

УДК 621.317

П.С. СЕРЕНКОВ, д-р техн. наук  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Р.Е. ВОЛКОТРУБ; М.П. ЛОБКОВА; С.С. ПАПИНА  
Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск

А.С. ХОРЛООГИЙН  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

## КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕБАНИЙ ПРЕЦИЗИОННЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАТЧИКОВ ХОЛЛА

*В данной статье приведены результаты разработки и апробации методических подходов к контролю малых прецизионных координатных перемещений с использованием датчиков Холла. Показано, что с использованием датчиков Холла может быть сформирована достаточно эффективная система контроля квазистатических линейных перемещений и низкочастотных колебаний, которая, учитывая невысокую стоимость ее компонентов, может быть успешно использована как в космической технике, так и в точном машиностроении при определении относительных перемещений и механических колебаний.*

**Ключевые слова:** датчик, колебания, прецизионные линейные перемещения, система контроля, Холл, космическая техника

**Введение.** В настоящее время датчики Холла наиболее широко используются в системах контроля и управления автомобильной техники [1], системах ориентации, например, мобильных телефонов [2], а также приборах для измерения электрических параметров. Это обусловлено рядом несомненных достоинств систем контроля на основе датчиков Холла, к которым прежде всего можно отнести наличие гальванической развязки, пропорциональность напряжения приложенному магнитному полю и достаточно широкий температурный диапазон функционирования. Вновь возобновились ранее проводимые под руководством профессора Ю.В. Скорынина исследования в области контроля с их использованием малых перемещений. При этом применяется современная интенсивно развивающаяся элементная база, создаваемая в этой области ведущими зарубежными фирмами [3–5].

Поскольку параметры колебаний могут контролироваться по перемещениям, то для их регистрации в ряде случаев может быть использована схема с контролем расстояния между датчиком Холла и постоянным магнитом. Однако при этом целесообразно учитывать, что, несмотря на пропорциональность напряжения приложенному магнитному полю, само магнитное поле нелинейно изменяется при изменении расстояния до его полюсов. Кроме того, с увеличением или уменьшением расстояния может изменяться и чувствительность системы контроля. Важное значение имеет положение полюсов магнита по отношению к датчику Холла и связанная с этим возможность двухкоординатного контроля по схеме ортогонального размещения по отношению к постоянному магниту двух датчиков Холла.

**Цель исследований:** оценка возможности и эффективности использования двухкоординатной системы контроля по схеме «ортогонально размещенные два датчика Холла — постоянный магнит».

Основными задачами исследований являлась оценка влияния расстояния между датчиком Холла и постоянным магнитом и их взаимной ориентации на чувстви-

тельность системы контроля, а также линейность зависимости между напряжением и расстоянием.

**Методика исследований.** Исследования проводились на стенде Белорусского национального технического университета с использованием схемы, показанной на рисунке 1.

Исследования проводились с использованием биполярного аналогового датчика Холла SS495A, функционирующего при плотности магнитного потока от  $-67$  мТл до  $+67$  мТл и рабочем напряжении  $U_{\text{раб}} = 4,5 \div 10,5$  В. При этом регистрировались:

- расстояния  $\Delta$  между датчиком Холла и постоянным магнитом;
- цифровое значение выходного напряжения с датчика Холла  $U$ , фиксирующее разницу напряжением питания и напряжением, генерируемым в датчике Холла магнитным полем.

Разрешающая способность средств контроля расстояния между датчиком Холла и постоянным магнитом составляла  $0,01$  мм.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Результаты исследований приведены в таблице и на рисунке 2.

Анализ таблицы и рисунка 2 показывает следующее:

- напряжения, регистрируемые с датчика Холла при изменении расстояния между ним и постоянным магнитом при  $\Delta < 3$  мм, существенно различны, причем с увеличением расстояния эти различия уменьшаются;

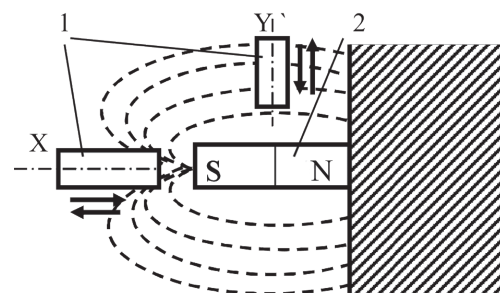


Рисунок 1 — Схема проведения исследований:  
1 — датчики Холла; 2 — постоянный магнит

Таблица — Изменение регистрируемых с датчика Холла напряжений при изменении расстояния между ним и постоянным магнитом в направлении осей  $X$  и  $Y$

$\Delta$ , мм	$U$ , В		$\Delta$ , мм	$U$ , В	
	$X$	$Y$		$X$	$Y$
0	1,535	0,02	5	3,540	3,168
0,5	1,850	0,02	5,5	3,609	3,300
1	2,177	0,02	6	3,675	3,412
1,5	2,461	0,586	6,5	3,720	3,504
2	2,713	1,303	7	3,775	3,580
2,5	2,920	1,838	7,5	3,812	3,645
3	3,088	2,244	8	3,849	3,700
3,5	3,225	2,562	8,5	3,882	3,753
4	3,353	2,802	9	3,904	3,790

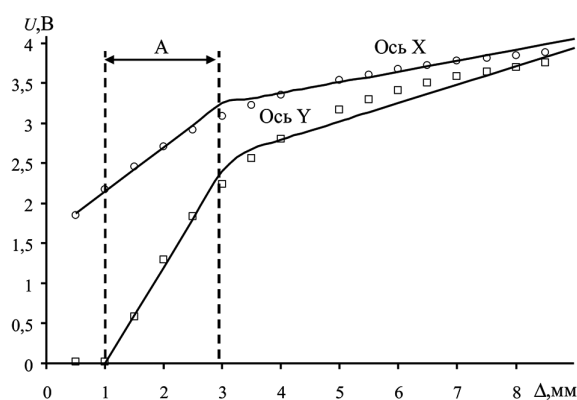


Рисунок 2 — Графики зависимостей изменения регистрируемых с датчика Холла параметров и показаний от расстояния между ним и постоянным магнитом

- регистрируемые с датчика Холла напряжения нелинейно зависят от его расстояния до постоянного магнита, причем их зависимость от  $\Delta$  может быть разбита на два близких к линейному интервала (см. рисунок 2), отклонения показаний с датчика Холла в которых от соответствующих аппроксимирующих прямых не превышает 4–5%;

- чувствительность системы контроля также существенно зависит от расстояния между датчиком Холла и постоянным магнитом и имеет максимум в диапазоне 1–3 мм (см. рисунок 2, зону  $A$ ), причем чувствительность системы контроля в направлении оси  $Y$  по меньшей мере вдвое выше, чем в направлении оси  $X$ ;

- в направлении оси  $Y$  существует зона «не чувствительности», составляющая величину  $\Delta$  менее  $\Delta \div 1$  мм (см. рисунок 2).

Эмпирические зависимости в аналитическом виде для аппроксимирующих прямых, регистрируемых с датчиков Холла, имеют следующий вид:

- для оси  $X$  при расстоянии  $\Delta = 1 \div 3$  мм:

$$U = 1,6 + 0,55\Delta; \quad (1)$$

- для оси  $X$  при расстоянии  $\Delta > 3$  мм:

$$U = 2,83 + 0,136\Delta; \quad (2)$$

- для оси  $Y$  при расстоянии  $\Delta = 1 \div 3$  мм:

$$U = 1,2(\Delta - 1); \quad (3)$$

- для оси  $Y$  при расстоянии  $\Delta > 3$  мм:

$$U = 1,87 + 0,23\Delta. \quad (4)$$

Анализ зависимостей (1)–(4) показывает, что как в направлении  $X$ , так и в направлении  $Y$  чувствительность системы контроля при расстоянии  $\Delta = 1 \div 3$  мм выше более чем в 4 раза, по сравнению с большим 3 мм расстоянием между датчиком Холла и постоянным магнитом.

Таким образом, определенные для рассматриваемого датчика Холла SS495A диапазон  $\Delta = 1 \div 3$  мм и погрешность регистрации расстояний с использованием датчика Холла оказались вполне приемлемыми для создания системы контроля параметров колебаний прецизионных систем.

**Выводы.** С использованием датчиков Холла может быть сформирована достаточно эффективная и удобная в использовании двухкоординатная система контроля параметров колебаний прецизионных систем, в частности скоростных прецизионных электрошпинделей с аэростатическими опорами.

При создании такой системы должен быть проведен комплекс работ, позволяющий определить диапазон расстояний между датчиком Холла и постоянным магнитом, в котором реализуется наиболее высокая чувствительность системы контроля, и определена наиболее рациональная ориентация постоянного магнита по отношению к датчикам Холла.

Точностные параметры системы контроля могут быть существенно повышены путем формирования уточненной зависимости между регистрируемыми с датчика Холла данными и диапазоном  $\Delta$  путем рационального сужения диапазона варьирования его величины.

#### Список литературы

- Сысоева, С. Автомобильные датчики положения. Современные технологии и новые перспективы. Ч. 14: Итоговый сравнительный анализ. Выводы и обновление / С. Сысоева // Компоненты и технологии. — 2006. — № 7. — С. 40–53.
- Портной, Г. Современные магниточувствительные датчики Холла и приборы на их основе / Г. Портной // Вестн. автоматизации. — 2013. — № 1(39). — С. 7–12.
- Староверов, К. Интегральные датчики Холла компании Honeywell / К. Староверов // Новости электроники [Электронный ресурс]. — 2010. — № 1. — Режим доступа: <http://www.chipinfo.ru/literature/compeljournal/2010/201001/r3.html>. — Дата доступа: 20.06.2017.
- Маргелов, А. Датчики положения на эффекте Холла компании HONEYWELL / А. Маргелов // Электронные компоненты. — 2004. — № 8. — С. 1–6.
- Шемякин, С. Компонентные AMR-датчики положения и угла поворота от Honeywell / С. Шемякин // Компоненты и технологии. [Электронный ресурс]. — 2012. — № 11. — Режим доступа: [http://www.kit-e-ru/articles/sensor/2012\\_11\\_24.php](http://www.kit-e-ru/articles/sensor/2012_11_24.php). — Дата доступа: 30.03.2017.

Serenkov P.S., Volkotrub R.E., Lobkova M.P., Papina S.S., Horloogiyin A.S.

#### Monitoring of oscillation properties of precision systems with use of Hall sensors

The results of development and approbation of methodical approaches to monitoring of small precision coordinate motion with use of Hall sensors are given in this paper. It is shown that, with the use of Hall sensors, a sufficiently effective monitoring system for quasistatic linear displacements and low-frequency oscillations can be formed, which, considering the low cost of its components, can be successfully used both in space technology and in precision engineering in case of determination of the relative movement and mechanical oscillations.

Поступил в редакцию 11.09.2017.