

УДК 621.317

ПОВЫШЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТОВ ХОЛЛА

В. А. КАРПОВ, О. М. РОСТОКИНА, А. В. КАРПОВ

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого»,
Республика Беларусь*

Введение

Современные элементы Холла (ЭХ) широко используются в промышленных применениях совместно с постоянными магнитами в качестве датчиков линейных перемещений [1]–[7]. При их взаимном перемещении изменяется индукция магнитного поля в точке расположения ЭХ, что и является мерой перемещения. Причем ЭХ и постоянный магнит могут не иметь жесткой конструктивной связи. Связь между ними осуществляется через постоянное магнитное поле. Данное обстоятельство обусловило использование подобных датчиков в качестве измерительных элементов перемещения золотников в электропропорциональных гидравлических системах, в которых постоянный магнит, конструктивно связанный с золотником, находится в полости высокого давления гидравлической жидкости, а ЭХ, отделенный от него немагнитной стенкой, расположен в области нормального давления [8], [9]. В таких применениях предъявляются повышенные требования к ЭХ в части температурной стабильности. Поскольку между постоянным магнитом и ЭХ имеется немагнитная стенка, толщина которой определяется перепадом давления, то последний работает в ослабленном магнитном поле (ЭХ удален от постоянного магнита), что предполагает усиление его сигнала. Увеличение коэрцитивной силы магнита не всегда возможно по эксплуатационным и/или экономическим соображениям. Кроме того, диапазон рабочих температур таких измерительных элементов перемещения достаточно широкий, например, для мобильной техники $-30...+80$ °С. Таким образом, одним из основных требований в отмеченных применениях, предъявляемых к ЭХ, является температурная стабильность. Большинство современных функционально законченных ЭХ предназначены для однополярного питания [3], [5], [6] и имеют ратиометрический выход. В отсутствии магнитного поля выходное напряжение равно половине напряжения питания. Причем диапазон изменения напряжения питания может изменяться в два раза. Например, в ЭХ типа SS496 фирмы Honeywell [3], [5] рабочий диапазон питания находится в пределах 4,5–10,5 В. Различают температурный дрейф чувствительности и температурный дрейф нулевого уровня. Последний значительно выше (в 4–5 раз). Между тем в технических характеристиках, предоставляемых производителем, нет данных о зависимости температурного дрейфа нулевого уровня от напряжения питания [3], [5].

Целью работы является экспериментальное исследование зависимости температурного дрейфа нулевого уровня от напряжения питания ЭХ.

Основная часть

Для выяснения этого вопроса была реализована экспериментальная установка, функциональная схема которой представлена на рис. 1.

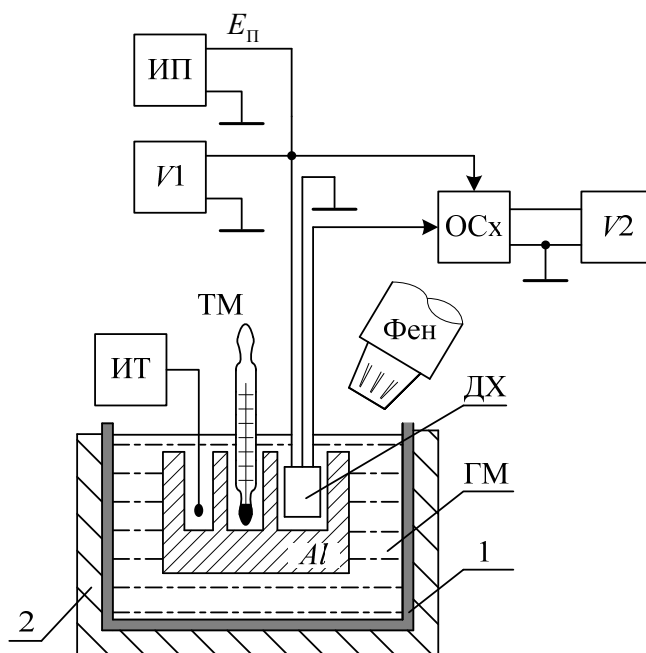


Рис. 1. Функциональная схема экспериментальной установки:

ИП – источник питания с возможностью регулировки выходного напряжения НУ3005 0–30 В, 0–3 А; V1, V2 – универсальные вольтметры В7-38; ИТ – цифровой измеритель температуры, используется для измерения температуры окружающей среды – МУ64; ТМ – стеклянный термометр типа ТЛ-6, диапазон 0–100 °С, разрешение 0,5 °С, используется для контроля; ФЕН – фен типа LUKEY868, используется для нагрева гидравлического масла (ГМ); ГМ – гидравлическое масло, используемое в качестве окружающей среды; ТВУ – термовыравнивающее устройство; 1 – цилиндрический сосуд из алюминия; 2 – теплоизолятор – вспененный полистирол (пенопласт), используемый для уменьшения скорости остывания гидравлического масла; ОСх – обрабатывающая схема (рис. 2), используется для компенсации нулевого уровня напряжения ДХ $\left(\frac{E_{\Pi}}{2}\right)$;

ДХ – испытуемый датчик Холла типа SS496 [3], [5]

Последовательность проведения измерений следующая. Устанавливается напряжение питания E_{Π} с использованием ИП и V1. С помощью ИТ измеряется температура среды t_1 . Измеряется напряжение на выходе ОСх с использованием вольтметра V2. Далее, с использованием фена производится нагрев гидравлического масла – окружающей среды. После выдержки, необходимой для установки температуры, измеряется температура t_2 и выходное напряжение на выходе ОСх (с использованием V2). Затем измеряется напряжение питания E_{Π} , и последовательность действий повторяется. Полученные данные записываются в таблицу, по результатам которых вычисляется температурный дрейф нулевого уровня β .

$$\beta = \frac{U2}{t_2 - t_1},$$

где U2 – показания вольтметра V2 при температуре t_2 ; $t_2 - t_1$ – разность температур.

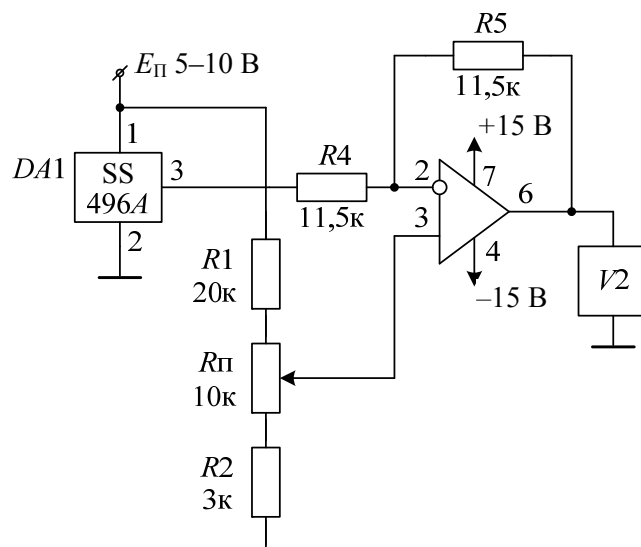


Рис. 2. Принципиальная схема ОСх

В таблице представлены результаты измерения для одного из испытуемых датчиков Холла.

$E_{п}, V1, В$	$t_1, ^\circ C$	$t_2, ^\circ C$	$\Delta t = t_2 - t_1, ^\circ C$	$V2, В$	$\beta = \frac{V2}{t_2 - t_1}, \frac{мВ}{^\circ C}$
5	18	87	69	11	0,159
6	18	102	84	14	0,167
7	18	86	68	10	0,147
8	18	102	84	13	0,155
9	18	95	67	11	0,165
10	18	106	88	14	0,154

Испытаниям подвергались десять датчиков Холла SS496 из разных партий. Средний температурный дрейф β от датчика к датчику находился в пределах $0,12-0,347, \frac{мВ}{^\circ C}$.

Из проведенных испытаний видно, что β слабо изменяется в зависимости от напряжения питания, в то же время чувствительность датчика изменяется в два раза при изменении питания от 5 до 10 В. Выходное напряжение ЭХ можно записать в следующем виде:

$$U_{\text{ЭХ}} = \frac{E_{п}}{2} + SBE_{п} + \beta t,$$

где S – чувствительность ЭХ, $\frac{1}{Тл}$; B – индукция магнитного поля, Тл; β – температурный дрейф нулевого уровня, $\frac{В}{^\circ C}$; t – температура окружающей среды, $^\circ C$.

Для двух напряжений питания $E_{П1}$ и $E_{П2}$ можно записать:

$$U_{ЭХ}(E_{П1}) = \frac{E_{П1}}{2} + SBE_{П1} + \beta t;$$

$$U_{ЭХ}(E_{П2}) = \frac{E_{П2}}{2} + SBE_{П2} + \beta t.$$

Из полученных уравнений видно, что разница $\Delta U_{ЭХ} = U_{ЭХ}(E_{П1}) - U_{ЭХ}(E_{П2})$ не зависит от температуры окружающей среды:

$$\Delta U_{ЭХ} = \frac{E_{П1} - E_{П2}}{2} + SB(E_{П1} - E_{П2}),$$

т. е. для снижения температурного дрейфа нулевого уровня ЭХ необходимо найти разность двух измерений выходного напряжения с использованием разного питающего напряжения.

Например, можно предложить структурную схему измерительного преобразователя, представленную на рис. 3.

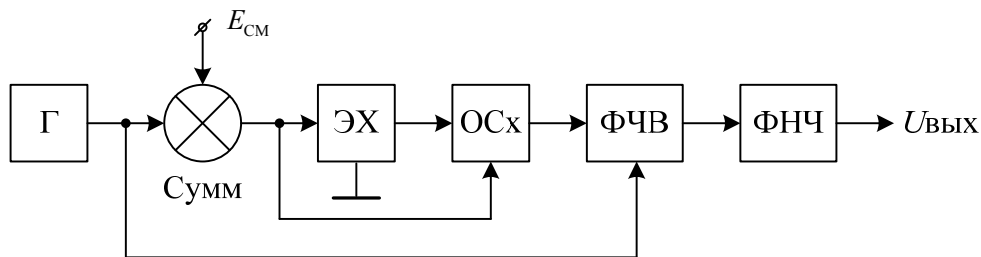


Рис. 3. Структурная схема измерительного преобразователя для ЭХ с пониженным температурным дрейфом нулевого уровня:

Г – генератор прямоугольного однополярного напряжения типа меандр с амплитудой напряжения $E_{П2}$ 5 В; Сумм – сумматор, сдвигающий напряжение на $E_{см}$; $E_{см}$ – напряжение смещения ≈ 5 В, например:

$$E_{см} + E_{П1} = E_{П2} = 10 \text{ В};$$

ЭХ – элемент Холла; ОСх – обрабатывающая схема;

ФЧВ – фазочувствительный усилитель, управляющий вход которого подсоединен к выходу Г, причем коэффициент усиления ФЧВ равен +1, если на выходе Г высокий уровень напряжения, и, соответственно, -1, если на выходе Г нулевой уровень;

ФНЧ – фильтр нижних частот, выделяет среднее значение напряжения с выхода ФЧВ

Схема работает следующим образом. При высоком уровне напряжения на выходе Г напряжение питания на ЭХ равно: $U_{Г} + E_{см} = E_{П1}$, коэффициент ФЧВ равен +1. Выходное напряжение ФЧВ в течение полупериода равно: $U_{ФЧВ1} = SBE_{П1} + \beta t$.

В течение второго полупериода выходное напряжение генератора равно нулю и на ЭХ подается напряжение питания $E_{П} = E_{см}$, коэффициент передачи ФЧВ при этом равен -1. Выходное напряжение ФЧВ равно: $U_{ФЧВ2} = -SBE_{П2} - \beta t$.

Среднее значение напряжения ФЧВ за период равно:

$$U_{ВЫХ} = \frac{1}{T}(U_{ФЧВ1} \cdot 0,5T + U_{ФЧВ2} \cdot 0,5T) = 0,5(U_{ФЧВ1} + U_{ФЧВ2}).$$

Подставляя значения напряжения ФЧВ для разных полупериодов, можно получить:

$$U_{\text{ВЫХ}} = 0,5SB(E_{\text{П1}} + E_{\text{П2}}),$$

т. е. среднее значение не зависит от температуры t и пропорционально индукции магнитного поля. Экспериментальная проверка измерительного преобразователя, реализованного по описанной структурной схеме, показала, что температурный дрейф снижается в 7–8 раз.

Заключение

В работе описан способ измерения температурного дрейфа нулевого уровня современных функционально законченных ЭХ. Представлена экспериментальная установка с указанием конкретного оборудования, необходимого для измерения.

Экспериментально показано, что температурный дрейф нулевого уровня ЭХ слабо зависит от напряжения их питания. Показано, что в разности выходных напряжений ЭХ при различных напряжениях питания температурный дрейф нулевого уровня значительно ослаблен.

Предложена конкретная структурная схема измерительного преобразователя для ЭХ, в которой реализован алгоритм получения напряжения, пропорционального разности двух измерений при различном напряжении питания ЭХ. Испытания измерительного преобразователя, реализованного по предложенной структурной схеме, показали, что температурный дрейф нулевого уровня снижен в 7–8 раз.

Литература

1. Полищук, А. Некоторые применения линейных интегральных датчиков Холла компании Allgro Microsystems / А. Полищук // Компоненты и технологии. – 2006. – № 7. – С. 13–18.
2. Сысоева, С. Датчики Холла компании Micronas / С. Сысоева, Я. Бондарь // Компоненты и технологии. – 2013. – № 3. – С. 19–24.
3. Романова, И. Магнитные датчики компаний NXP, HONEYWELL и MURATA на российском рынке / И. Романова // Новости электроники. – 2012. – Вып. № 15. – Режим доступа: www.electronics.ru. – Дата доступа: апрель 2016 г.
4. Левашов, Ю. Murata: магниточувствительные датчики / Ю. Левашов // Компоненты и технологии. – 2004. – № 1. – С. 15–21.
5. Староверов, К. Интегральные датчики Холла компании Honeywell / К. Староверов // Новости электроники. – 2010. – № 1. – С. 9–13. – Режим доступа: www.compel.ru/lib/ne. – Дата доступа: апрель 2016 г.
6. Сысоева, С. Датчики магнитного поля / С. Сысоева // Компоненты и технологии. – 2012. – № 1. – С. 19–32.
7. Портной, Г. Современные магниточувствительные датчики Холла и приборы на их основе / Г. Портной // Вестн. автоматизации. – 2013. – № 1. – С. 7–12.
8. Датчик перемещения для гидравлических систем : пат. 6504 Респ. Беларусь, МПК F15B 9/00, B01B 7/00 / В. А. Карпов, А. В. Ковалев, Д. А. Литвинов ; заявитель : СООО «Гомел. приборостр. з-д». – № U 20091061 ; заявл. 16.12.2009.
9. Proportional feedback end mechanism. Каталог фирмы Husco International Ltd. – Режим доступа: www.huscointl.com.

Получено 01.07.2016 г.