

**ОТНОСНО ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА ПРИЛОЖЕНИЕ НА ЦИФРОВИ
МАГНИТОЧУВСТВИТЕЛНИ ИНТЕГРАЛНИ СХЕМИ**
**ON THE POSSIBILITIES OF APPLYING DIGITAL MAGNETO-SENSITIVE
INTEGRATED CIRCUITS**

гл.ас. д-р Анатолий Трифонов Александров
Технически университет - Габрово

Abstract. The paper presents a theoretical justification and an experimental proof of the possibility of applying digital magneto-sensitive integrated circuits for measuring magnetic induction, which reveals a new area for their application. Galvano-magnetic sensors for measuring both electric (such as current) and non-electric (such as linear displacement) quantities with a frequency output have been developed and studied experimentally, demonstrating the engineering aspect of the above-mentioned idea. The generalized block diagram of this type of sensors has been presented. The current-frequency and linear displacement-frequency characteristics, obtained by experiment, have been shown, as well as the theoretical-experimental models that describe them.

1. Въведение

Развитието на електрониката, електротехниката, роботиката, автоматиката и измервателната техника изисква създаването на нови сензори и сензорни механизми с цифров изход, характеризиращи се с висока точност, чувствителност, надеждност, шумозащитеност и възможност за обработване на получената информация с микрокомпютър.

Галваномагнитната електроника дава възможност за създаване на безконтактни сензори, чиито основни предимства са: малка маса и габарити, повишена устойчивост към механични въздействия и висока надеждност. Известни са магниточувствителен планарен сензор с честотен изход [3] за преобразуване на магнитна индукция в честотен сигнал и устройство за отчитане на енергията на базата на елемент на Хол, при който изходният сигнал се модулира с помощта на мултивибратор [7]. Тези преобразуватели са разработени на основата на галваномагнитни дискретни елементи.

Магниточувствителните интегрални схеми (МЧИС) съчетават в себе си магниточувствителен елемент и електронна схема за обработка на сигнала, изпълнени в един технологичен цикъл [2]. Те се характеризират с ниска себестойност, висока шумоустойчивост, намалени габаритни размери, пълна електрическа развръзка между входната и изходната вериги. МЧИС са аналогови и цифрови. Независимо от техните предимства, цифровите МЧИС все още не са намерили полагащото им се място в инженерната практика. Те се прилагат основно за индициране на магнитно поле [4,5]. На тяхна основа са реализирани сензори за положение и сензори за максималнотокови защити [5].

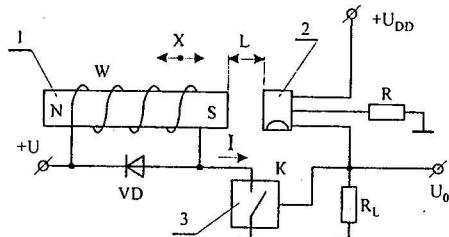
В настоящата разработка е предложена една нова област за приложение на цифровите магниточувствителни интегрални схеми, а именно за измерване на индукцията на магнитното поле. Създадени са и експериментално са изследвани галваномагнитни сензори за измерване на електрически (ток) и неелектрически (линейно преместване) величини с честотен изход, демонстриращи инженерния аспект на горепосочената идея.

2. Изложение

Основното приложение на цифровите МЧИС - за индициране на магнитно поле, се определя от тяхната преобразователна функция. Тя се характеризира със стойностите: магнитна индукция на включване B_{ON} , магнитна индукция на изключване B_{off} и магнитен хистерезис ΔB .

Една нова и неизследвана област на приложение на цифровите МЧИС е за измерване на магнитна индукция. За реализиране на тази идея е синтезиран галваномагнитен сензор с честотен изход.

Обобщената блокова схема на преобразувателя е представена на фиг.1. Тя се състои от магнитомодулаторна система 1, цифрова МЧИС 2 и ключов елемент 3. В синтезириания преобразувател честотата на изходния сигнал f зависи от големината на магнитната индукция B на магнитомодулаторната система - $f = \phi(B)$, което позволява използването на цифровата МЧИС за измерване големината на магнитното поле.



фиг.1 Блокова схема на галваномагнитен сензор с честотен изход

При включване на сензора изходът на МЧИС се намира в състояние лог."1" и ключът е затворен. През бобината на електромагнита W протича ток I и във въздушната междина се създава магнитна индукция B . През този интервал от време изходът на преобразувателя е в състояние лог."1" и се характеризира с продължителност на импулса T_1 . Когато магнитната индукция достигне магнитната индукция на включване на МЧИС ($B=B_{ON}$), изходът ѝ се превключва в състояние лог."0". Ключът се затваря. Преобразователят се превключва в състояние лог."0" и се характеризира с продължителност на паузата T_0 . Токът и съответно магнитната индукция намаляват. Когато магнитната индукция достигне магнитната индукция на изключване на МЧИС ($B=B_{off}$), изходът на МЧИС се превключва отново в състояние лог."1" и процесите се повтарят. На изхода на ИС се генерираят правовъгълни импулси с определена честота на повторение f .

При избран постояннотоков режим на работа ($I=const$), магнитомодулаторна система и галваномагнитен елемент, продължителността на импулса T_1 зависи от големината на магнитната индукция B на магнитното поле, а продължителността на паузата T_0 остава константна величина. Продължителността на паузата се определя от електромагнитната система и параметрите на МЧИС и по-специално от магнитния й хистерезис.

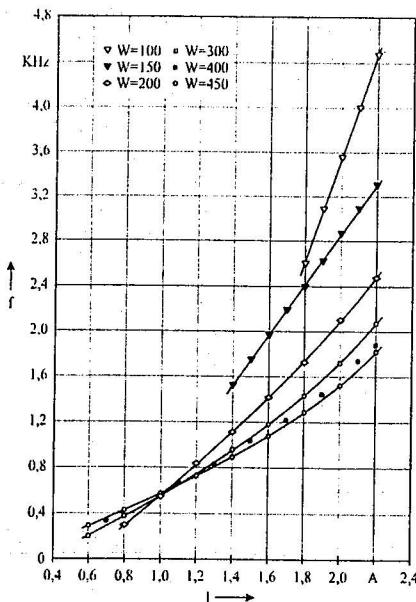
Разгледаната нова област на приложение на цифровите МЧИС дава основание за създаване на галваномагнитни сензори за измерване на електрични и неелектрични величини. В тях има двойно преобразуване на сигнала [5]: измерваният параметър се преобразува в магнитна индукция B , а магнитната индукция - в електрически сигнал. Те се състоят от подходяща магнитомодулаторна система, галваномагнитен елемент и електронна схема. Видът на преобразователната характеристика зависи от типа на галваномагнитния елемент и взаимното разположение на галваномагнитния елемент и магнитната система.

Известно е, че големината на магнитната индукция B зависи правопропорционално от броя на навивките W и големината на тока I през електромагнита, и обратнопропорционално от разстоянието L между електромагнита и МЧИС [5]. Следователно при предварително избрана магнитомодулаторна система, т.е. брой навивки W и ток I през електромагнита, честотата на изходния сигнал f е функция на разстоянието L между електромагнита и МЧИС, а при предварително избрани брой навивки W и разстояние L между електромагнита и МЧИС, честотата на изходния сигнал f зависи само от тока I през електромагнита. Използването на тези зависимости ($f=\phi(I)$ при $W=const$ и $L=const$ и $f=\phi(L)$ при $W=const$ и $I=const$) е в основата на синтезираните преобразуватели с честотен изход за измерване съответно на ток и линейно преместване.

Преобразувател за измерване на ток с честотен изход.

Създаден е и е изследван сензор за измерване на ток с честотен изход на базата на експериментални образци на цифрова МЧИС, тип CM701AM5.1 [6], чувствителният елемент на която е двуколекторен магнитотранзистор. Използвана е електромагнитна система от затворен тип със следните параметри: магнитна проницаемост $\mu=400$; ширина на въздушната междина $\delta=10\text{mm}$; площ на напречното сечение на електромагнита $S=1600\text{mm}^2$. Тези параметри са подбрани от конструктивни съображения и гарантират линейно и еднородно магнитно поле. Обхватът на преобразователната характеристика се определя от условието индукцията в магнитната верига да е по-голяма от магнитната индукция на включване B_{ON} на МЧИС.

Експериментално заснетите преобразователни характеристики на сензора за измерване на ток - $f=\phi(I)$ при $W=const$ са показани на фиг.2.



фиг.2 Преобразувателна характеристика $f=\phi(I)$ при $W=\text{const}$.

За установяване на аналитичния вид на зависимостта $f=c.I^n$ на честотата f от големината на измервания ток I , при $W=\text{const}$, е приложен методът на най-малките квадрати [1].

Видът на получените теоретико-експериментални модели е:

$$f = 0,5389 \cdot I^{2,016} \text{ при } W=200 \text{ навивки};$$

$$f = 0,6018 \cdot I^{1,3899} \text{ при } W=450 \text{ навивки}.$$

Анализът на получените графични и емпирични зависимости показва, че при $W=\text{const}$ честотата f е функция на протичащия ток, като с нарастването му тя се увеличава. Този характер на изменение на f в зависимост от тока съответствува на принципа на действие на преобразувателя. При по-голям брой навивки преобразувателната характеристика е нелинейна. С намаляване на броя на навивките токът на сработване на преобразувателя нараства, а преобразувателните характеристики стават линейни. При по-голям ток намагнитването се извършва по крива с по-голяма стръмност, в резултат на което периодът на повторение на изходните импулси намалява, а изходната честота f нараства. Следователно стръмността на преобразувателната характеристика зависи от броя на навивките на електромагнита. В конкретния преобразувател оптимална стръмност от гледна точка на параметъра чувствителност се наблюдава при $W=100$ нав.. На база на експериментално заснетите характеристики (фиг.2) са определени следните параметри на

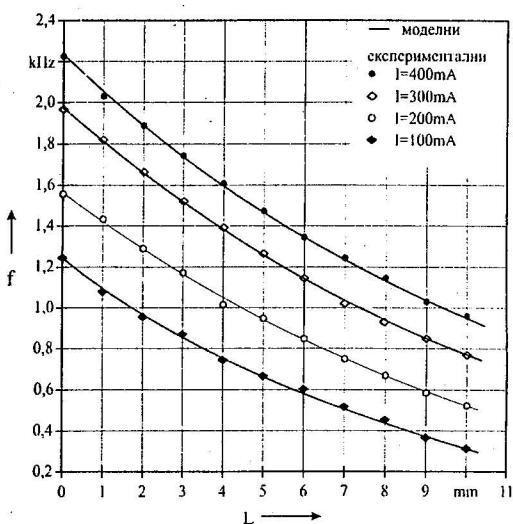
създадения преобразувател ток-честота: измервателен обхват - $(1,8 \div 2,2)A$; диференциална чувствителност $S=3790 \text{ Hz/A}$; относителна чувствителност $S_{00}=2,37$.

Преобразователните характеристики при по-голям брой навивки ($W>150$) са нелинейни. За реализация на измервателен преобразувател е необходимо функцията $f=\phi(I,W)$ да се линиаризира или да се избере област от характеристиката с достатъчна линейност.

Галваномагнитен сензор за линейно преместване с честотен изход

Синтезиран е галваномагнитен сензор на линейно преместване с честотен изход на базата на цифрова МЧИС, тип CM701AM5.1. Магнитомодулаторната система е отворен тип и е избрана по експериментален път. Точността на позициониране на експерименталната установка за изследване на сензорите е 0,01mm

Експериментално заснетите преобразователни характеристики на сензора: $f=\phi(L)$ при $I=const.$, са показани на фиг.3.



фиг.3. Преобразователни характеристики $f=\phi(L)$

По метода на най-малките квадрати са получени теоретико-експериментални модели, описващи тези характеристики:

$$f=1137,21 - 85,83 \cdot L \text{ при } I=100\text{mA};$$

$$f=1569,32 - 143,1 \cdot L + 3,78 \cdot L^2 \text{ при } I=200\text{mA};$$

$$f=1979,43 - 162,66 \cdot L + 4,1 \cdot L^2 \text{ при } I=300\text{mA};$$

$$f=2215,03 - 168,58 \cdot L + 4,36 \cdot L^2 \text{ при } I=400\text{mA};$$

Те позволяват при избран постояннотоков режим да се определи честотата на изходния сигнал във функция от линейното преместване L .

Въз основа на получените в графичен и аналитичен вид преобразователни характеристики е определена диференциалната чувствителност на сензора. Тя се изменя в границите: $S=42,92 \div 68,67 \text{ Hz/mm}$ при $I=100 \text{ mA}$, $S=69,66 \div 68,23 \text{ Hz/mm}$ при $I=200 \text{ mA}$, $S=79,28 \div 80,71 \text{ Hz/mm}$ при $I=300 \text{ mA}$, $S=82,11 \div 81,87 \text{ Hz/mm}$ при $I=400 \text{ mA}$.

Анализът на получените експериментални и теоретико-експериментални зависимости показва, че с увеличаване на тока през електромагнитната система нараства честотата на изходния сигнал на сензора, като може да се избере участък с линейна преобразователна характеристика, в който диференциалната чувствителност е постоянна и по-висока при по-голям ток.

Проведените изследвания на синтезирания преобразувател на линейно преместване с честотен изход показват, че те с успех могат да се използват за измерване на малки линейни премествания с висока точност.

3. Изводи

1. Теоретично е обоснована и експериментално е доказана възможността за приложение на цифровите магниточувствителни интегрални схеми за измерване на магнитна индукция, с което се разкрива една нова област за приложение на цифровите МЧИС в инженерната практика.

2. Създадени са и експериментално са изследвани галваномагнитни сензори за измерване на електрически (ток) и неелектрически (линейно преместване) величини с честотен изход, демонстриращи инженерния аспект на горепосочената идея.

3. Синтезираните галваномагнитни сензори с честотен изход отговарят на основните изисквания, поставяни към този клас устройства, и притежават възможност за обработка и съхраняване на получените резултати и сигнали с помощта на микроСПУТРИ.

Литература

1. Божанов, Е.С. Статистически методи за моделиране и оптимизиране на многофакторни обекти. София, Техника, 1973.
2. Розенблат, М.А. Гальваномагнитные датчики. Состояние и перспективы развития. Автоматика и телемеханика, Москва, 1997, 1, 3-44.
3. Руменин, Ч.С., П.Т. Костов. Магниточувствително планарно устройство с честотен изход. Авт. свид., рег. N 61825, 30.11.1984.
4. Таков Т., В. Минчев, Полупроводникови датчици. С., Техника, 1986.
5. Тодоров, Д. Преобразуватели в уредостроенето. С., Техника, 1992.
6. Тодоров, П.Ж., А.Т.Александров. Изследване на магниточувствителни интегрални схеми СМ701АМ-5.0 и СМ701АМ-5.1. Научни трудове на ВТУ "А.Кънчев"-Русе, том XXXV, серия VI, Русе, 1994, 48-53.
7. Хомерики, О.К. Применение гальваномагнитных датчиков в устройствах автоматики и измерений. Москва, Энергия, 1971.