

Результаты вычислений представлены в виде графиков на рис.2. Здесь прогиб  $\bar{W} = W \frac{D}{P}$  приведен в безразмерной форме. Рис.2а дает картину изгиба линий 1,2,3,4,5,6,7,8,9. На рис. 2б приведены формы изгиба поперечных сечений 2,3,4,5.

На рис. 2а,б дана картина изгиба пластины при действии локальной силы  $P$ , приложенной к пластине в углу ( $x=a, y=a$ ). На рис. 2в,г показан изгиб пластины при действии момента  $M$ . В вычислительной программе исходными величинами являлись  $\Delta X = 0,1$ ,  $\Delta Y = \Delta = 0,05$ ,  $\nu = 0,3$ ,  $n = 9$ . Заметим, что остальные величины входят в безразмерной прогиб  $\bar{W}$ ;  $a = 0,4$ .

На рис.2в,г  $\bar{W} = W \frac{D}{M}$ . Если воспользоваться теорией подобия, то несложно обобщить полученные результаты на случай пластины с иными размерами.

Отметим, что разработанная программа позволяет вычислять прогибы прямоугольных пластин с произвольным соотношением сторон. Если необходимо получить значения усилий в узлах, необходимо воспользоваться соотношениями (11) и (12).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Громыко О.В. Автоматизация расчета тонкостенных элементов конструкций // Наука и технологии на рубеже XXI века. Материалы между. НТК.- Мн.: «Технопринт», 2000.-С. 244-253.
2. Громыко О.В. Конечно-разностные соотношения при расчете тонкостенных элементов конструкций // Машиностроение.- Мн., 2000.- Вып.16.- С. 266-271.
3. Громыко О.В. Расчет оболочек с конечной сдвиговой жесткостью при сосредоточенных воздействиях // Актуальные проблемы динамики и прочности в теоретической и прикладной механике.-Мн.: «Технопринт», 2001.-С.139-144.

УДК 621.865.8

А.П. Драпезо, В.А. Ярмолович

### ПРИМЕНЕНИЕ МИНИАТЮРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ХОЛЛА И МАЛОГАБАРИТНЫХ МАГНИТНЫХ СИСТЕМ В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ДАТЧИКАХ ДЛЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

*Институт физики твердого тела и полупроводников НАН Б  
Белорусский государственный университет  
Минск, Беларусь*

Широко известно, что с использованием эффекта Холла можно реализовать большое число технических устройств, у которых отсутствует механический контакт

между контролируемым объектом и органом преобразования, что значительно повышает их надежность и обеспечивает возможность функционирования в жестких условиях эксплуатации. Особенно перспективно применение миниатюрных преобразователей Холла в сочетании с малогабаритными магнитными системами для создания датчиков различных физических величин [1].

Физический принцип построения датчиков – бесконтактное преобразование индукции магнитного поля в унифицированный выходной сигнал и его дальнейшее преобразование и обработка. Технологические решения включают: групповое изготовление миниатюрных элементов Холла стандартными методами микроэлектроники, взаимозаменяемые группы источников магнитных полей, обычно с использованием постоянных магнитов  $\text{SmCo}_5$ , малогабаритные корпуса, унифицированные платы обработки сигнала.

Магниточувствительные элементы изготавливаются из разработанных нами гетерозпитаксиальных структур антимолибдита индия на полуизолирующем арсениде галлия с высокой подвижностью носителей заряда  $n$ -типа.

Конструирование датчиков осуществляется с использованием теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) и применением функционально-стоимостного анализа (ФСА).

Единство принципов преобразования воздействующих величин и использование блочного построения датчика позволило реализовать широкую гамму устройств (датчиков) для машиностроительного комплекса.

#### 1. Бесконтактные выключатели БКВ.

Бесконтактные выключатели БКВ предназначены для определения положения подвижных частей механизмов с точностью до 0,05 мм в зазорах от 1,0 до 5,0 мм (определяется Заказчиком). В зависимости от размеров и формы магнитной системы БКВ фиксируют положение при радиальных или тангенциальных формах перемещений.

Принцип действия датчиков основан на измерении с помощью магниточувствительных интегральных микросхем индукции магнитного поля в зазоре между концентратором, размещенным в торце БКВ, и подвижной магнитной системой, размещенной на контролируемом подвижном объекте. При превышении индукции в зазоре происходит срабатывание компаратора, с последующим переключением мощного транзистора выходного каскада в открытое состояние.

Конструктивно датчики выполнены в виде цилиндра из немагнитного материала со встроенным внутри концентратором с преобразователем Холла и микроплатой, на которой размещены магниточувствительная микросхема, стабилизатор напряжения, компаратор, защитный диод и другие элементы.

Основные технические характеристики БКВ приведены в табл. 1.

Технические характеристики БКВ

Ток выхода	250 мА	Точность позиционирования	0,05 мм
Напряжение питания	14,0...28,0 В	Выходной сигнал	открытый коллектор
Потребляемый ток	10,0 мА	Габариты:	
Диапазон рабочих температур	минус 60...+125 °С	БКВ-8	(М8 x 1,0) x 30 мм
Сопротивление нагрузки,	не менее 0,5 кОм	БКВ-10	(М10 x 0,5) x 15 мм
Зазор между торцом датчика и магнитной системой	3 ...6 <sup>(+3)</sup> мм	БКВ-14	(М14 x 1,0) x 35 мм

## 2. Датчики частоты ДЧХ.

Принцип действия датчиков основан на измерении с помощью магниточувствительных интегральных микросхем частоты изменения величины магнитного поля, создаваемого перемещающимися периодическими ферромагнитными элементами - шестернями, зубчатыми рейками и др. Конструктивно датчики выполнены в виде цилиндра из немагнитного материала со встроенной внутри магнитной системой из сплава ЮНДК или КС-37 и микроплатой, на которой размещены магниточувствительный элемент, усилитель, формирователь импульсов и стабилизатор напряжения.

В отличие от индукционных аналогов имеют выходной сигнал, амплитуда которого постоянна во всем рабочем диапазоне, а частотная характеристика - линейна. Максимальный зазор между торцом датчика и ферромагнитным объектом в два-три раза больше, чем у индукционных. Датчик имеет более высокую пространственную разрешающую способность.

Основные технические характеристики ДЧХ приведены в табл.2.

Таблица 2

Технические характеристики ДЧХ

Параметры	ДЧХ-0,2	ДЧХ-8	ДЧХ-12
Диапазон измеряемой частоты, кГц	1-160	1-8	0,05-15,0
Величина рабочего зазора, мм*	0-5	0-5	0-7
Напряжения питания, В	9...15	9...18	5...24
Потребляемый ток, мА	не более 20	не более 20	не более 20
Выходной каскад	открытый коллектор п-р-п		
Сопротивление нагрузки, кОм	не менее 1,0		
Диапазон рабочих температур, °С	минус 40...+120		
Исполнение	герметичное, пыле- влагомаслозащищенное		

\*Рабочий зазор зависит от конфигурации и шага зубьев ферромагнитного объекта, а также биения при вращении.

### 3. Датчик угла поворота ДУПХ.

Датчик угла поворота полнооборотный или секторный предназначен для преобразования угла поворота вала в аналоговый электрический сигнал.

Датчик выполнен в виде цилиндрического корпуса с фланцем для точной фиксации и вращающимся валом, имеющим шлицевое самоцентрирующее крепление. Преобразование угла поворота вала в электрический сигнал производится бесконтактным способом за счет изменения индукции магнитного поля в области расположения чувствительного элемента при повороте вала. Сигнал с преобразователя подается на усилитель, выполненный в виде интегральной схемы.

Датчик рассчитан для работы в условиях повышенных температурных воздействий, в условиях агрессивных сред (соляной туман, кислотные и щелочные воздействия и др.), спецвоздействий, имеет пожаро-взрывопасное исполнение и большую износостойкость (количество рабочих циклов более  $10^6$ ).

По своим точностным и надежностным характеристикам датчик предназначен для работы в составе сложных микропроцессорных систем.

Датчик предназначен для систем военной и космической техники, авиационных и автотракторных систем управления и контроля, станкостроения и имеет другие назначения широкого применения.

В отличие от существующих аналогов (потенциометрических, индукционных), датчик имеет меньшие габариты, на порядок более высокую надежность, простоту конструкции, современную элементную базу. Техпроцесс сборки основных элементов датчика автоматизирован.

Основные технические характеристики ДУПХ приведены в табл.3.

В ДУПХ применяются различные варианты исполнения: в том числе, когда магнитные системы создают квазиоднородное магнитное поле, вращающееся относительно двух взаимноперпендикулярных преобразователей Холла, так и гораздо более сложные магнитные системы, и специфическое расположение преобразователей Холла [2,3].

### 4. Датчики электрического тока бесконтактные ДТПХ.

Разработан типоряд бесконтактных датчиков электрического тока (ДТПХ), предназначенных для измерения величины постоянного, переменного или импульсного электрического тока, осциллографирования токовых сигналов, обеспечения гальванической развязки силовых электрических цепей от измерительных. Принцип действия основан на измерении с помощью преобразователя Холла величины и направления магнитного поля, создаваемого контролируемым электрическим током в зазоре ферромагнитной системы.

Технические характеристики ДУПХ

1.	Габариты - не более, мм	Ø45X60 (Ø 45X90)
2.	Напряжение питания, В	+12 <sup>+5</sup> (4,8 <sup>+1,5</sup> )
3.	Диапазон угла поворота, град.	-15 °...0...+15° (0 °...360 °)
4.	Разрешающая способность, угл. минута	5'
5.	Рабочий температурный диапазон, °С	минус 60...+120
6.	Выходной сигнал, В	2...6
7.	Ток питания, мА	20...40
8.	Основная погрешность не более	0,5 %
9.	Дополнительная погрешность в диапазоне температур от минус 40°С до +80°С, не более от минус 60°С до +120°С, не более	0,25 % 1,8 %
10.	Изменение выходного сигнала от угла поворота, функция вида	$y=k \sin x$

В зависимости от величины измеряемого электрического тока используются три конструктивных исполнения. Основные параметры ДТПХ приведены в табл.4. Для систем релейной защиты и автоматики энергосистем разработаны бесконтактные датчики тока порогового типа ДТП. В [4] приведены характеристики типоряда пороговых датчиков постоянного тока с уровнем срабатывания 10, 20, 50, 100, 300, 500, 1000, 4000 мА соответственно. В основе конструкции ДТП лежит использование ферритового кольца с узким зазором, в котором размещен миниатюрный элемент Холла. Выходной сигнал датчика снимается с открытого коллектора p-n-p транзистора. При фиксации порогового тока транзистор открыт.

Эксплуатация датчиков, функционирующих на эффекте Холла, например, устанавливаемых на новые троллейбусы серии 201, показала их высокую надежность.

Таблица 4

## Параметры ДТПХ

Параметры	ДТПХ-0,1	ДТПХ-1	ДТПХ-5	ДТПХ-20	ДТПХ-300	ДТПХ-600
Диапазон измеряемых токов, А	0,1	1,0	5,0	20,0	300,0	600,0
Погрешность измерения в диапазоне рабочих температур, %, не более	1	1	1	1	1	1
Сопротивление входной цепи, Ом, не более	1	0,1	-	-	-	-
Индуктивность входной цепи, мкГн, не более	150	10	-	-	-	-
Сопротивление между измеряемыми и силовыми цепями, МОм, не менее	20	20	200	200	200	200
Частотный диапазон, кГц	вариант А	5	10	12	12	12
	вариант Б	-	-	-	300	300
*Выходной сигнал, В	±10	±10	±10	±10	±10	±10
**Ток потребления, мА	5-65	5-65	5-65	5-65	5-65	5-65
***Диапазон рабочих температур, °С	-60...+85	-60+85	-60+85	-60+85	-60+85	-60+85
Габаритные размеры, мм	20x15x7		20x15x9		30x15x9	
	Масса, г	7	7	10	10	20

\*-Может меняться в зависимости от напряжения питания.

\*\*-Зависит от точности измерения

\*\*\*-Возможно расширение температурного диапазона до +125 °С.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Прокошин В.И., Шепелевич В.Г., Ярмолович В.А. Устройства автоматки и робототехники на эффекте Холла. – Минск: РМ ИПК, 1981.– 141 с. 2. Анищик В.М., Ярмолович В.А. Устройство определения угла поворота на эффекте Холла. - Патент РБ №3713, кл. G01B 7/30, от 15.08.2000г. 3. Анищик В.М., Ярмолович В.А. Устройство определения углового положения вращающегося объекта. - Патент РБ №3712, кл. G01B 7/30 от 15.08. 2000 г. 4. Дραπεзо А.П., Радюк В.Л, Ярмолович В.А., Шалин А.Я., Царев Б.П Датчик тока пороговый (ДПТ) для фиксации действий релейной защиты и автоматки энергосистем // Энергоэффективность. -2001.- № 10 -С. 16-17.