

БИНАРНЫЙ ОПТОМЕХАНИЧЕСКИЙ ДАТЧИК ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ТИПА ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ

© 2012 Д. В. Корбан

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва
(национальный исследовательский университет)

Рассмотрены особенности проектирования и применения бинарных оптомеханических датчиков дифференциального типа для автоматизированных систем управления и контроля. Проанализированы преимущества и недостатки данного решения, определены условия использования датчиков, выполнен расчет информационных возможностей системы. Показана инвариантность режимов работы датчика к воздействию ряда эксплуатационных факторов.

Бинарный оптомеханический датчик дифференциального типа, кодирующий элемент, матрица допустимых кодовых комбинаций

Многие современные автоматизированные системы управления и контроля характеризуются использованием волоконно-оптических датчиков в качестве первичных преобразователей информации и оптических волокон в качестве физической среды передачи сигналов [1, 2]. Надежность и помехоустойчивость таких систем обеспечивается концепцией их построения, согласно которой чувствительный к воздействию дестабилизирующих факторов блок электронной обработки выносится за пределы рабочей зоны. В то же время, сложные технические объекты требуют принятия дополнительных мер по обеспечению качества и надежности автоматизированных систем управления и контроля [3].

Одним из таких способов повышения надежности является получение, сопоставление и анализ данных, полученных от альтернативных источников [4]. Понятно, что данный подход требует большего числа не только источников информации – датчиков, но и соединительных линий между датчиками и блоком электронной обработки, что автоматически приводит к резкому удорожанию системы. В результате, высокая стоимость волоконно-оптических компонентов сводит на нет их несомненные технические

преимущества. Выходом из данной ситуации представляется организация множественного доступа датчиков к единому волоконно-оптическому каналу передачи данных. Организация такого множественного доступа в данной работе рассматривается для случая бинарных оптомеханических датчиков перемещений [5].

Бинарный оптомеханический датчик – аналог электронного компаратора, поскольку он предназначен для определения порогового значения физического параметра. Его также можно рассматривать, как измерительный аналого-цифровой преобразователь с вырожденной шкалой. Бинарные оптомеханические датчики перемещений бывают двух типов:

- потенциального (абсолютного) типа – значение кода может быть считано в любой момент времени;

- дифференциального типа – значение кода может быть считано только в момент изменения состояния датчика.

Использование датчиков дифференциального типа, несмотря на известные ограничения [6], открывает принципиально новые возможности организации множественного доступа к единому каналу передачи данных и является одним из способов решения актуальной задачи создания надежных и помехо-

устойчивых устройств систем управления и контроля.

Базовая конструкция бинарного оптомеханического датчика перемещений представлена на рис. 1.

В корпусе 1 датчика находится подвижный цилиндр 2 с внешней и внутрен-

ней резьбой. Внутренняя резьба предназначена для точной фиксации винта 3, головка которого играет роль чувствительного элемента и воспринимает осевые F_1 и/или поперечные F_2 перемещения объекта контроля. Гайка 4 накручивается на внешнюю резьбу цилиндра 2 и

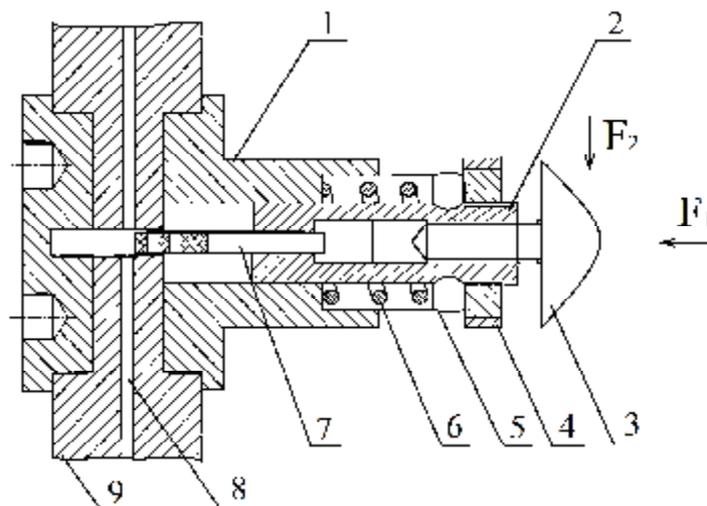


Рис. 1. Базовая конструкция бинарного оптомеханического датчика перемещений

удерживает кольцо 5, которое связано с пружиной 6. При этом один конец пружины упирается в кольцо, а другой – в корпус датчика. При нажатии через головку винта 3 на цилиндр 2 пружина сжимается. При этом закрепленный на противоположном конце цилиндра 2 кодирующий элемент 7 перемещается и попадает в зазор между отрезками оптических волокон 8. Волокна установлены на одной оптической оси в корпусе датчика с помощью юстированных втулок 9. Кодирующий элемент 7 представляет собой амплитудный растр с чередующимися прозрачными и непрозрачными участками. При его перемещении происходит модуляция потока оптического излучения по мощности. Методика выбора прозрачных и непрозрачных участков кодирующего элемента 7 изложена в [7].

Рассмотрим двухштриховой способ кодирования информации о порядковом номере датчика в системе и характере смены его логического состояния. Форма оптического сигнала на выходе датчика будет определяться структурой кодирую-

щего элемента 7. Один из вариантов набора кодирующих элементов изображен на рис. 2.

Кодовый рисунок состоит из прозрачных и непрозрачных элементов. Прозрачные элементы часто называют глазками (*eyehole*), а непрозрачные – штрихами (*stroke*). Заметим, что за пределами кодирующей шкалы l кодирующий элемент прозрачен и волоконно-оптический канал открыт для любого датчика системы. На прозрачный растр наносятся два штриха дискретной длины, расположенные в различных позициях в пределах линейной кодирующей шкалы. Длина кодирующей шкалы $l = 8s$, где s – длина дискретного шага штриха, причем $s = d$, где d – диаметр сердцевины оптического волокна (область считывания кода). Образующие штрихами кодовые комбинации уникальны для каждого датчика системы управления и контроля. Исключены симметричные (1, 1; 2, 2; 3, 3 и т.д.) кодовые комбинации, поскольку в противном случае невозможно определить направление движения кодирующего элемента, кото-

рое определяет характер смены логического состояния. Кроме того, кодовые комбинации прямого хода кодирующего элемента (вдоль оси L) одного датчика не должны повторять кодовые комбинации реверсивного хода другого датчика (1, 2 – 2, 1; 2, 3 – 3, 2 и т.д.). Между штрихами предусмотрен зазор величиной не менее s , необходимый для их идентификации.

Поиск допустимых кодовых комбинаций ($S_{1,i}; S_{2,j}$), где первый индекс – номер штриха, второй – его дискретная длина, удобно выполнять с помощью матри-

цы (табл. 1). Порядковые номера строк и столбцов в таблице равны дискретной длине соответствующих им штрихов. Значение элементов внутри таблицы означает допустимую (1) или запрещенную (0) кодовую комбинацию.

Запрещенными элементами матрицы будут элементы главной диагонали, половина элементов в позициях, симметричных относительно главной диагонали, а также элементы, сумма порядковых номеров строк и столбцов которых превышает значение $l - s = 7s$.

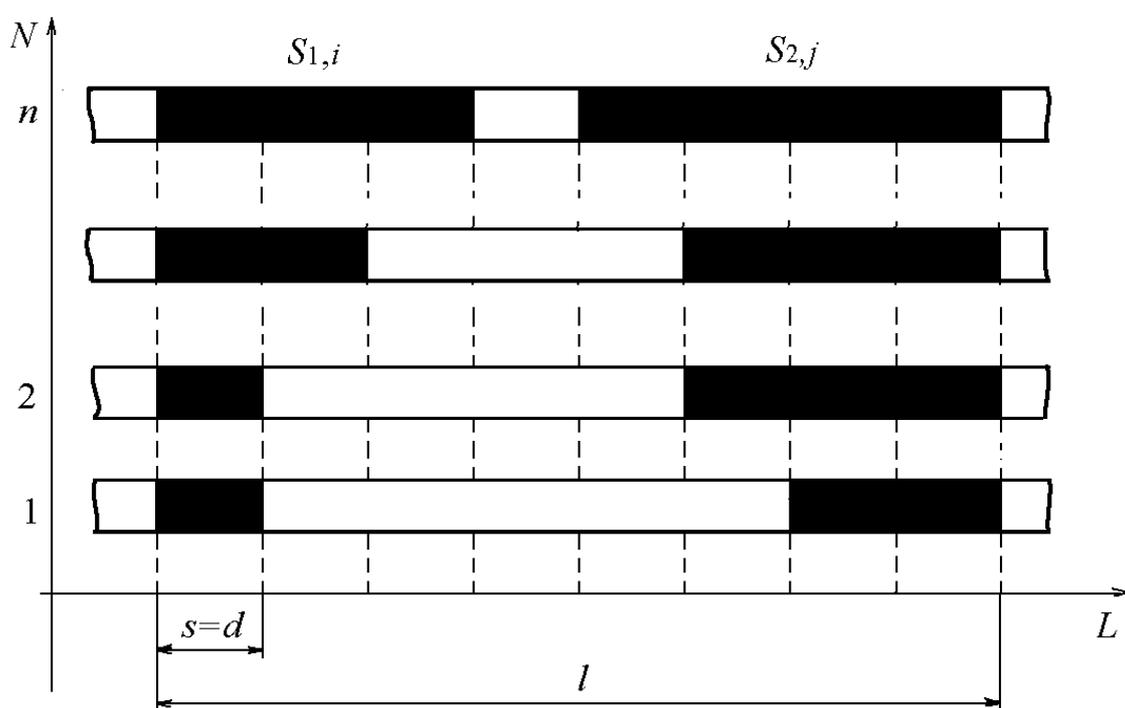


Рис. 2. Набор кодирующих элементов для бинарных оптомеханических датчиков перемещений

Таблица 1. Матрица допустимых кодовых комбинаций

	$S_{2,1}$	$S_{2,2}$	$S_{2,3}$	$S_{2,4}$	$S_{2,5}$	$S_{2,6}$	$S_{2,7}$
$S_{1,1}$	0	1	1	1	1	1	0
$S_{1,2}$	0	0	1	1	1	0	0
$S_{1,3}$	0	0	0	1	0	0	0
$S_{1,4}$	0	0	0	0	0	0	0
$S_{1,5}$	0	0	0	0	0	0	0
$S_{1,6}$	0	0	0	0	0	0	0
$S_{1,7}$	0	0	0	0	0	0	0

Из табл. 1 следует, что набор допустимых кодовых комбинаций для рассматриваемого случая будет следующим: $(S_{1,1}; S_{2,2})$, $(S_{1,1}; S_{2,3})$, $(S_{1,1}; S_{2,4})$, $(S_{1,1}; S_{2,5})$, $(S_{1,1}; S_{2,6})$, $(S_{1,2}; S_{2,3})$, $(S_{1,2}; S_{2,4})$, $(S_{1,2}; S_{2,5})$, $(S_{1,3}; S_{2,4})$. Таким образом, в систему управления и контроля в этом случае можно включить не более девяти датчиков.

Обобщим данный пример. Для последующих выкладок введём безразмерный параметр p , равный отношению длины кодирующей шкалы к длине дискретного шага штриха:

$$p = \frac{l}{l'} \quad (1)$$

Будем исходить из того, что p – целое число и $p \geq 4$.

В общем случае максимальное число датчиков системы определяется для четных p формуле:

$$N_{\text{ч}} = (p/2 - 1)^2 \quad (2)$$

Для нечетных значений p максимальное количество датчиков равно:

$$N_{\text{н}} = ((p-1)/2 - 1)^2 + (p-3)/2 \quad (3)$$

Формулы (1) – (3) являются основой расчёта информационных возможностей системы управления и контроля, выполненной на основе бинарных датчиков.

Двухштриховое кодирование позволяет снизить воздействия ряда эксплуатационных факторов, в частности, девиации скорости перемещений, методом относительных измерений. Скорость перемещения кодирующего элемента определяется конструктивными особенностями датчика (механические свойства пружины, эффекты трения) и поведением контролируемого объекта. Для каждого датчика системы скорость срабатывания может существенно отличаться. Варьирование скорости может происходить также при каждом срабатывании одного и того же датчика. Инвариантность к изменению скорости срабатывания достигается измерением разности длительностей временных интервалов, которые соответствуют позиционным перемещениям кодирующего элемента относительно области считывания.

Для кодовой комбинации $(S_{1,2}, S_{2,2})$ получаем позиционные и временные диаграммы, представленные на рис. 3.

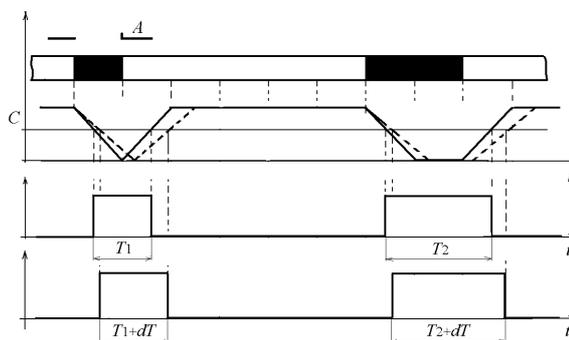


Рис. 3. Позиционные и временные диаграммы работы бинарного датчика

В первом случае при перемещении кодового элемента относительно области считывания (метка A) в моменты принятия решений C в электронном блоке формируется пара прямоугольных импульсов с длительностями T_1 и T_2 . В случае изменения скорости перемещения (пунктирная линия) длительности обоих импульсов меняются на величину dT . При любых изменениях выполняется равенство:

$$T_2 - T_1 = (T_2 + dT) - (T_1 + dT) \quad (4)$$

Из (4) следует, что при любом отклонении скорости переключения датчика величина dT остаётся постоянной. Следовательно, постоянной будет также разница в длительности импульсов, формируемых заданной кодовой комбинацией.

Главным недостатком датчиков дифференциального типа является возможность наложения сигналов, поступающих с разных устройств в асинхронном режиме. Для снижения вероятности потери данных используются приемы, рассмотренные в [8].

В то же время, динамический диапазон изменения оптических сигналов одинаков для всех датчиков и зависит только от потерь в линии связи. Организация множественно доступа к каналу передачи данных позволяет решить одну из серьезных проблем на пути широкого внедрения волоконно-оптических систем – снижение стоимости при сохранении надежности и функциональных возможностей системы.

Применение автоматизированных систем управления и контроля на основе бинарных оптомеханических датчиков позволяет достаточно просто масштабировать систему при необходимости добавления в нее новых устройств. Затраты при этом минимальны, поскольку использование дополнительных дорогостоящих волоконно-оптических компонентов не предусмотрено.

Библиографический список

1. Гармаш, В.Б. Возможности, задачи и перспективы волоконно-оптических измерительных систем в современном приборостроении [Текст] / В.Б. Гармаш, Ф.А. Егоров, Ф.А., Л.Н. Коломиец // Спецвыпуск «Фотон-Экспресс», 2005. - № 6. - с. 128 – 140.
2. Гиниятулин, Н.И. Волоконно-оптические преобразователи информации [Текст] / Н.И. Гиниятулин – М.: Машиностроение, 2004. – 328 с.
3. Голубятников, И.В. Системы мониторинга сложных объектов [Текст] / И.В. Голубятников, В.А. Зеленский, В.Е. Шатерников – М.: Машиностроение, 2009. – 172 с.
4. Макарова, И.М. Интеллектуальные системы автоматического управления

[Текст] / Под ред. И.М. Макарова, В.М. Лохина. – М.: Физматлит, 2001. – 576 с.

5. Зеленский, В.А. Волоконно-оптические информационно-измерительные системы с мультиплексированными каналами передачи бинарных сигналов [Текст] / В.А. Зеленский - Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2009.- 124 с.

6. Зеленский, В.А. Волоконно-оптическая информационно-измерительная система на основе бинарных оптомеханических датчиков дифференциального типа [Текст] / В.А. Зеленский // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». – Пенза. - 2009. - Т.1. - с. 35-37.

7. Зеленский, В.А. Система контроля состояния объекта на основе оптомеханических датчиков с растровым элементом [Текст] / В.А. Зеленский // Труды Пятой Международной научно-практической конференции «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности». -СПб. - 2008. Т. 12. – С.437-438.

8. Павлов, А.Н. Принятие решений в условиях нечеткой информации [Текст] / А.Н. Павлов, Б.В. Соколов. – М.:ГУАП, 2006. – 72 с.

DIFFERENTIAL BYNARY OPTICAL-MECHANICAL SENSORS FOR AUTOMATED MANAGEMENT AND CONTROL SYSTEMS

© 2012 D. V. Korban

Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov
(National Research University)

Considered are the peculiarities of their design and application binary optical-mechanical sensors differential type for the automated control systems and control. Analyses advantages and disadvantages of this decision, the conditions of use of sensors, made the calculation of the information capacity of the system. It is shown that the modes of operation of the sensor to the effect of a number of operational factors.

Binary optic-mechanical sensor differential type, coding unit, matrix of permissible code combinations.

Информация об авторе

Корбан Дмитрий Владимирович, аспирант кафедры электронных систем и устройств, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: gearbox@yandex.ru. Область научных интересов: элементы систем управления и контроля.

Korban Dmitriy Vladimirovich, post-graduate student of electronics system and devices department, Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov (National Research University). E-mail: gearbox@yandex.ru. Area of research: units of management and control systems.