

М. А. Надеев, М. В. Жарков, А. В. Rogov, В. С. Коротин, В. А. Попов

### МАГНИТОСТРИКЦИОННЫЙ УРОВНЕМЕР ДЛЯ СУДОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

В последнее время все более широкое применение на крупнотоннажных судах и танкерном флоте находят современные интеллектуальные судовые системы управления и контроля, например система «SAAB CARGO CONTROL SYSTEM» [1], в состав которой входит система контроля груза, система измерения уровня в балластных и других танках, система сигнализации переполнения, система вычисления загрузки танкера.

Работа судовых систем управления и контроля, функционирующих в реальном времени, существенным образом зависит от количества и качества используемых в системе первичных измерительных преобразователей информации – датчиков.

Одним из решающих факторов повышения инновационной привлекательности датчиков для судовых условий является применение магнестрикционных преобразователей на крутильных волнах, конструкция которых позволяет герметизировать узлы преобразователя. Интеллектуализация магнестрикционных преобразователей позволяет улучшить их метрологические и эксплуатационные характеристики, расширить функциональные возможности и облегчить интеграцию в системы более высокого уровня [2].

Ниже рассматриваются конструкция и технические характеристики магнестрикционного интеллектуального преобразователя положения (МИПП) для судовых систем управления и контроля [3], разработанного в Астраханском государственном техническом университете. Функциональная схема МИПП представлена на рис. 1.

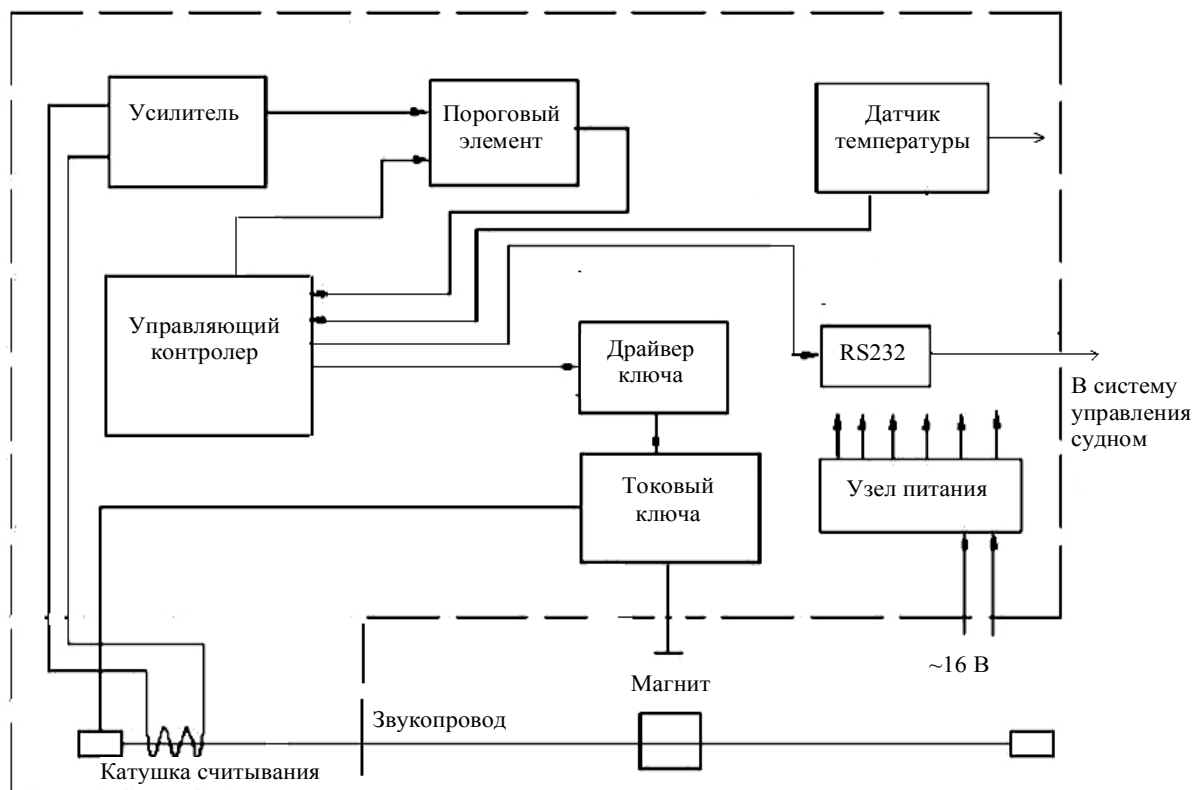


Рис. 1. Функциональная схема МИПП

Принцип действия преобразователя заключается в возбуждении крутильного ультразвукового импульса в ферромагнитном проволочном звукопроводе в зоне взаимодействия магнитного поля импульса тока записи с магнитным полем постоянного магнита и измерении интервала времени, необходимого для прохождения магнитоотрицательной ультразвуковой волной расстояния от магнита до считывающей катушки, расположенной в головной части устройства. Электронный блок пересчитывает этот интервал в расстояние и температуру и выдает в порт RS232.

Формирование импульса записи и считывание сигнала отраженной волны происходят в электронном блоке, расположенном в головной части уровнемера.

Электронный блок предназначен для формирования в проволоке импульса тока определенной амплитуды и длительности, измерения расстояния от подвижного магнита, установленного на поплавке уровнемера, до приемного датчика, определения температуры и передачи данных в компьютер через интерфейс RS232. В состав электронного блока входят: усилитель сигнала с датчика, пороговый элемент, управляющий контроллер, формирователь интерфейса RS232, токовый ключ, драйвер для управления токовым ключом, датчик температуры, узел питания управляющего контроллера, узел питания токового ключа.

Усилитель сигнала собран на 2-х операционных усилителях типа К544УД2А, включенных по схеме усилителя переменного тока с однополярным питанием. Полоса пропускания усилителя составляет от 5 до 250 кГц, коэффициент усиления – 1 850.

Пороговый элемент собран на логическом ключе типа К561ЛА7. Порог срабатывания данного ключа – 2,5 В. Кроме того, ключ не пропускает к управляющему контроллеру случайные сигналы, вызванные переходными процессами в момент подачи в проволоку импульса тока.

В качестве управляющего контроллера применена однокристалльная микро-ЭВМ типа АТmega8-16PI. Время выполнения простых инструкций у данного контроллера – 62,5 нс, что позволяет использовать его для решения подобных задач.

Для связи устройства с компьютером выбран интерфейс RS232. Для его реализации применена микросхема MAX232, которая формирует стандартные сигналы для данного типа интерфейса.

Токовый импульс формируется токовым ключом, выполненным на базе полевого транзистора IRF540. Динамические характеристики этого транзистора позволяют получить короткий импульс тока с крутыми фронтами.

Для управления токовым ключом в схеме собран драйвер на транзисторах КТ972Б, КТ973Б и КТ3102Б. Для получения информации о температуре окружающей среды в схему устройства введен цифровой датчик температуры DS18S20. Для получения необходимых питающих напряжений служат два питающих узла:

- узел питания управляющего контроллера;
- узел питания токового ключа.

Конструктивно уровнемер состоит из двух печатных плат, на одной из которых собрана вся электронная часть, а на другой собран узел питания токового ключа.

После включения питания управляющий контроллер с помощью токового ключа формирует серию импульсов тока длительностью 12 мкс каждый. После каждого импульса контроллер устанавливает «мертвое время» 30 мкс, в течение которого пороговый элемент находится в закрытом состоянии. Через 30 мкс ключ открывается подачей низкого уровня на вход драйвера ключа и контроллер входит в готовность принять обратный сигнал с датчика. После приема сигнала формируется следующий токовый импульс и т. д. Всего в серию входит 15 импульсов, т. е. производится 15 измерений. Сигналы, наводимые ультразвуковой магнитоотрицательной волной в измерительной катушке, поступают на усилитель переменного тока, а затем на пороговый элемент. Если пороговый элемент находится в открытом состоянии, сформированный прямоугольный импульс подается на вход захвата контроллера.

Таймер микроконтроллера тактируется частотой 16 МГц.

Для повышения точности контроллером усредняются данные от 15 измерений.

В конце каждой серии измерений температура окружающей среды измеряется с помощью цифрового датчика DS18S20. Данные с датчика переписываются в управляющий контроллер. Эти данные используются для термокалибровки устройства.

Усредненные данные серии измерений и значение температуры окружающей среды по интерфейсу RS232 один раз в секунду посылаются в компьютер.

Данные передаются в символьном виде в следующем формате: пробел уровень в мм XXXX.X – X.X 3 пробела температура XX.X – X.X (или "минус" XX.X – X.X).

Схема захвата управляющего контроллера переписывает значение внутреннего 16-разрядного таймера в регистр захвата, и его значение запоминается программой. Следующее значение таймера запоминается по обратному фронту импульсного сигнала. Для получения точки отсчета управляющий контроллер вычисляет время прихода середины импульса.

Экспериментальные исследования показали, что отклонение цифрового кода от температуры имеет линейную зависимость (рис. 2).

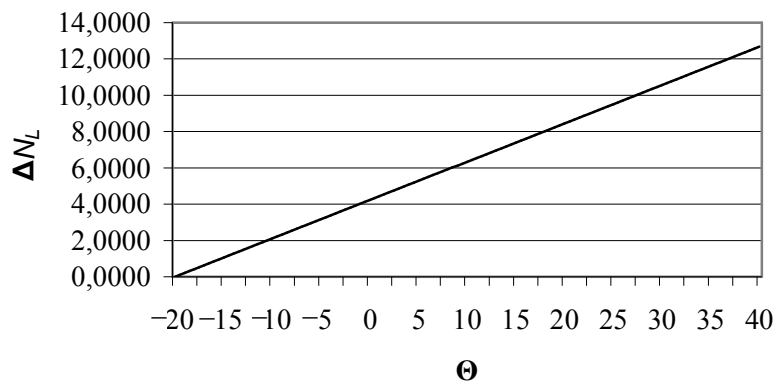


Рис. 2. Зависимость  $\Delta N_L$  от температуры

Это позволяет на базе логометрического МПП [4] реализовать дополнительный датчик температуры. Микроконтроллер выбирает код опорного интервала  $N_L$ , вычисляет отклонение кода  $\Delta N_L$ , обусловленное изменением температуры окружающей среды, отклонение температуры  $\Delta\Theta$  от нормальной  $\Theta_0$  и температуру  $\Theta$ :

$$\Delta\Theta = \frac{\Delta N_L}{\alpha_\Theta} = \frac{N_L - N_{L0}}{\alpha_\Theta}, \quad (1)$$

где  $N_{L0}$  – цифровой код опорного расстояния при нормальной температуре;

$$N_L = f_0 \cdot t_L = f_0 \frac{L}{v} (1 + \alpha_\Theta \cdot \Delta\Theta) \quad (2)$$

– код  $N_L$  опорного интервала  $t_L$  при прохождении импульса по волноводу;  $f_0$  – частота счетных импульсов;  $v$  – скорость ультразвука в волновод;  $\alpha_\Theta$  – температурный коэффициент задержки ультразвукового импульса в волновод.

Результатом преобразования перемещения в цифровой код является произведенное микроконтроллером логометрическое преобразование, свободное от температурной погрешности:

$$X = L \frac{N_x}{N_L}. \quad (3)$$

Созданный МИПП имеет следующие технические параметры:

**По перемещению**

Диапазон преобразования, мм.....	300–2 500
Дискретность измерений, мм.....	0,1
Погрешность нелинейности, мм.....	±0,4

**По температуре**

Диапазон преобразования, °С.....	–20...+ 40
Разрешающая способность, °С.....	10 <sup>-1</sup>
Погрешность нелинейности, °С.....	0,16

Технические характеристики разработанного МИПП соответствуют правилам Регистра судовых устройств.

Итак, интеллектуализация МПП, отвечающих судовым условиям эксплуатации, а также экспериментальные исследования и моделирование на ЭВМ дают возможность построить новый класс преобразователей – интеллектуальные преобразователи положения и температуры с возможностью выполнения следующих дополнительных функций: сохранение и обработка получаемых данных; повышение точности; реализация самопроверки, позволяющей учитывать старение волновода.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Надеев А. И.* Интеллектуальные уровнемеры: Справ. пособие. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 1997. – 64 с.
2. *Надеев А. И.* Интеллектуальные магнитострикционные преобразователи информации // Датчики и системы. – 2000. – № 5. – С. 16–20.
3. *Пат.* 2080559 РФ, МКИ G 01D5/12. Магнитострикционный преобразователь перемещений в код / Надеев А. И., Шумов О. И. (РФ). № 5055877/28; Опубл. 27.05.97.
4. *Пат.* на полезную модель № 68681. Многофункциональный магнитострикционный преобразователь / А. И. Надеев, М. А. Надеев. 25.12.06.

Статья поступила в редакцию 5.02.2008

#### THE MAGNETOSTRICTIVE LEVEL METER FOR SHIP CONTROL SYSTEMS

*M. A. Nadeev, M. V. Jarkov, A. V. Rogov, V. A. Popov, V. S. Korotin*

One of the determinatives of increase of innovative appeal of magnetostrictive devices of automatics is their intellectualization that allows not only to provide higher metrological and operational characteristics of magnetostrictors, but also to realize additional functionalities. The construction and the characteristics of magnetostrictive intellectual position sensor in ship control systems, engineered in Astrakhan State Technical University. The conclusions about expedient and innovation use of the multipurpose magnetostrictive intellectual position sensor in ship control systems are made.

**Key words:** magnetostrictive level meter, magnetostrictive sensor, intellectual sensor, multifunction sensor, law of distribution, microcontroller, waveguide, dispersion.