

УДК 518.5(07)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТА

На прикладі реального електронного пристрою ілюструється формування модульованого інформаційного сигналу і прийоми його подальшого використання в цифрових аналізаторах діагностування технічних засобів. На основі оригінального програмного продукту SinSys демонструється підхід віртуального дослідження динамічних властивостей окремих компонентів і вибір їх настроювальних параметрів, що спрощує обґрунтування структурної схеми, синтез і реалізацію систем автоматичного діагностування транспорту

Ключові слова: транспорт, діагностування, автоматика, моделювання, програмування

На примере реального электронного устройства иллюстрируется формирование модулированного информационного сигнала и приемы его дальнейшего использования в цифровых анализаторах диагностирования технических средств. На основе оригинального программного продукта SinSys демонстрируется подход виртуального исследования динамических свойств отдельных компонентов и выбор их настроечных параметров, упрощающий обоснование структурной схемы, синтез и реализацию систем автоматического диагностирования транспорта

Ключевые слова: транспорт, диагностирование, автоматика, моделирование, программирование

On the example of the real electronic device forming of the modulated informative signal and receptions of his further use is illustrated in the digital analyzers of diagnosing of hardwares. On the basis of the original software SinSys approach of virtual research of dynamic properties of separate components and choice of their settings, simplifying the ground of flow diagram, synthesis and realization of the systems of the automatic diagnosing of transport is demonstrated

Keywords: transport, diagnosing, automation, design, programming

С.М. Есаулов

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
доцент*

Контактный тел.: 707-31-14

E-mail: ut9li@kharkov.ua

О.Ф. Бабичева

Кандидат технических наук, доцент*

Контактный тел.: 8-098-42-540-24

E-mail: babolia@mail.ru

Н.П. Лукашова

Аспирант*

*Кафедра электротранспорта

Харьковская национальная академия городского
хозяйства

ул. Революции, 12, г. Харьков, Украина, 61002

Контактный тел.: 8 (057) 707-30-07

Транспортные предприятия, оказывающие незаменимые услуги населению по перевозке пассажиров и грузов, при выполнении ежедневного и других видов технического обслуживания подвижных единиц в большей степени заинтересованы в использовании автоматического оборудования [1], позволяющего в реальном времени контролировать исправность от-

дельных узлов, механизмов, блоков, электромеханических систем и др.

Учитывая многообразие и особенности подвижных единиц, очевидно, что создать универсальные приборы для автоматического диагностирования компонентов различной конструкции и исполнения не представляется возможным. В этой связи сложно

ожидать в ближайшее время выпуск серийных вариантов техники такого назначения. Однако решение существующих задач диагностирования транспорта можно выполнить силами специалистов региональных проектно-технологических организаций любых форм собственности.

Современные подходы синтеза систем автоматики диагностирования (САД) технологического оборудования и установок основаны на широком применении микропроцессорной техники [2]. Поскольку программируемые средства автоматики нуждаются в оригинальных программных продуктах, то, очевидно, что их разработка наиболее эффективна, когда имеются все компоненты схемы [3], а также адекватные математические описания контролируемого технологического объекта (ТО) и всех элементов конкретного технического решения [4,5].

К сожалению, при разработке автоматических средств диагностики сложно применить серийно выпускаемую элементную базу [6], чтобы воспользоваться известными классическими методами синтеза цифровых устройств. Связано это с необходимостью применения оригинальных, часто съемных, приемных элементов (ПЭ) для преобразования контролируемых физических величин в электрический сигнал, нестандартными приемами унификации информационных сигналов в условиях передачи данных по линиям связи при наличии локальных и внешних источников помех с переменными спектром частот и их уровнем, и пр. Кроме того, выбор самого устройства обработки информации также требует учета многих факторов, связанных с реализацией алгоритма анализа исходных данных, формированием выходных сигналов, местом монтажа и реализацией условий, когда диагностика на стендах должна выполняться при определенном режиме эксплуатации транспортного средства с применением дополнительных исполнительных элементов (ИЭ). При формировании управляющего сигнала может возникнуть необходимость в реализации определенного закона регулирования исполнительным устройством и другие задачи.

Очевидно, что все эти вопросы в конечном итоге могут существенно влиять на экономическую целесообразность проектирования и внедрения конкретного автоматического средства диагностирования оборудования на транспорте. Однако следует учитывать, что в большинстве случаев при диагностировании транспорта стоит задача объективной оценки технического состояния контролируемых блоков и узлов. При этом не требуется высокая точность результатов измерения, а достаточно определять отклонение их за пределы допустимых значений. На таких принципах построены многие популярные автомобильные тестеры, микроконтроллеры - сигнализаторы и другие устройства [1]. Учитывая частую потребность осуществления только качественной оценки состояния диагностируемого оборудования, синтез таких приспособлений целесообразно выполнять с применением наиболее простых структурных схем.

К одному из упрощенных путей синтеза САД ТО следует отнести комбинированный подход, когда анализатор реализуют на базе аналоговых и цифровых компонентов совместно с микропроцессорным устройством. Асинхронные блоки в таких схемах це-

лесообразно использовать в качестве периферийных автономных элементов для формирования информационных сигналов и преобразования выходных величин в сигналы управления, индикации и пр. При этом сокращается число линий связи с внешними компонентами схемы, весь алгоритм диагностирования оборудования реализуется в основном программными средствами [5] и достигается универсальность прибора за счет возможности его использования с различными датчиками и исполнительными элементами [3].

Для решения задачи защиты информационных данных в условиях помех, кроме учета шума в математической модели ПЭ [3], эффективно ведет себя преобразование «информационный сигнал (напряжение) – частота». На рис. 1 представлен вариант модулятора для аналогового сигнала $U_{вх}$ от датчика-преобразователя с уровнем напряжения $U_{вх} = 0,27...1,75$ В, при котором получаем соответствующий интервал значений частот F_i . Выбор данного интервала напряжения обусловлен линейностью участка «а-б» экспериментальной характеристики ПЭ с измерительной схемой

$$F = f(U_{вх}), \quad (1)$$

что важно учитывать, применяя такое устройство в любых средствах автоматики.

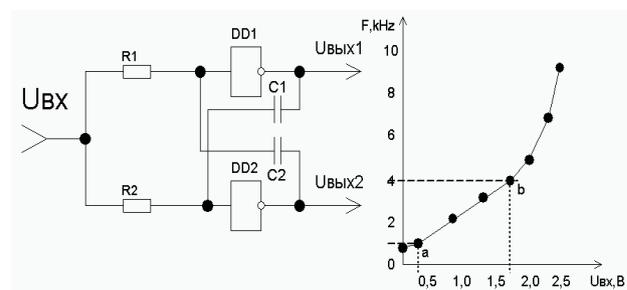


Рис. 1. Простейший преобразователь «напряжение – частота»: R1,R2 – резисторы, C1, C2 – конденсаторы; DD1, DD2 – логические элементы, F – частота; $U_{вх}$ – входная величина напряжения

Чтобы создать надежный канал передачи исходных данных от конкретного ПЭ его оснащают дополнительным стабильным опорным генератором низкой частоты. Применяя опорную частоту F_0 , информационный выходной сигнал в этом случае удобнее контролировать через параметр ΔF

$$\Delta F = F_i - F_0, \quad (2)$$

который и был принят при анализе состояния диагностируемого ТО.

Применяя двухтональную модуляцию при передаче текущей информации, целесообразно предусмотреть узкополосный фильтр нижних частот для более эффективной борьбы с возможными помехами.

Поскольку реальная схема датчика-преобразователя может существенно отличаться от схемы на рис. 1, следует учитывать, что рассмотренный выше этап преобразования исходных данных достаточно хорошо изучен и при необходимости может быть завершено созданием адекватной математической модели, пригодной для

электронного моделирования и программирования данного компонента САД.

Предлагаемое техническое решение с частотным компаратором можно положить в основу синтеза несложных дискретных индикаторов исправности диагностируемых ТО, удобных для применения особенно в мобильных вариантах.

В условиях проведения поточного контроля транспорта предпочтение следует отдать стационарному компьютерному варианту анализатора. Удобство применения персонального компьютера (ПК) для стационарных стендов обусловлено возможностью организации визуального наблюдения варьированного параметра в реальном времени, применения цифровой полосовой модуляции для дистанционного обмена данными, записи информации, создания удобных вариантов сигнализации и применения других удачных решений, внедрение которых не потребует существенного финансирования и существенных затрат времени для реализации их.

При программировании САД ТО рассматриваемой структуры используются алгоритмы анализа сигналов от звуковой карты ПК. При этом важно учитывать интервал частот линейно взаимосвязанный с контролируемым параметром ("a – b", рис. 1). В предлагаемом решении информационный сигнал на экране монитора представляется пользователю в виде монохромной линии, получаемой с помощью функции рисования *Spectrum*-окна [7]. Пример интерфейса такого прибора иллюстрирует рис. 2.

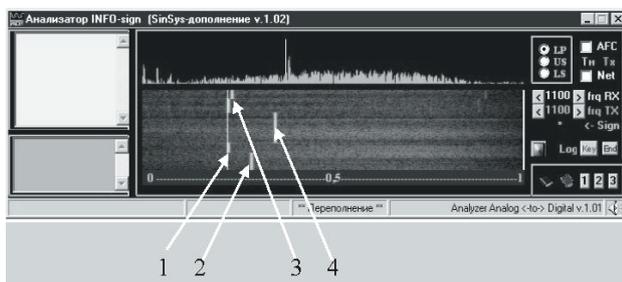


Рис. 2. Интерфейс анализатора с индикацией контролируемых величин: 1 – опорный сигнал; 2-4 – контролируемый сигнал при варьировании измеряемой величины

Построчковое рисование сигнала на рис. 2 иллюстрирует возможности рассматриваемого анализатора, который позволяет достаточно эффективно регистрировать изменение частоты контролируемой величины относительно опорной частоты (1), соответственно на 10 Гц (3), 100 Гц (2), 200 Гц (4) и т.п.

Принятые размеры *Spectrum*-окна позволяют заключить, что данный компьютерный вариант САД пригоден для контроля нескольких десятков технологических параметров одновременно. Однако в этом случае требуется применение средств идентификации контролируемых величин, что в простейшем случае можно выполнить с помощью локальных таймерных формирователей, предусмотренных в схемах самих датчиков-преобразователей, а также выбором различных уровней выходных сигналов от каждого ПЭ с помощью встроенных нормирующих усилителей.

Поскольку программная часть САД обеспечивает анализ низкочастотного информационного сигнала по величине $\Delta F = f(F - F_0)$, то предельно-допустимые значения ΔF можно применить для формирования необходимых сигналов тревоги, публикации лаконичных информационных сообщений в соответствующем окне интерфейса, дискретного управления ИЭ и др.

Если САД реализуется с локальной САР [8], то для программирования модели регулятора важно получить реакцию ПЭ на ступенчатое отклонение ИЭ. Алгоритм исследований таких ТО включает в себя анализ регулятора и других компонентов. Проведение подобных экспериментов на реальном ТО не всегда возможно, поэтому удобнее воспользоваться компьютерными моделями компонентов таких технических устройств при их изучении.

Если ТО является инерционным звеном первого порядка с передаточной функцией [3,4]:

$$W(p) = k \cdot (\exp(-p\tau) / T_p + 1), \tag{3}$$

где k – коэффициент передачи; T – постоянная времени; t – транспортное запаздывание ТО; то его кривая разгона запишется в виде

$$h_{(t)} = k [1 - \exp\{- (t - \tau) / T\}]. \tag{4}$$

Работу регулятора, реализующего, например, И-алгоритм регулирования с временем интегрирования ТИ, иллюстрирует переходная характеристика вида

$$h_{(t)} = (1/T) \cdot t. \tag{5}$$

Пользуясь выражениями (4), (5) можно определять реакцию регулируемой величины при ступенчатом возмущении аналитическим путем.

В оригинальном Widows-приложении *SinSys* разработан виртуальный электронный стенд, который на основе приближенных цифровых версий компонентов технологических схем помогает пользователю изучать их динамические свойства. В качестве ТО используются математические модели первого (3) и второго порядка вида

$$W(p) = k_1 k_2 \cdot \exp(-p\tau) / (T_1 p + 1)(T_2 p + 1), \tag{6}$$

где k_1, k_2 – коэффициенты передачи и T_1, T_2 – постоянные времени последовательно соединенных двух инерционных ТО; с переходной характеристикой

$$h_{(t)} = k_1 k_2 \left(1 - \left[(T_1 / T_1 - T_2) \cdot \exp\{(t - \tau) / T_1\} + (T_2 / T_1 - T_2) \cdot \exp\{(t - \tau) / T_2\} \right] \right), \tag{7}$$

Разработаны также модели виртуальных программных регуляторов, которые реализуют известные И-, П-, ПИ-, ПД- и ПИД – алгоритмы.

На рис. 3а иллюстрируется электронный стенд программы *SinSys* для проведения экспериментов с часто используемыми компонентами САР.

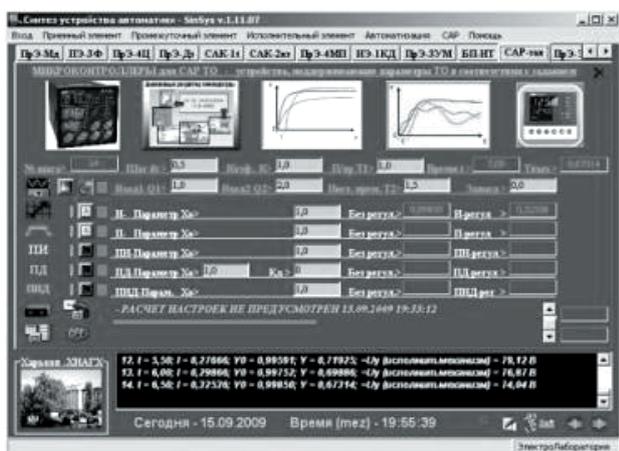
При опытах с программными компонентами компьютер выполняет регистрацию текущего времени

переходного процесса, всех параметров исследуемого ТО и выбранного регулятора.

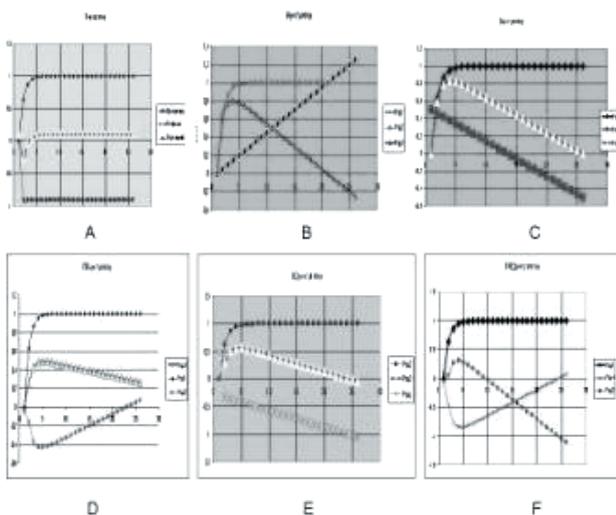
Автоматический анализ данных ведет «встроенный эксперт», который в исключительных случаях отмечает нежелательный ход процесса, указывая тем на целесообразность корректировки модели ТО с помощью доступных для этого параметров. Изменяя выходные характеристики, пользователь достаточно быстро может выбрать определенный закон регулирования или, воспользовавшись динамическими свойствами ТО, ограничиться в схеме позиционным управляющим устройством.

Чтобы воспользоваться данным стендом, достаточно иметь параметры динамических характеристик ТО, ПЭ, ИЭ и других периферийных компонентов, а выбор регулятора и его уставок программа поможет получить экспериментальным путем.

На рис. 3б представлены переходных характеристики, полученные при экспериментах с виртуальными системами автоматики.



а)



б)

Рис. 3. Интерфейс виртуального стенда (а) и графики переходных процессов компонентов САР (б):

А – П-регулятор; В – И-регулятор; С – Д-регулятор; D – ПИ-регулятор; Е – ПД-регулятор; F – ПИД-регулятор

Поскольку при синтезе САР расчетные настроечные величины применить в полной мере не представляется возможным, т.к. их необходимо оптимизировать в заданной конкретной ситуации, то рассмотренный путь изучения компонентов помогает обосновать структурную схему и определить базовые уставки, если их реализация в реальной САД возможна. Кроме того, достаточно просто получить таблицу соответствия параметров моделей конкретных САР с коэффициентом пропорциональности, временем интегрирования и временем дифференцирования регулятора разработанного или выбранного в реальной САД.

Учитывая особенности средств диагностики для транспорта, разработка которых ведется часто с большими затратами рабочего времени, очевидно, что предлагаемый путь синтеза САД при проектировании их оригинальных компонентов окажется полезным для более глубокого понимания их работы и может в значительной мере сократить затраты времени для их реализации в депо и станциях технического обслуживания.

Выводы

На основе анализа транспортных средств предложен путь использования приемных элементов различной конструкции с модуляторами для формирования информационных сигналов в системах автоматического диагностирования (САД) механизмов, блоков и узлов подвижного транспорта.

Рассмотрен вариант программного продукта для реализации САД транспорта, позволяющий с помощью бытового компьютера наблюдать в реальном времени изменения контролируемых параметров, принятых в качестве базовых при диагностировании электро-транспорта и автомобилей.

На основе известных математических описаний разработан оригинальный программный продукт SinSys, с помощью которого пользователь может изучать динамические свойства компонентов САД первого и второго порядка, и проводить виртуальные эксперименты с САР, включающих известные регуляторы.

Предложен подход выбора реальной структуры САД с базовыми настроечными параметрами регуляторов для оптимизации их в конкретных условиях эксплуатации.

Литература

1. Техническое руководство по диагностике систем управления двигателем. Сост. В.А.Дервянко; пер. с пол. В.Мицкевич. – М.: Петит, 2005. – 236 с.
2. Есаулов С.М., Бабичева О.Ф., Иванковой С.И. Автоматизация контроля исправности оборудования на объектах электротранспорта. - Коммунальное хозяйство городов. – К.: Техніка. - Вып.76. – 2007. с.359-363.
3. Есаулов С.М., Бабичева О.Ф., Шавкун В.М. Автоматизация установок диагностирования электромеханического оборудования // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб., вып. 86. – К.: Техніка, 2009. – С. 325 – 338.

4. Есаулов С.М., Бабичева О.Ф., Шавкун В.М. Проектирование эталонной модели для системы диагностирования оборудования на транспорте. // Восточно-европейский журнал, 2008. – Вып. 6/2 (36). – С. 39-42.
5. Есаулов С.М., Бабичева О.Ф., Будченко А.В. Применение эталонной модели для автоматической системы диагностирования оборудования на транспорте. // Восточно-европейский журнал, 2009. – Вып. 4/7 (40). – С. 19-22.
6. Промышленные контроллеры и устройства удаленного и распределенного ввода/вывода. –К.: А-ТЕКС, 2007.- 90 с.
7. Архангельский А.Я. Программирование в С++Builder 5.- М.: Бином, 2000.- 587 с.
8. Патент Україна №41820 U G05B13/02 Система керування технологічним об'єктом. //Есаулов С.М., Бабічева О.Ф., Шавкун В.М., Бабаков С.В., Севастьянов О.С. – 10.06.2009. Бюл.№11.

Розглядається кореляційний радіодальномір на основі J-кореляційного методу обробки. Отримані співвідношення, що визначають потенційну точність вимірювання часової затримки та роздільну здатність

Ключові слова: виявлення, пеленгація, кореляційна функція, спектр, відношення сигнал/шум, дисперсія, коефіцієнт кореляції, лінія затримки, режекція, згортка спектрів, крутість характеристики, потенційна точність, роздільна здатність

Рассматривается корреляционный радиодальномер на основе J-корреляционного метода обработки. Получены соотношения, определяющие потенциальную точность измерения временной задержки, разрешающую способность

Ключевые слова: обнаружение, пеленгация, корреляционная функция, спектр, отношение сигнал/шум, дисперсия, коэффициент корреляции, линия задержки, режекция, свертка спектров, крутизна характеристики, потенциальная точность, разрешающая способность

Correlated radio-range station based on J-correlation processing technique is considered. Correlations for determining potential accuracy of time delay measurement and resolvability are obtained

Key words: a detection, a direction finding, a correlation function, a spectrum, a signal-to-noise ratio, a variance, a correlation coefficient, a delay line, rejection, a spectra convolution, a slope of curve, a potential exactitude, a resolving power

УДК 621.396.712.3

ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ТОЧНОСТЬ И РАЗРЕШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ РАДИОДАЛЬНОМЕРА НА ОСНОВЕ J-КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ

А.Г. Сорочан

Кандидат технических наук, доцент
Донецкий национальный технический университет
ул. Артема, 58, г. Донецк, Украина, 83001
Контактный тел.: 8-066-250-07-60

Корреляционный метод обработки сигналов имеет широкое применение в различных радиотехнических устройствах, однако в радиолокационных станциях

применение этого метода ограничено. Прежде всего, это связано с неблагоприятным влиянием доплеровского сдвига частоты на корреляционную функцию,