювальної техніки.

Відома структура частотного перетворювача тиску, який використовує феромагнітний чутливий елемент, у вигляді металеві труни, який при збудженні його електромагнітним полем змінює частоту власних коливань при зміні сили його натягу [2]. За допомогою використання такої схеми визначення тиску отримують частотний вихідний сигнал.

Розроблена схема диференційного манометра із первинним перетворювачем у вигляді тонкостінної трубки (рис. 1).

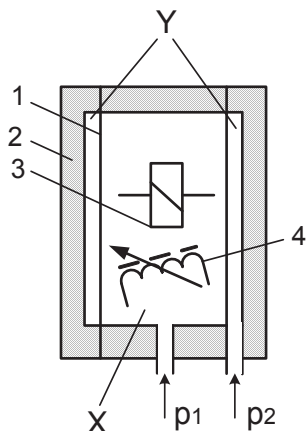


Рис. 1. Конструкція первинного перетворювача тиску у вигляді тонкостінної трубки

Чутливим елементом є пружна циліндрична трубка 1, яка розділяє внутрішній об’єм корпусу 2 на дві герметичні порожнини X і Y. В порожнину X потрапляє тиск p1, в порожнину Y – тиск p2. При цьому на трубку 1 діє різниця тисків $p_n = p_1 - p_2$. Для створення коливань трубки 1 використовують електромагніт 3, сила тяжіння якого деформує трубку у поперечному напрямі. При наявності в обмотці електромагніта 3 електричного струму круглий поперечний перетин перетворюється в перетин плоско овальної форми. При цьому виникають поперечні коливання, частота яких залежить від діючого на трубку надлишкового тиску p_n [3]:

$$f = f_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{p_n}{p_0}}$$

де f_0 – частота коливань при $p_n = 0$.

Феромагнітний перетворювач 4 виконує зчитування коливань трубки. Його осердя повернуто на 90° по відношенню до осердя електромагніта 3. Обидва осердя розташовані в паралельних горизонтальних площинах.

Для вимірювання швидкості обертання широкого застосування в авіоніці набули феримагнітні перетворювачі індукційного та магнітоіндукційного принципу дії. Індукційний метод засновано на використанні тахогенераторів постійного та змінного струму, коли поле постійного магніту наводить електрорушійну силу (ЕРС) в обмотці. ЕРС залежить від частоти обертання магніту або обмотки. Магнітоіндукційний метод полягає в русі електропровідного тіла під дією поля постійного магніта, що обертається, за рахунок взаємодії поля індукційних струмів, що наводяться в тілі із полем постійного магніту. В авіоніці літальних апаратів застосовують магнітоіндукційні тахометри типу ТЭ (ТЭ-5-2, ТЭ-15, 2ТЭ-15-1, ТЭ-10-48 та ін.), та індукційні тахометри типу ИТЭ (ИТЭ-1, ИТЭ-2, ИТЭ-21). Відміна між цими типами цих приладів полягає в відображенні результатів вимірювання. Тахометри типу ТЭ відображають швидкість обертання в обертах за мінуту, а тахометри типу ИТЭ відображають проценти від максимальної частоти обертання. Зовнішній вигляд тахометра та його електрична схема наведені на рис. 2 та рис. 3 відповідно [4].

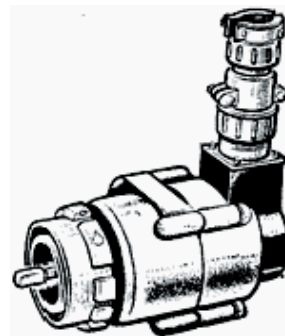


Рис. 2. Зовнішній вигляд датчика-генератора ДТЭ-6 тахогенератора ИТЭ

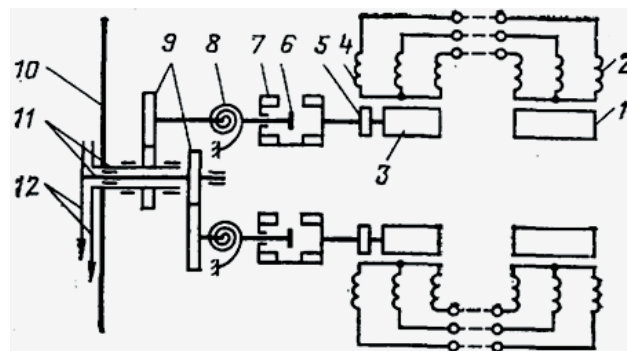


Рис. 3. Схема електрична кінематична тахометра ИТЭ

На рис. 3 цифрами позначені такі елементи тахометра : 1 – ротор датчика-генератора; 2 – статорна обмотка генератора; 3 – ротор електродвигуна показчика; 4 – статорна обмотка електродвигуна показчика; 5 – гістерезисний диск; 6 – диск показчика; 7 – магніт чутливого елемента; 8 – пружина-волосок; 9 – зубчаста передача; 10 – шкала приладу; 11 – вісі стрілок; 12 – стрілка.

Індукційний метод вимірювання також використовують в приладах визначення магнітного курсу літального апарату. Розглянемо принцип дії індукційного

перетворювача на феримагнітному осерді. Структура індукційного перетворювача наведена на рис. 4.

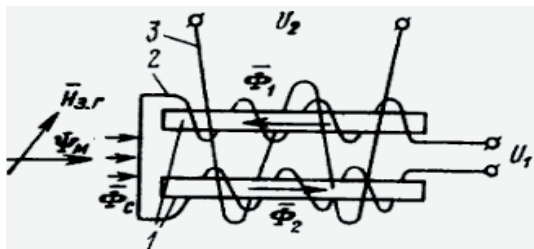


Рис. 4. Індукційний чутливий елемент на феримагнітних осердях

Індукційний перетворювач містить два однакових феримагнітних стержні 1, які виготовлені з пермалю (сплав заліза із нікелем). На обидва стержні намотана первинна обмотка (обмотка живлення) 2, яка живиться змінним струмом певної частоти ω , та вторинна обмотка (інформативна обмотка) 3 з якою знімають вихідний сигнал. Первинні обмотки намотані на стержні в різні сторони. Створювані первинними обмотками змінні магнітні потоки однакові по величині і протилежні по напрямку, через що вони не наводять в інформативній обмотці ЕРС. Однак внаслідок змінності магнітних потоків, створюваних в стержнях, їх магнітна проникність μ_c періодично змінюється за таким законом:

$$\mu_c = \mu_0 + \mu_a \cos 2\omega t,$$

де μ_0 , μ_a – постійна та змінна складові магнітної проникності.

Якщо індукційний чутливий елемент розміщено в плоскості горизонту, то горизонтальна складова напруженості магнітного поля Землі H_{3r} створює в стержнях індукцію B_c , і відповідно і постійні магнітні потоки

$$\Phi_c = B_c \cdot S = H_{3r} \cdot \mu_c \cos \phi_m S,$$

де S – площа перетину стержнів.

При цьому напрям потоків в обох стержнях однакові, їх значення пропорційні магнітній проникності матеріалу стержнів і косинусу кута ϕ_m між напрямом магнітного меридіану і подовжніми висями стержнів. Внаслідок того, що магнітна проникність стержнів періодично змінюється із-за змінності магнітних потоків, створюваних змінною напругою первинних обмоток, постійні магнітні потоки від дії магнітного поля Землі в стержнях перетворюються в змінні. Ці потоки направлені в стержнях в однаковому напрямі та індукують в сигнальній обмотці ЕРС, внаслідок чого на виході сигнальної обмотки з'являється змінна напруга.

$$U_{\text{вих}} = -\omega \frac{d\Phi_c}{dt} \cdot 10^{-8} = U_{\text{вих.а}} \sin 2\omega t, \quad (1)$$

де $U_{\text{вих.а}} = k H_{3r} \cos \phi_m$; ω – кількість витків с інформативній обмотці; k – коефіцієнт пропорційності.

Амплітудне значення вихідної напруги в інформативній обмотці залежить від розташування стержнів

по відношенню до магнітного меридіану, який характеризується кутом ϕ_m .

З виразу (1) зрозуміло, що індукційний чутливий елемент дає можливість визначити знак розвороту стержнів по відношенню до магнітного меридіану [$\cos(\pm\phi_m) = \cos\phi_m$] і не вирішує завдання визначення курсу в межах $0..360^\circ$, оскільки $\cos \phi_c$ змінюється в межах $0..90^\circ$.

В сучасних вимірювачах курсу літального апарату використовують феромагнітні індукційні перетворювачі, які містять три індукційні чутливі елементи, які закріплені на платформі під кутом 60° один до одного. Платформа за допомогою карданова підвісу утримується в горизонтальному положенні. Первинні обмотки з'єднані послідовно, а інформативні обмотки з'єднані по схемі "зірки" або "трикутника" та за допомогою трьохдротової лінії зв'язку електрично з'єднані зі статорною обмоткою сельсину. Напруга з обмотки ротора сельсину через підсилювач потрапляє на вхід мало інерційного електродвигуна, який обертає ротор сельсина в положення, при якому напруга, що наводиться в ньому, буде дорівнювати нулю. Напрямок ліній полюсів ротора при цьому буде перпендикулярно напрямку потоку статора. Напрямок потоку статора визначається положенням чутливого елемента відносно поля Землі, тобто магнітним курсом Ψ_m . Кожному повороту індукційного чутливого елемента на деякий кут відносно магнітного меридіану Землі (при зміні курсу польоту літального апарату) буде відповідати поворот ротора сельсина на такий самий кут.

Похибки індукційних перетворювачів інструментального характеру пов'язані з нестабільністю напруги і частоти живлення, що, враховуючи сучасний рівень розвитку елементів силової схемотехніки легко усувається. Основна інструментальна похибка пов'язана із впливом температури оточуючого середовища, оскільки характеристики пермалюїв дуже сильно залежать від впливу температури. Методичні похибки індукційних перетворювачів ідентичні методичним похибкам магнітних компасів.

Індукційні перетворювачі також використовують для магнітної корекції курсових систем. Феромагнітні чутливі елементи використовують для вимірювання відхилення головної вісі гіроскопа від плоскості магнітного меридіану. Феромагнітні чутливі елементи зазвичай встановлюють в хвостовій частині літака, оскільки там менше за всього на перетворювач впливають поля залізних деталей, приладів і проводки.

4. Шляхи можливого застосування фери- та феромагнітних перетворювачів в навігаційних системах та системах авіоніки

Серед шляхів подальшого розвитку вживаності сучасних фери- та феромагнітних перетворювачів слід виділити два шляхи : удосконалення вже існуючих систем із фери- та феромагнітними перетворювачами та створення ефективних нових систем та пристроїв із вказаними датчиками.

Другий шлях набуває особливої актуальності при створенні систем авіоніки безпілотних повітряних суден, оскільки безпілотна авіація знаходиться у стадії розвитку. Завдяки цьому у дослідників і розробників

систем навігації і авіоніки є широке поле для розробки якісно нових принципів та конструктивних рішень.

На наш погляд у першу чергу зазначимо напрям подальшого розвитку систем магнітометричного визначення курсу на основі феримагнітних перетворювачів. У [5] рекомендовано використання магніторезистивних перетворювачів. Принцип їх роботи засновано на вимірюванні напряму намагніченості внутрішніх доменів шару пермалою під дією зовнішнього магнітного поля. В залежності від кута між напрямом струму і вектором намагніченості змінюється опір пермалоєвої півки. Чутливі елементи магніторезистивних магнітометричних датчиків в мікроелектронному виконанні розташовані по мостовій схемі для оцінки кругових рухів. Також мікроелектронні магнітометри оснащені мініатюрними плоскими котушками для генерації магнітного поля малої величини з метою формування вісі легкого намагнічування, по якій зорієнтовуються магнітні вектори доменів. Найбільша чутливість перетворювача буде до полів які направлені перпендикулярно до вісі легкого намагнічування. Сучасні магніторезистивні датчики (наприклад НМС 5843) мають розміри усього 4×4×1,3 мм.

Феримагнітні параметричні перетворювачі малих переміщень, принцип дії яких засновано на явище самоіндукції, та які мають розширений динамічний діапазон до 45-50мм [6] можуть бути використані для вимірювання переміщень рухомих механізмів літака та їх частин.

Феромагнітні перетворювачі (ФомП) завдяки універсальності розмірів чутливого елемента можуть бути використані для вимірювання параметрів сил та їх похідних для різних динамічних діапазонів. ФомП

мають: високий рівень сигналу на виході, що зменшує рівень впливу дій електромагнітних полів від навколишнього обладнання та від високочастотних сигналів; стабільність характеристики перетворення в межах від -25°C до +90°C завдяки оптимальній побудові конструкції осердя чутливого елемента; можливість бути вбудованим в конструкції, що підлягають контролю; взаємозамінність чутливого елемента з точки зору електричних і конструктивних характеристик; мінімізація перетворювальних елементів та простота зв'язку з мікропроцесорами, що мають АЦП, який передбачає введення змінної напруги.

Виходячи з перерахованих властивостей можна з впевненістю рекомендувати застосування ФомП в системах авіоніки для визначення розходу палива під час польоту; місцеположення рівнодіючої сил, що забезпечить визначення та корегування при необхідності напрямку польоту при застосуванні простих обчислювальних пристроїв на жорсткій логіці.

5. Висновки

Фери- та феромагнітні перетворювачі, засновані на різних принципах дії, тривалий час використовуються в роботі систем навігації та авіоніки, зарекомендували себе як надійні, високоефективні пристрої.

Подальший розвиток авіації, особливо її безпілотного сегменту, удосконалення конструкції та схемотехніки перетворювачів створює умови для подальшого їх впровадження не тільки у вже відомі типи пристроїв навігації та авіоніки, а також дозволяє створювати якісно нові пристрої та системи.

Література

1. Ларин, В.Ю. Основы построения приборов и систем с ферри- и ферромагнитными преобразователями [Текст] / В.Ю. Ларин. – Донецк : Вебер, 2007. – 367 с.
2. Браславский, Д.А. Авиационные приборы и автоматы [Текст] / Д.А. Браславский, С.С. Логунов, Д.С. Пельпор. – М. : Машиностроение, 1978. – 428 с.
3. Воробьев, В.Г. Авиационные приборы, информационно-измерительные системы и комплексы : учебник для вузов [Текст] / В.Г. Воробьев, В.В. Глухов, И.К. Кадышев. – М. : Транспорт, 1992. – 399 с.
4. Приладове обладнання [Електронний ресурс] / Авіаційне та електронне обладнання ЛА. – Режим доступу – URL <http://www.osaviation.narod2.ru/2223/> - 16.11.2012 р. – Загл. з екрану.
5. Распопов, В.Я. Микросистемная авионика : уч.пособие [Текст] / В.Я. Распопов. – Тула : Гриф и К, 2010. – 248 с.
6. Ларин, В.Ю. Новые методы исследований и разработки приборов и систем [Текст] / В.Ю. Ларин. – Донецк : Вебер, 2009. – 316 с.

Abstract

The article refers to the area of aircraft devices and navigation systems. It aims to analyze existing systems and devices of navigation and avionics, which contain in the structure ferrimagnetic and ferromagnetic primary and measurement transformers. It also aims to determine the ways of their improvement for the implementation in new and advanced navigation and avionics systems. The ferrimagnetic and ferromagnetic transformers are primary or measurement transducers, the sensors of which contain iron or its compounds and operate on the basis of magnetism or various magnetic effects: magneto-mechanical, magneto-striction, magnetoelastic, magneto-resistive, thermomagnetic, magneto-optical. The widespread application of these types of sensors was shown in the capacity of: meters of rotating velocity of motor shafts; pressure meters (frequency operation principle); devices to determine the course of the aircraft; devices to correct the inertial navigation systems. The application of modern integrated ferrimagnetic and ferromagnetic transformers for designing of high-quality devices of navigation avionics of UAVs was suggested

Keywords: *avionics, ferrimagnetic and ferromagnetic transformers, parametric measuring transformers, navigation systems*