

определяющие выход и качество изомеризата. Наличие ММ позволяет также решать задачу оптимизации процесса изомеризации, но в данной статье она не рассматривается.

Предлагаемая структура АСУ процессом изомеризации на основе ММ позволяет более экономно использовать энергоресурсы за счет выбора режимов работы и их коррекции в процессе функционирования установки.

Расчет выходных параметров каждого реактора осуществляется по выше приведенным уравнениям, но при различных входных данных [4]. В таблице приведены результаты моделирования и оценки качества функционирования процесса изомеризации.

Как следует из анализа таблицы погрешность расчетов по ММ не превышает 3 %, что дает основание считать ее адекватной управляемому объекту и приемлемой для использования в структуре системы управления процессом изомеризации.

Выводы

В статье представлена динамическая ММ процесса изомеризации, позволяющая осуществлять расчет

концентрации основных компонентов сырья при его движении по реакторам, техническая возможность измерения которых в настоящее время отсутствует. Эта возможность, реализуемая при использовании ММ в структуре системы управления позволяет повысить качественные характеристики процесса изомеризации (ОЧ) за счет использования дополнительной информации с объекта управления.

Предлагаемая система управления позволяет в процессе изомеризации (а не периодически, один раз в смену) при нарушении процентного содержания углеводородов в реакторах изменять режим работы установки, приближая его к регламентному, что способствует повышению заданного значения октанового числа.

Список литературы

1. Жоров Ю.М. Моделирование физико-химических процессов нефтепереработки и нефтехимии. М.: Химия, 1978.
2. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. 4-е изд., перераб., доп. М.: Химия, 1985, (учебн. для вузов).
3. Бурсиан Н.Р. и др. Изомеризация парафиновых углеводородов. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1979.
4. Дельмон Б. Кинетика гетерогенных реакций. М., 1972.

Микушева Александра Викторовна – инженер,

Сотников Владимир Васильевич – д-р техн. наук, проф. кафедры САПРиУ, Сибаров Дмитрий Андреевич – канд. хим. наук, доцент кафедры химической технологии нефтехимических и углехимических производств,

Лисицын Николай Васильевич – д-р техн. наук, проф. кафедры ресурсосберегающих технологий Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета).

Контактные телефоны (812)348-43-85, 774-37-24.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЯ В ТЕЧЕНИЕ РЕЙСА

А.В. Герасимов, Л.Г. Дмитренко (ИПУ им. В.А. Трапезникова)

Сформулирована и обоснована задача создания бортовой автоматизированной системы оперативного прогнозирования состояния автомобиля во время совершения рейса. Показана программно-аппаратная структура такой системы.

Введение

Современный автомобиль является высоконадежным транспортным средством. Однако особенности применения автомобиля в различных природных условиях и выбор водителем иногда недопустимого режима эксплуатации приводят к "неплановым" нарушениям функционирования и отказам узлов и оборудования, происходящим "непредсказуемо" при выполнении рейса. Общее исследование причин аварийного прекращения рейсов показало, что, как правило, отказ автомобиля происходит из-за отсутствия у водителя информации о состоянии узлов и систем автомобиля в текущей дорожной ситуации. Таким образом, предоставление водителю оперативной детализированной информации о состоянии автомобиля позволяет выбрать оптимальный режим эксплуатации автомобиля и снижает риск аварии во время рейса.

В настоящее время применяются автоматизированные системы диагностики неисправностей автомобиля

на стенде в условиях ремонтной зоны автопарка или автосервиса [1], причем для проведения диагностических мероприятий часто достаточно субъективного мнения водителя о наличии неполадки. В стационарных условиях диагностика проводится совместно с техническим обслуживанием автомобиля и по критерию выполненного пробега. При динамических испытаниях автомобиля на специализированной трассе с применением мобильного оборудования диагностика проводится относительно редко и преимущественно для новых моделей автомобилей или их отдельных экземпляров (например, при подготовке к ралли) [2].

Известные современные микропроцессорные диагностические системы, ориентированы на применение специалистами-ремонтниками автосервисов, но не водителем во время выполнения рейса, так как предоставляют исчерпывающую информацию о состоянии узлов автомобиля в специально выполняемом диагностическом процессе. Результаты диагностики ав-

томобиля получаются в результате статистической обработки информации о состоянии его узлов, которая собирается в период испытания [3]. Это практически исключает возможность выработки прогноза поведения автомобиля в процессе его эксплуатации.

Анализ назначения электронных АСУ автомобилем (бортовая система управления режимом работы двигателя, бортовая навигационная система, бортовая система безопасности, бортовая система пожаротушения и др.) [4, 5] показывает, что бортовая система автоматизированного прогнозирования состояния автомобиля не является дублирующей функцией остальных систем и может быть включена в состав системы автоматизации эксплуатации автомобиля наравне с остальными.

На этом основании целью настоящей работы является рассмотрение идеологии построения бортовой системы автоматизации оперативной идентификации и динамического прогнозирования состояния автомобиля во время выполнения рейса, которая позволит выработать рекомендации водителю для принятия оперативных решений. Отметим, что подобные системы, ориентированные на широкое применение в процессе эксплуатации автомобиля, до настоящего времени предложены не были.

Постановка задачи

Проблема прогнозирования технического состояния автомобиля может рассматриваться как задача его гарантированного перемещения от исходной точки в пункт назначения. Кроме того, "гарантию" перемещения можно дополнить критерием качества перемещения.

Таким образом, *требуется оптимизировать режим функционирования неидеального (реального) технического транспортного средства от начального до конечного пункта, заданного на некоторой коммуникационной сети маршрута, остальные параметры которого неизвестны.*

Из данной формулировки видно, что решение предлагаемой задачи может быть получено, например, построением динамического прогноза и оптимизацией состояния автомобиля во время его перемещения от исходного пункта до конечного. Модель автомобиля должна быть представлена функционалом, о виде которого могут быть сделаны только самые общие предположения, причем на всем интервале его существования функционал не должен исчезать. Последнее требование означает, что функционал — "автомобиль в течение рейса", не обращается в тождественный ноль — состояние автомобиля между рейсами, и область определения данного функционала непрерывна.

Синтез общей структуры системы автоматизации

Как известно, выработка прогноза есть результат применения экстраполяции некоторой функции или функционала, выбранного в качестве модели прогнозируемого процесса. В случае достаточно сложных технических систем эта модель может быть задана аналитически в виде системы дифференциальных уравнений. Такие системы (часто нелинейные) обыч-

но решаются численно, и результат экстраполяции оказывается достаточно близким к измерениям реально идущего процесса. Но в случае сложных систем такая модель оказывается неэффективной (по числу уравнений или переменных, по порядку уравнений и т.д.), и для выработки прогноза применяется приближение результатов измерений некоторых величин (трендов), полагаемых значимыми для данного процесса, функцией, выбираемой (весьма произвольно) перед прогностическими вычислениями.

Данная методология прогнозирования подходит, например, для монотонных процессов и не дает приемлемого результата, если изучаемый процесс подвержен стохастическим возмущениям и может быть наблюдаем в виде ангармонических колебаний (техническая невозможность измерения, наблюдения и соответствующей обработки каких-либо значимых параметров изучаемого процесса или некорректность соответствующей модели имеет следствием выработку прогноза, далекого от приближения к реальности). Именно таким сейчас представляется функционирование автомобиля в целом и отдельных его подсистем (включая водителя — человеческий фактор) во время рейса в дорожной динамике при нестационарных погодных и климатических условиях.

Так как управление автомобилем осуществляется водителем, то система оптимизации режима эксплуатации автомобиля должна быть выполнена в виде аппаратно-программного комплекса прогноза состояния автомобиля и совета водителю. В состав аппаратной компоненты входят датчики, отражающие состояние узлов автомобиля (датчики температуры, механических напряжений, звукового фона, электротокков, в том числе высоковольтных и высокочастотных) и контроллер системы с техническими элементами управления режимом мониторинга и дисплея. В качестве контроллера системы удобно выбрать карманный ПК (Pocket-PC) или его аналог, обладающий достаточно высоким быстродействием (тактовая частота 300...600 МГц), с монитором хорошего качества и возможностью подключения дополнительной flash-памяти (объемом до 4 Гбайт). Контроллер системы данного типа может совместно применяться спутниковой навигационной системой (GPS) и другими системами автоматизации автомобиля.

В основе проблемно-ориентированной программной компоненты системы положен алгоритм взвешивающей идентификации с учетом ограниченной по времени предыстории текущего состояния автомобиля. "Взвешивающей" здесь названа идентификация, методом которой учитывается не только "абсолютное" состояние каждого узла или устройства, но и значимость этого состояния в целом для автомобиля. Так, например, отказ одной свечи зажигания есть "абсолютный выход из строя" данного узла, однако функциональные характеристики автомобиля только несколько снижаются, что не является основанием для прекращения рейса.

Алгоритм строится, исходя из предположения об автомобиле, как о системе, отдельные компоненты которой хорошо согласованы между собой по использованию внутренних ресурсов, включая рассеяние энергии в разных узлах автомобиля. Рассмотрим некоторые примеры.

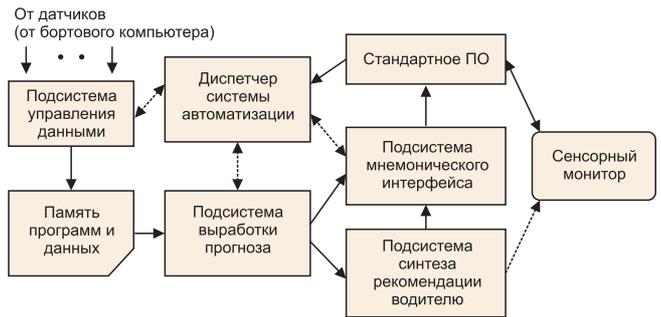
При данной частоте вспышек топливозвоздушной смеси в цилиндрах коленчатый вал должен совершать известное число оборотов, понижаемое текущей передачей (коробки передач) в известное число раз. Результирующая частота вращения через устройство сцепления полностью передается на ведущие колеса автомобиля, причем, так как диаметр колеса известен, то при идеальном сцеплении покрышки колеса с поверхностью дороги скорость автомобиля на ровной горизонтальной дороге также известна. Любое нарушение согласованности – равновесия в рассмотренной логической цепи привода обнаруживается, на основании чего возможен синтез заключения о нарушении функционирования соответствующего узла или об особом состоянии системы "дорога – автомобиль": дорога негоризонтальна, поверхность дороги неидеальна и т.д.

Рассмотрение электрооборудования автомобиля позволяет выделить каждого "элементарного" потребителя электротока, источник которого – аккумулятор или генератор известен в каждый момент времени. Потребители электротока включаются водителем индивидуально, при этом включение любого потребителя вызывает падение напряжения на зажимах источника. Так как величины тока для каждого потребителя известны, то любое значимое отклонение текущего напряжения бортового источника электротока от "штатной" величины может быть идентифицировано как выход прибора из строя или как возникновение короткого замыкания на борту.

Таким образом, синтез подсистемы сбора информации о состоянии разных узлов, устройств и систем автомобиля может быть осуществлен, даже если датчики некоторых параметров в составе автомобиля отсутствуют. При этом информационная картина текущего состояния автомобиля окажется достаточно полной.

Структура программной компоненты представлена на рисунке.

Подсистема управления данными организует получение данных от бортового компьютера или (в перспективе) непосредственно от датчиков, установленных на автомобиле, и запись их в память контроллера системы прогнозирования согласно их типам. При дискретности полученных данных каждого типа и числе типов данных до 40 ед. для размещения 1024 16-разрядных отсчетов этих данных (измерения за 17 мин времени рейса) требуется до 80 Кбайт памяти. Использование flash-памяти хранения данных даже объемом 128 Мбайт позволяет сохранить запись "протокола" поездки продолжительностью до 900 ч или более 30 сут., что полезно для стендовой диагностики автомобиля при проведении его регламентного обслуживания.



Структура программной компоненты бортовой системы диагностики. Стрелками показаны направления передачи информации в системе прогнозирования

Так как все измеренные значения контролируемых параметров поступают в систему прогнозирования от бортового компьютера автомобиля, то на данном этапе разработки настоящей системы исключается необходимость применения нестандартных датчиков и иных технических средств. Информация о техническом состоянии некоторого узла получается путем непосредственного измерения величин соответствующего параметра, либо, если непосредственное измерение невозможно, то прогноз рассчитывается по косвенным признакам. Например, оценка состояния газораспределительного механизма или состояния кривошипно-шатунного узла ведется по стукам и вибрациям, состояние тормозной системы – по динамике разогрева тормозных дисков (или колодок), состояние сопряжения кольцо-канавка поршня двигателя – по расходу масла на угар и т.д.

Множество значений каждого параметра, полученное в течение $T=1024$ с (~17 мин) и предназначенное для обработки в одном цикле, ежесекундно обновляется с "отбрасыванием" самого старого значения, так что число отсчетов, составляющих "рабочую" таблицу функции, остается постоянным, а экстраполяционный расчет ведется в скользящем временном окне T фиксированной длины. Данный алгоритмический шаг обеспечивает изменения экстраполируемой функции во времени и позволяет стандартизировать алгоритм расчетов прогноза с экономией ресурсов контроллера системы.

Подсистема выработки прогноза осуществляет вычисление прогностических трендов состояний отдельных узлов автомобиля и синтетического состояния автомобиля в целом с упреждением по времени на интервал, достаточный для восприятия водителем этой информации и, в случае необходимости, изменения режима эксплуатации автомобиля.

Характеристикой поведения (моделью) технической системы будем здесь называть функционал $W = W(u_1, u_2, \dots, u_n, t)$, дважды дифференцируемый по каждой независимой переменной $u_j(t)_{j=1,2,\dots,n}$ и не исчезающий на интервале исследования (этот интервал – не менее продолжительности рейса), описывающий некоторый сложный процесс, проявляющийся как результат одновременного протекания несколь-

ких, так или иначе взаимно зависимых относительно простых subprocessов. В силу технических ограничений, разделение переменных и/или subprocessов невозможно из-за получения временной последовательности значений функционала только в результате измерений (притом, что аналитическая форма функционала неизвестна).

Так как моделируемый процесс содержит колебательные составляющие, то примем, что моделирующий его функционал W представляется дифференциальным уравнением второго порядка, которое может быть представлено как совокупность обыкновенных дифференциальных уравнений для переменных $u_j(t)_{j=1,2,\dots,n}$ не выше второго порядка. Тогда положим, что каждым дифференциальным уравнением данной совокупности описывается ход одного значимого subprocessа (так как при неизвестном виде функционала разделение его на уравнения, описывающие элементарные реальные subprocessы, невозможно).

Как известно, наилучшими точностными свойствами экстраполяции функций, заданных существенно нелинейными дифференциальными уравнениями, обладают численные решения этих уравнений. Однако такой подход возможен, когда функция задана аналитически или имеется ее аналитическая модель. Если функция задана таблично (здесь – упорядоченное множество измеренных значений функции, функционала) необходимо дополнительное соглашение об адекватности выбранной аналитической модели как приближения реальному процессу, ход которого отражен только множеством измеренных величин.

Так как общим решением $Q(t)$ обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка является сумма вида: $Q(t) = e^{\alpha t + \beta t} \pm e^{\alpha t - \beta t}$, то формальное решение совокупности дифференциальных уравнений, представляющих W , может быть записано в виде

$$W(t) = \sum_j \left[e^{\beta_j t} \left(e^{\alpha_j t + 1} \pm e^{\alpha_j t - 1} \right) \right],$$

подобном при замене $\alpha_j t$ на α_j виду записи спектрального интеграла Фурье [6] в форме суммы дискретных мод с амплитудами на интервале преобразования T . Тогда представлению заданного трендом функционала W в виде, удобном для дальнейших прогностических вычислений, наиболее удовлетворяет спектральное разложение Фурье. В данном случае могут быть применены и другие преобразования, например Хартли, однако преимуществ они здесь не имеют.

Сформулируем соглашение "об адекватности": *на любом наперед заданном конечном интервале времени тренд данного функционала с помощью дискретного преобразования Фурье преобразуется единственным образом в сумму конечного ряда гармонических колебаний (гармоник) с действительными амплитудами.* Это означает, что алгоритм подсистемы выработки прогноза изменения состояния автомобиля во времени при данном режиме эксплуатации автомобиля основан на

предположении, что функция, выбранная для экстраполяции состояния автомобиля или некоторого его узла, стационарна не только в интервале накопления (обновления) отсчетов параметра, но и на заданном конечном интервале $T + \Delta t$ экстраполяции и выработки прогноза изменения данного параметра.

В соответствии с данным соглашением вычисление требуемого прогноза $W(T + \Delta t)$, где Δt – интервал экстраполяции, осуществляется применением обратного преобразования Фурье на интервале $T + \Delta t$. Результат экстраполяции анализируется на его принадлежность "нормальному", "предупредительному" и "тревожному" диапазонам значений параметра, и, кроме этого, вычислением соответствующей разности, моделируется текущая тенденция его дальнейшего изменения, – мгновенный прогноз полностью определяется мгновенной величиной и мгновенной скоростью изменения данного параметра в заданный момент времени.

В состав подсистемы выработки прогноза включается *алгоритм комплексирования и детализации текущего состояния автомобиля*, предназначенный для выработки синтетического прогноза состояния автомобиля в целом на основании частных прогнозов изменений контролируемых параметров. Так как контролируемые параметры разнотипны, а требуется свести их к единому синтетическому представлению, то такое представление удобно выбрать в виде аналога "нечеткого объединения" частных прогнозов (т.е. для каждого параметра), предварительно нормированных по соответствующим условным шкалам в соответствии с системой мер данных параметров.

Подсистема синтеза рекомендации водителю. Выработка рекомендации водителю строится на основании предположения, что динамика изменения параметра станет иной, если на протяжении периода экстраполяции данные для экстраполяции изменятся так, что результат ее расчета попадет в область границы (не превышая ее) диапазона "норма – предаварийный". Рекомендация может выработываться по табличному алгоритму с учетом взаимных зависимостей параметров, характеризующих режимы работы разных узлов и подсистем автомобиля.

Подсистема мнемонического интерфейса предназначена для предоставления водителю информации о состоянии автомобиля и функционирует в режиме идентификации и совета-прогнозирования. При отключенной системе функции автоматизации автомобиля ограничиваются функциями бортового компьютера и являются тривиальными. В режиме совета-прогнозирования функции автоматизации значительно расширяются, что требует специального интерфейса водителя. Особенностью этого интерфейса является представление водителю информации о состоянии автомобиля в виде, не отвлекающем его от управления в дорожной обстановке, и одновременно простой в использовании. Так как человеком лучше воспринимается информация в аналоговом представ-

лении, а не в цифровом, выбор интерфейса водителя сделан в пользу мнемонического с использованием сенсорного ЖК монитора.

Полагается удобным вывести на сенсорном мониторе "прозрачную" мнемосхему автомобиля. Отдельные контролируемые крупные узлы прорисованы линиями "спокойного" цвета. При обнаружении тенденции к выходу контролируемых параметров из допустимых пределов изображение данного узла окрашивается "предупреждающим" цветом, а при выходе параметра за допустимые пределы – "тревожным" цветом.

Детализация состояния крупного узла может выдаваться в виде фотоизображения, на котором "тревожным" цветом отмечен мелкий узел, состояние которого идентифицировано как предаварийное или аварийное. Детализирующее изображение может заменять на экране основную мнемосхему, а смена изображений (прямая и обратная) происходит при касании экрана в области выбранного узла.

Диспетчер системы автоматизации предназначен для координации функционирования всех ее программных подсистем в режиме РВ и в соответствии с заданной циклограммой.

В состав стандартного ПО описываемой системы входят соответствующая версия Windows Mobile и установленный изготовителем набор драйверов, в числе которых драйверы экрана и управления вводом. Для обеспечения переносимости ПО все прикладные подсистемы могут быть написаны на языке Omega

Герасимов Александр Владимирович – аспирант, Дмитренко Лариса Григорьевна – канд. техн. наук, ст. научн. сотрудник Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
 Контактный телефон (495) 334-88-70 E-mail: Ldmit@ipu.rssi.ru

Basic и эффективно компилированы в коды Mobile Java. Этим обеспечивается независимость программной компоненты данной системы автоматизации от типов бортовых компьютеров, т.е. обеспечивается возможность ее применения для автомобилей разных типов с минимальными переработками.

В заключение отметим, что предложенная автоматизированная система может быть применена не только практически к любому транспортному средству, но и в составе систем автоматизации различных технических систем. Например, предложенная форма представления прогноза позволяет использовать разработанную систему в качестве одной из подсистем управления автономным мобильным роботом или в системе автоматизации электростанции.

Список литературы

1. Дунаев А.П. Организация диагностирования при обслуживании автомобилей. М.: Транспорт. 1987.
2. Дьяков И.Ф., Петров В.М. Электронные системы для бортовой диагностики автомобиля // Сб. тез. докл. М.: НИИАЭ. 1999.
3. Жовинский А.Н., Жовинский В.Н. Инженерный экспресс-анализ случайных процессов. М.: Энергия. 1979.
4. Ветлинский В.Н., Юрчевский А.А., Комлев К.Н. Бортовые автономные системы управления автомобилем. М.: Транспорт. 1984.
5. Черняк Б.Я., Васильев Г.В. Управление двигателем с помощью микропроцессорных систем. М.: МАДИ. 1987.
6. Ronald N. Bracewell. The Fourier Transform and its Applications. McGraw-Hill Book Company, 1986.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ QNX NEUTRINO В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОТВЕТСТВЕННЫХ ПРИМЕНЕНИЙ

В.И. Клепиков, Д.С. Подхватилин,

Г.В. Шарапов, Н.А. Захаров (ИТМиВТ им. С.А. Лебедева РАН)

Рассмотрено построение интегрированных САУ с применением жесткого временного разделения доступа к шине для обеспечения надежности (ТТА – Time Triggered Architecture). Описано применение в ТТА-архитектуре ОС РВ QNX. Приведен пример разработки с реализацией указанного подхода – процессорный модуль для САУ газотурбинного двигателя авиационного и наземного применения.

Современный уровень развития аппаратных средств позволяет пересмотреть подходы к проектированию САУ для ответственных применений. В настоящее время в методах построения систем управления можно выделить, по крайней мере, три основных тенденции:

- отказ от представления САУ как набора специализированных программно-аппаратных блоков в пользу унифицированных аппаратно-программных средств;
- отказ от "федеративных" архитектур в пользу интегрированных решений;
- внедрение тактируемых архитектур (Time-Triggered Architecture).

Несмотря на то, что сегодня существует достаточно много примеров работоспособных САУ на базе специализированных модулей, все же такие системы обладают рядом существенных недостатков как на этапе разработки, так и в эксплуатации.

Разработка САУ на специализированных модулях требует наличия специалистов с очень широким спектром знаний в прикладной области, области аппаратно-программного обеспечения. Как правило, для каждого модуля используются свои средства отладки, зачастую недостаточно мощные и удобные. Модернизация таких систем осложнена из-за недостатка унификации подходов к разработке, скудной документации – на выпуск хорошей документации в рам-