

УДК 518.5(07)

С.М. Есаулов, О.Ф. Бабичева

*Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А.Н. Бекетова, Харьков***ДИСТАНЦИОННОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

Работа посвящена вопросу синтеза дистанционных приборов для диагностики неисправности оборудования транспортных средств. Обоснованы принципы подготовки и обработки информационных сообщений от типовых дискретных и аналоговых приемных элементов. Иллюстрируются программные решения для визуализации неисправностей оборудования, упрощающих идентификацию их при ежедневном техническом обслуживании транспорта.

Ключевые слова: транспорт, диагностика, моделирование, цифровые, аналоговые, идентификация.

Современные транспортные средства постоянно оснащаются новыми бортовыми устройствами для технической диагностики отдельных блоков, узлов и устройств. Оригинальное автономное оборудование способствует существенному сокращению продолжительности ежедневных технических осмотров (ЕТО), заставляя обслуживающий персонал сосредоточить основное внимание на компонентах, которые электронными диагностическими приборами признаются неисправными. Транспортные средства, имеющие диагностические разъемы, адаптированы для подключения к ним внешних тестеров, что при ЕТО требует определенных затрат времени на подготовку оборудования, его поверку и другие, предшествующие и завершающие непосредственно диагностические мероприятия. Очевидно, такое неудобство обусловило актуальность темы синтеза дистанционных устройств диагностики в бесконтактном варианте.

Целью данной работы является моделирование и реализация компонентов системы опроса приемных элементов установленных на транспортном средстве для дистанционного анализа исправности эксплуатируемого оборудования.

Поскольку дистанционный анализ информационных сообщений от приемных элементов должен выполняться в автоматическом режиме, очевидно, что наиболее эффективными способами решения таких задач являются системы программного или адаптивного контроля технологических величин.

В качестве объектов исследования рассматривались бортовые средства энергоснабжения, системы управления, электронные блоки, оборудование топливной системы, сигнализации и др. Учитывая

повторяемость конструкций базовых компонентов в транспортных средствах, в качестве выходных параметров были приняты величины, контролируемые при ЕТО, а входных – восемь переменных, измерение или задание которых возможно с требуемой точностью: напряжение бортовой сети; частота вращения вала двигателя; время открытия электромагнитных исполнительных устройств; температура охлаждающей жидкости во время прогрева двигателя; температура воздуха, топлива и др. Примерный перечень данных для проверки параметров представлен в табл. 1.

Все приемные элементы для контроля выбранных параметров были заимствованы из доступного ассортимента датчиков, применяемых на транспорте. Диагностический разъем синтезируемой дистанционной системы рассматривался, как источник нормированных уровней сигналов разнородных технологических величин. В этой связи информационные линии от датчиков бортового оборудования принято было оснастить индивидуальными нормализаторами аналоговых и дискретных электрических величин. Предлагаемая унификация параметров способствует формированию наборов локальных и взаимосвязанных статических параметров с уровнями сигналов одного масштаба, упрощающих анализ многомерной системы транспортного средства с помощью аппаратной части, функционирующей в асинхронном режиме.

Моделирование и исследование виртуальных моделей [1,2] компонентов системы опроса датчиков помогли предложить технические решения для формирования сигналов рассогласования. Эту особенность доработки информационной части блока параметрического контроля удобно применять для событийного моделирования при диагностике оборудования.

Таблица 1. Данные для проверки параметров транспортного средства

Наименование компонента	Условие проверки	Значение сигнала, В	Недопустимое значение сигнала, В
Главное реле питания	Зажигание включено	11,4 ... 13,8	<11,3
Датчик блока управления	Зажигание включено	0	>0,5
Датчик температуры системы охлаждения	Зажигание включено, температура 20 град.	3,3	>3,4
Датчик температуры топлива	Зажигание включено, температура 20 град.	4,9	>5,1
Датчик скорости	Зажигание включено, трансмиссия включена	Переключается от 0 до 11 ... 14	<10,8
Датчик положения вала	Двигатель работает	~1,7	~1,5
Питание диагностического разъема	Зажигание включено	10,5	<10,0
Регулятор подачи топлива	Зажигание включено	2,8	<2,5
Датчик впрыска топлива	Двигатель работает	4,8	<4,3
Датчик передней двери	Зажигание включено	11 ... 14	<10
Датчик задней двери	Зажигание включено	11 ... 14	<10

Алгоритм событийного моделирования предполагает обработку только тех сигналов, уровни которых вышли за пределы индивидуальных зон варьирования [3]. Схема алгоритма событийного интерпретативного моделирования [4] включает в себя сбор данных и выделение из их числа только тех, которые недопустимо изменили свои нормированные значения. Далее обнаруженное изменение сохраняется активным для анализа, а выборка производится из последующего набора.

Вместе с событийным моделированием было изучено параллельное моделирование [5], применимость которого тоже пригодно для нормализованных величин, получаемых с помощью синтезированных логических электронных устройств [6]. Параллельное моделирование обеспечивает обработку несколько входных наборов. При этом алгоритм параллельного моделирования незначительно отличается от алгоритмов одиночного моделирования входных наборов, но реализуется с высокой скоростью получения конечного результата.

Учитывая замечательное свойство параллельного моделирование, отличающегося быстродействием, оно было предложено для компьютерной диагностики неисправностей транспорта в качестве базового при технической реализации анализатора.

Поскольку бесконтактный опрос датчиков разъема диагностики рассматривался как наиболее предпочтительный для повышения оперативности в зоне ЕТО, всю информацию с разъема в радиоканал принято было транслировать в виде линейного блочного двоичного кода [7].

Пример соответствия кодовых слов и сообщений может иметь следующий вид (табл.2):

Таблица 2 – Соответствие бинарных слов и сообщений о неисправностях оборудования

Вектор сообщения	Бинарное кодовое слово
000	000000
100	110100
010	011010
110	101110
001	101001
101	011101
011	110011
111	000111

Сообщения восьми информационных кодовых слов формировались блоком комплексной диагностики (БКД). В БКД k -битовое сообщение (последовательности k цифр) в n -битовых блоках представляют 2^n последовательности k кортежей сообщений. Множество всех двоичных кортежей всегда будут представлять V_n векторное пространство на двоичном поле только бинарными элементами (0 и 1). Для определения технического состояния оборудования наибольшее предпочтение принадлежит линейному блочному коду, в котором вектор, не принадлежащий заданному подпространству, нельзя получить путем сложения любых кодовых слов, принадлежащих этому подпространству [7]. При большом числе кодовых слов таблица соответствия может оказаться очень громоздкой, требующая огромного числа кодовых слов в памяти технического средства. Поэтому для технического решения диагностических задач реализацию устройства можно значительно упростить, если преднамеренно генерировать ожидаемые возможные векторы, рассматривая векторное пространство V_n составленное из 2^n n – кортежей с многочисленными допустимыми 2^k

состояниями (исправно/неисправно). В результате все сообщения можно кодировать одним из 2^k возможных векторов кода и затем передавать в информационный канал.

Из опыта применения кодовых слов известно [7], что любые изменения вектора, если они находятся на небольшом расстоянии от действительного кодового слова, при декодировании будут соответствовать реальному состоянию объекта.

Иными словами, каждое из множества 2^k кодовых слов (U) можно представить в виде:

$$U = m_1V_1 + m_2V_2 + \dots + m_kV_k, \quad (1)$$

где m_i (0 или 1) – цифры сообщения, $i=1,2,\dots,k$.

Матрица генератора с размерностью $k*n$ будет иметь вид массива

$$D = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \dots \\ V_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{11} & V_{12} & \dots & V_{1m} \\ V_{21} & V_{22} & \dots & V_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ V_{k1} & V_{k2} & \dots & V_{km} \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Поэтому кодовые векторы будут представляться векторами-строками. В результате сообщение m из последовательности k бит будет иметь вид вектора-строки $i*k$ из l строк и k столбцов:

$$M = m_1, m_2, \dots, m_k. \quad (3)$$

В матричной записи генерация кодового слова U запишется произведением m и D

$$U = mD, \quad (4)$$

где результирующую матрицу $C=AB$ можно получить умножением исходных матриц по следующему правилу:

$$C_{ij} = \sum_{k=1}^n a_{ik}b_{kj} \quad i=1..l; j=1..m \quad (5)$$

A – матрица размером $l*n$; B – матрица размером $n*m$; C – матрица с размером $l*m$.

В результате матрицу генератора, можно представить в следующем виде:

$$D = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 110100 \\ 011010 \\ 101001 \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Здесь V_1, V_2, V_3 – три линейно независимых вектора (из восьми кодовых векторов), которые могут сгенерировать все заданные кодовые векторы. С использованием матрицы генератора (6),

генерируемое кодовое слово, например, для вектора $U_x=101$ определится в виде:

$$U_x = [101] \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix} = 1 \cdot V_1 + 0 \cdot V_2 + 1 \cdot V_3 = \quad (7)$$

$$110100 + 000000 + 101001 = 011101.$$

Таким образом, полученное кодовое слово U_x для вектора сообщения 101 (табл.2) генерирует кодовое сообщение 011101, которое является комбинацией строк матрицы (6). Сравнивая полученный результат с таблицей бинарных сообщений, очевидно, что он полностью совпадает с принятым анализом неисправности, причем сумма любых других двух векторов в результате не дает ни одного генерирующего вектора. При технической реализации кодеру нужно поменять лишь k строк матрицы, а не все 2^k кодовых вектора.

Таким способом цифровая реализация матрицы генератора размерностью $3*6$ (6) полностью заменяет исходный массив слов размерностью $8*6$, что значительно упрощает задачу реализации диагностического прибора [8 – 10].

Для рассмотренного принципа диагностики все сигналы с приемных элементов после нормализации подавались на индивидуальные логические преобразователи выполненные с помощью оптических пар. Применение в схеме (рис.1) опорного напряжения, формируемого стабилизатором только при его пробое, позволяет с высокой точностью отслеживать критические значения любых параметров с передачей высокого уровня «1» выходного сигнала на соответствующую клемму диагностического разъема XS1. Во всех иных случаях выходной сигнал на конкретной клемме будет соответствует низкому уровню - «0».

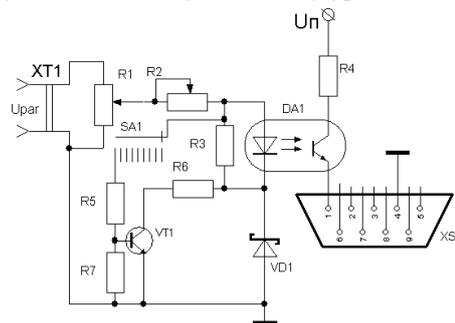


Рис.1. Логический преобразователь контролируемой величины:

U_{inf} – информационный сигнал; DA1 – оптопара; VT1 – транзистор; VD1 – стабилитрон; R1-R7 – резисторы; U_p – напряжение питания схемы; SA1 – переключатель; XT1, XT2 – разъемы.

Предусмотренный в схеме переключатель SA1 позволяет выполнить селективное измерение выходной аналоговой величины от конкретного приемного элемента, которую можно наблюдать с помощью визуального анализатора, подключаемого к прежней клемме разъема XS1.

Моделирование информационных сообщений в условиях возможных помех (рис.2) и обработка их в приемнике (рис.3) позволило синтезировать компоненты диагностического устройства для реализации бесконтактного лабораторного анализатора.

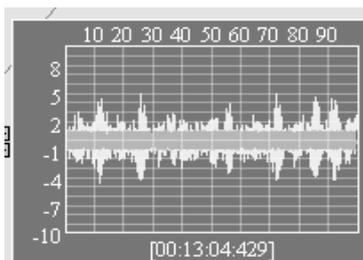


Рис.2. Моделирование применения низкочастотной модуляции для дистанционной передачи информационных сообщений

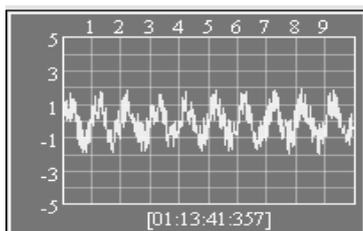


Рис.3. Моделирование низкочастотного режекторного фильтра в приемнике модулированных информационных сообщений

Применение передающего устройства с частотно-кодовой модуляцией всех сигналов от источников, подключенных к разъему XS1, освобождает пользователя от традиционной проводной системы передачи диагностических величин с разъема «Диагностика».

На рис.4 иллюстрируется экспериментальное приемное устройство для селективного считывания информации от восьми датчиков по выбранному радиоканалу.

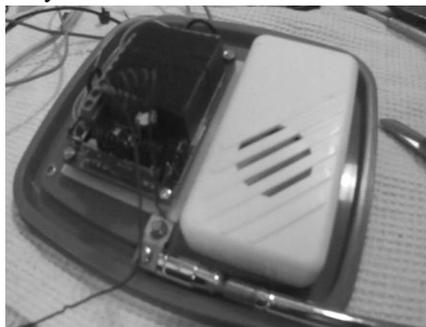


Рис.4. Селектор опроса приемных элементов.

На рис. 5, 6 представлены интерфейсы дистанционного анализатора [1] с наблюдаемыми аналоговым и дискретным сигналами ненормированных параметров.

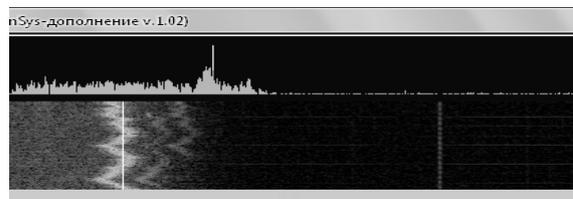


Рис.5. Интерфейс дистанционного анализатора контролируемого аналогового параметра

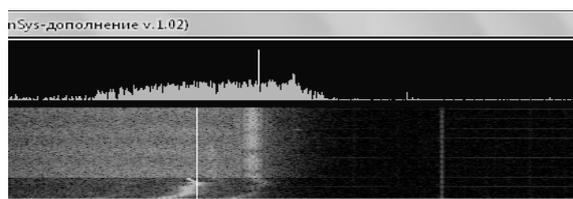


Рис.6. Интерфейс дистанционного анализатора контролируемого дискретного параметра

Учитывая дискретную форму представления диагностических параметров, очевидна возможность визуализации диагностического состояния технического средства 3D – геометрической фигурой с ограниченным числом контролируемых величин. Деформация геометрической фигуры позволяет пользователям, не имеющим достаточной квалификации, достаточно точно идентифицировать все возможные неисправности, т.к. они обязательно будут повторяться. На рис.7 – 10 иллюстрируются 3D-фигуры полученные с помощью безразмерных логических величин, контролируемых дискретными датчиками. Деформация фигуры при различном сочетании известных параметров пользователем диагностического устройства может восприниматься в качестве виртуального образа определенного технического состояния транспортного средства.

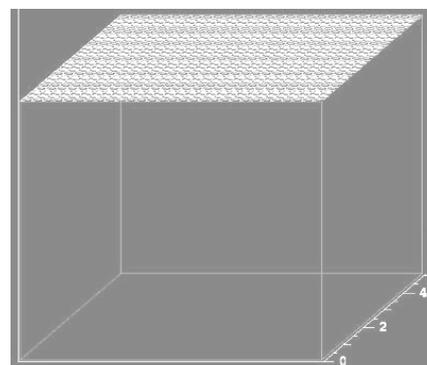


Рис.7. Диагностическая 3D-форма при нормированных величинах всех параметров

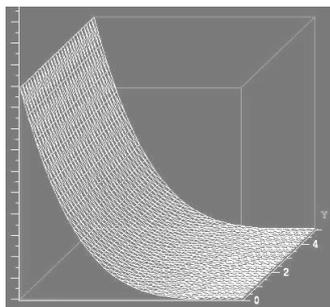


Рис.8. Диагностическая 3D-форма при одном ненормированном параметре

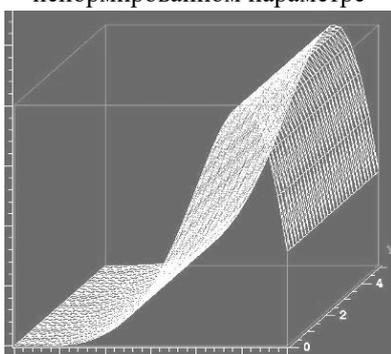


Рис.9. Диагностическая 3D-форма при двух ненормированных параметрах

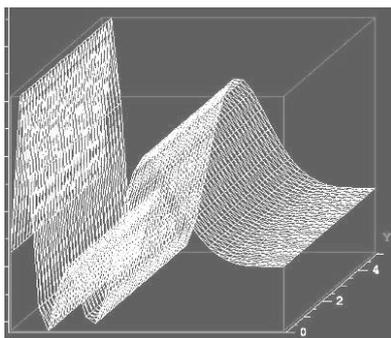


Рис.10. Диагностическая 3D-форма при N обнаруженных ненормированных параметрах.

Полученные результаты позволяют заключить, что существующие диагностические приборы могут быть реализованы в дистанционном варианте, обеспечив тем существенное сокращение затрат времени для выполнения обязательного регламента обслуживания любого транспортного средства, включая автомобили и электротранспорт в коммунальном хозяйстве. При этом, большую долю диагностических операций могут выполнять микропроцессорные средства с оригинальным программным обеспечением, облегчающим визуальными приемами идентифицировать все возможные неисправности.

Выводы

– Обоснованы принципы формирования и обработки информационных сообщений от типовых приемных элементов, применяемых на транспортных средствах.

– Предложены варианты компонентов дистанционного диагностического прибора.

– Иллюстрируются программные средства для визуализации дискретных и аналоговых величин, упрощающих идентификацию возможных неисправностей оборудования любых транспортных средств.

Література

1. Есаулов С.М. Проектирование эталонной модели для системы диагностирования оборудования на транспорте. / С.М. Есаулов, О.Ф. Бабичева, В.М. Шавкун // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Вып.5/3(41). – 2009. – С.28–32.
2. Есаулов С.М. Проектирование компонентов для систем автоматического диагностирования транспорта. / С.М. Есаулов, О.Ф. Бабичева, Н.П. Лукашова // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Вып.5/3(41). – 2009. – С.28–32.
3. Есаулов С.М. Автоматизация контроля исправности оборудования на объектах электротранспорта / С.М. Есаулов, О.Ф. Бабичева // Коммунальное хозяйство городов. – Вып.76. – 2007. – С.359-363.
4. Kondoz A.M. Digital Speech. Chichester. England: John Wiley & Sons, 1994.
5. Ashok Ambardar. Analog and Digital Signal Processing. 2e. Brooks/Code Publishing Company, 1999.
6. Есаулов С.М. Применение эталонной модели для автоматической системы диагностирования оборудования на транспорте. / С.М. Есаулов, О.Ф. Бабичева, А.В. Будченко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Вып.4/7(40). – 2009. – С.19–22
7. Bernard Sklar. Digital Communications. Fundamentals and Applications. Second Edition. University of California, Los Angeles. Prentice Hall, Inc., Upper Saddle River, N.J.,2001.
8. Lindsey W.C. and Simon M.K. Telecommunication Systems Engineering. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.,1973.
9. Proakis J.G. Digital Communications. McGraw-Hill Book Company, New York, 1983.
10. Sanjit K. Mitra. Digital Signal Processing A Computer-Based Approach, 2e. McGraw-Hill, 2001.

References

1. Esaulov S.M., Babicheva O.F., Shavkun V. M. (2008). Planning of standard model for the system of diagnosing of equipment on a transport. East is the European magazine of front-rank technologies, 6/2(36), 39 – 42.
2. Esaulov S.M., Babicheva O.F., Lukashova N.P. (2009). Planning of components for the systems of the automatic diagnosing of transport. East is the European magazine of front-rank technologies, 5/3(41), 28 – 32.
3. Esaulov S.M., Babicheva O.F. (2007) Automation of control of good condition of equipment on the objects of electrottransport is the. Communal economy of cities, 76, 359–363.
4. Kondoz A.M. (1994) Digital Speech. Chichester. England: John Wiley & Sons
5. Ashok Ambardar. (1999) Analog and Digital Signal Processing. 2e. Brooks/Code Publishing Company.
6. Esaulov S.M., Babicheva O.F., Budchenko A.V. (2009). Application of standard model for the automatic system of diagnosing of equipment on a transport. East is the

- European magazine of front-rank technologies*, 4/7(40), 19 – 22
7. Bernard Sklar. (2001). *Digital Communications. Fundamentals and Applications. Second Edition. University of California, Los Angeles. Prentice Hall, Inc., Upper Saddle River, N.J.*
8. Lindsey W.C., Simon M.K. (1973). *Telecommunication Systems Engineering. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.*
9. Proakis J.G. (1983). *Digital Communications. McGraw-Hill Book Company, New York.*
10. Sanjit K. Mitra. (2001). *Digital Signal Processing A Computer-Based Approach, 2e. McGraw-Hill.*

Рецензент: д-р техн. наук проф. В.Г. Ягуп, Харьковський національний університет городского хозяйства им. А.Н. Бекетова, Харьков

Автор: Єсаулов Сергій Михайлович
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри
Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А.Н. Бекетова, Харьков
E-mail – ut9li@mail.ru

Автор: Бабичева Ольга Федоровна
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри
Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А.Н. Бекетова, Харьков
E-mail – babolia@mail.ru

ДИСТАНЦІЙНЕ ДІАГНОСТУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

С.М. Єсаулов, О.Ф. Бабичева

Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, м. Харків

Робота присвячена питанням синтезу дистанційних пристроїв для діагностики несправності устаткування транспортних засобів. Обґрунтовані принципи підготовки і обробки інформаційних повідомлень від типових дискретних і аналогових приймальних елементів. Ілюструються програмні рішення для візуалізації несправностей устаткування, що спрощують ідентифікацію їх при щоденному технічному обслуговуванні транспорту.

Ключові слова: транспорт, діагностика, моделювання,, цифрові, аналогові, ідентифікація.

CONTROLLED FROM DISTANCE DIAGNOSTICATING OF TRANSPORT VEHICLES

S.M. Esaulov, O.F. Babichev

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkov

The work is devoted to the synthesis of devices for remote fault diagnosis equipment vehicles. The well-known process values, control of which is provided in the performance of daily inspection vehicle. The principles of the preparation and processing of messages from standard digital and analog receiver elements. It illustrates an embodiment of the electronic switch to lock "NOT Norm" parameters of all sensors with "Ring" or random surveys them. An example of the "Selective choice" of any sensor for an approximate measurement of irregular parameter in real time. Qualitative assessment of information messages is performed using a software analyzer equipped with a diagnostic imaging agent information received "Diagnos-Info" by radio. Illustrates an interface with the results of the visual control of analog and discrete values generated only when specific hardware faults. Implementation of mathematical descriptions provided for troubleshooting to their 3D-interpretations accurately identifies the problem of equipment maintenance personnel who has no qualifications. The proposed solution simplifies remote diagnostics instrument transport maintenance procedures and reduces the time required to perform them. The device can be used for remote diagnostics of electrical equipment on urban sites, in industry and in the depot electric transport.

Keywords: transport, diagnostics, design,, digital, is an analog, authentication.