

### Выводы

Вид модуляции является основной характеристикой, определяющей качество информационной системы и ее элементов.

В качестве классификационного параметра при классификации систем и, в частности систем управления, должен использоваться не показатель линейности дифференциального уравнения, а форма носителя информации (рисунок 1) [2].

### Литература

1. Новицкий П.В. Основы информационной теории измерительных устройств. – Л.: «Энергия», 1968. – 246 с.
2. Мельников А.А. Теория автоматического управления техническими объектами автомобилей и тракторов: Учеб. пособие для студ. высш. учеб заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 280 с.
3. Электрические измерения неэлектрических величин. Изд.5-е, пераб. и доп. /Под ред. П.В. Новицкого – Л.: «Энергия» 1975. – 576 с.
4. Микропроцессоры, микроконтроллеры и однокристалльные программируемые устройства. Часть I. Мельников А.А., Мельников А.А. (ст.), Мельников А.А. (мл.) /Под ред. А.А. Мельникова – М.: Издательство «Спутник +» 2010. – 269 с.
5. Микропроцессоры, микроконтроллеры и однокристалльные программируемые устройства. Часть II. Мельников А.А., Мельников А.А. (ст.), Мельников А.А. (мл.) /Под ред. А.А. Мельникова – М.: Издательство «Спутник +» 2010. – 235 с.
6. Мельников А.А., Трифонов Е.Ф., Рыжевский А.Г. Обработка частотных и временных сигналов. – М.: «Энергия» 1976. – 132 с.
7. Мельников А.А. Управление техническими объектами автомобилей и тракторов: Системы электроники и автоматики; Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 376 с.
8. Электрооборудование автомобилей и тракторов. Лабораторный практикум. Ермаков В.В., Малеев Р.А., Мельников А.А., Мельников А.А. (мл.), Нигматуллин Ш.М., Филатов Б.С. /Под ред. А.А. Мельникова. – М.: МГТУ «МАМИ», 2007. – 292 с.
9. Компьютерное моделирование электронных устройств систем управления. Часть I. – 2-е изд. Исправленное и доп. Учеб. пособие для вузов. Ермаков В.В., Коротков В.И. Малеев Р.А., Мельников А.А., Мельников А.А. (мл), Нигматуллин Ш.М., Филатов Б.С. /Под ред. А.А. Мельникова. – М.: МГТУ «МАМИ» 2007. – 253 с.
10. Компьютерное моделирование электронных устройств систем управления. Часть II. Учеб. пособие для вузов, Ермаков В.В., Коротков В.И. Малеев Р.А., Мельников А.А., Мельников А.А. (мл), Нигматуллин Ш.М., Филатов Б.С. /Под ред. А.А. Мельникова. – М.: МГТУ «МАМИ» 2007. – 251 с.
11. Мельников А.А., Мельников А.А. (мл), Мельникова А.А., Ультразвуковые преобразователи в средствах измерения / Под ред. А.А. Мельникова. – Издательство «Спутник +», 2010. – 154 с.
12. Мельников А.А., Мельников А.А. (мл), Измерение температуры биологических объектов / Под ред. А.А. Мельникова. – Издательство «Спутник +», 2010. – 303 с.

### **Определение соответствия объекта разработки уровню современной техники**

к.т.н. доц. Мельников А.А.  
Университет машиностроения  
Ark-melnikov@yandex.ru

*Аннотация.* При разработке изделий любого назначения необходимо определять его соответствие уровню современной техники. В статье предлагаются показатели, определяющие уровень развития современной техники.

*Ключевые слова:* объект разработки, уровень современной техники, пока-

*затели соответствия*

Уровень конкретной разработки определяется по отношению к уровню, достигнутому в передовых отраслях техники. К передовым отраслям можно отнести радиотехнику, электронику, вычислительную технику, связь. Для машиностроительных отраслей это авиация и ракетно-космическая техника.

В передовых отраслях техники идет замена механических, гидравлических и пневматических преобразователей на электрические, а аналоговые виды модуляции заменяются на частотные и кодовые (цифровые). Однако в реальных системах управления АТС объекты управления описываются с помощью непрерывных функций изменения некоторых физических величин (аналоговых величин). Поэтому в системах управления еще широко используются аналоговые датчики различных параметров. Процесс вытеснения аналоговых датчиков из систем управления и замена их частотными и кодовыми датчиками активно происходит в авиационных и ракетно-космических системах управления. Сигнал с частотно-импульсной модуляцией на определенном отрезке времени может рассматриваться как унитарный (единичный) последовательный код. Для механических двигателей, к которым относится ДВС автомобиля, основным параметром является частота вращения его выходного вала. Это обстоятельство делает актуальным использование частотно-импульсных (круговых) модуляций в системе управления ДВС, так как частота вращения является частотно модулированным параметром. Высокие информационные и надежность показатели устройств, использующих частотно-временные виды модуляции, обусловили использование в системах управления наряду с кодовым процессором и время кодовый процессор - преобразователь, в котором в качестве арифметического устройства используется счетчик (таймер-счетчик) [2, 3]. В счетчике для выполнения операции суммирования используется метод суммирования единичных приращений. На комбинационном сумматоре для выполнения операции суммирования используется метод суммирования поразрядных приращений. При проектировании системы управления после выбора всех элементов системы и разработки функциональной схемы необходимо составить и исследовать поточную схему, которая позволит оптимально выбрать виды модуляции, в элементах и устройствах системы. Исследование поточной схемы позволяет определить технический уровень изделия по отношению к современному уровню развития. Это позволяет не тратить материальные и временные ресурсы на разработку неперспективных систем.

Отрасли техники, освоившие изделия с использованием кодовой модуляции, определяют современный уровень развития всей цивилизации. Это, прежде всего, так называемые цифровые системы: вычислительная техника, системы связи, телевидение, системы записи и воспроизведения звука и изображения. Широкое внедрение кодовой техники обуславливается тем, что при увеличении сложности систем затраты на ее производство и внедрение и эксплуатацию возрастают незначительно и при достижении определенной сложности практически остаются постоянными.

В профессиональной деятельности современного инженера можно выделить работы по разработке схемы, конструкции, технологии создаваемого изделия. При использовании микропрограммируемых устройств (процессоров и контроллеров) в проекте участвуют программисты. Конструкция современного изделия немислима без использования микроэлектроники и в дальнейшем наноэлектроники. Организацию производства осуществляют менеджеры (специалисты по управлению) на уровне производственных участков, цехов и производства в целом. Накопленные знания и объемы информации по каждому виду инженерной деятельности настолько велики, что вести разработку целиком по всем направлениям одному специалисту практически невозможно. Происходит дифференциация специальностей, обеспечивающих плодотворное решение задач в рамках своей инженерной специализации. Именно по таким направлениям инженерной деятельности и готовят специалистов в передовых отраслях. Так, для радиопрома готовят специалистов по специальности «Радиотехник», задачей которого является разработка схемы устройства; «Конструирование радио устройств», в рамках которой готовятся конструкторы и технологи радиотехнических устройств, «Произ-

водство радиотехнических устройств», в рамках которой готовят менеджеров производства.

Порядок разработки изделия. Порядок проектирования, состав и содержание проектной документации определяется нормативными документами. Общегосударственными считаются Государственные стандарты единой системы конструкторской документации (ЕСКД), в которых устанавливают взаимосвязанные правила и положения по порядку разработки, оформлению и обращению конструкторской документации. Стандарты ЕСКД имеют силу закона. Однако имеется много отраслевых стандартов, нормалей, руководящих технических материалов, инструкций и т.д., в которых регламентируется порядок разработки отдельных изделий, часто противоречащий стандартам ЕСКД. В настоящее время международная кооперация производителей автотранспортных средств и изделий электронной техники приводит к использованию зарубежных нормативных документов. Основопологающим стандартом для разработчика является Государственный стандарт Российской Федерации (ЕСКД) Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению ГОСТ 2.701-2008.

Стандарт в зависимости от вида элементов, входящих в изделие, устанавливает схемы: электрические, гидравлические, пневматические, кинематические и т.д. В зависимости от основного назначения устанавливаются схемы: структурная, функциональная, принципиальная (полная) и т.д.

ГОСТ устанавливает, что только разработка принципиальной схемы дает основание для разработки конструкции. Это означает, что при разработке регулятора напряжения, который является элементом системы управления, необходимо сначала разработать принципиальную электрическую схему, а затем конструкцию регулятора. При создании современного регулятора (устройства управления) необходимо сделать заказ на разработку и поставку микросхем электронной части регулятора и разработать алгоритм управления и микропрограмму для микроконтроллера. При разработке автомобильного генератора необходимо сначала разработать принципиальную электрическую и принципиальную кинематическую схемы генератора, а затем приступить к разработке конструкции. При разработке автоматической коробки передач необходимо разработать принципиальную кинематическую, принципиальную гидравлическую и принципиальную электрическую схемы, а затем конструкцию коробки передач.

Во всех отраслях техники разработка схем ведется в специализированных лабораториях. Разработанные схемы передаются вместе с техническим заданием (ТЗ) в конструкторское подразделение. Разработанные чертежи передаются в технологический отдел, где разрабатывается технология изготовления узлов и изделия в целом. Автопром является единственной отраслью, где отсутствует специализация инженерных подразделений, что закреплено в образовательных стандартах. Нельзя подготовить специалиста, обладающего знаниями для плодотворной работы в современных НИИ, КАБ и производстве.

На первом этапе – схемотехническом, разрабатываются схемы устройства. Принимается решение об использовании элементной базы – унифицированной или специальной. При современном развитии микроэлектроники этот этап становится неоднозначным и требует проведения технико-экономических исследований. Создание программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) и базовых матричных кристаллов (БМК) ставит под сомнение целесообразность использования микропрограммного принципа управления в технически несложных системах управления и регулирования [2, 3]. Выпускаются структурная, функциональная, принципиальная и другие схемы. Разработка принципиальной схемы дает основание для разработки конструкции изделия.

На втором этапе встает задача разработки конструкции. Для разработки специальной элементной базы привлекаются специалисты по микроэлектронике, которые, исходя из технических требований и возможности разработчика, решают вопросы об объеме функций, включаемых в создаваемую микросхему, ее конструкции и технологии изготовления. Разработку общей несущей конструкции устройства выполняют конструкторы, специалисты по разработке электромеханических устройств, причем разработку общей платы (печатной платы) ведут специализированные подразделения.

Процессы изготовления изделия разрабатываются технологами.

При использовании в изделии микропрограммного принципа управления в разработке принимают участие программисты.

Разработка базовых матричных кристаллов позволяет выпускать доступные для широкого применения специализированные устройства на базе двоичных дискретных автоматов, решающие широкий круг задач без использования микропрограммного метода управления.

Оценка уровня развития системы и приближения ее к современному уровню. Задача оценки уровня развития технических систем всегда была актуальна. Но ввиду сложности задачи до сих пор она не нашла должного решения. Могут быть предложены некоторые пути решения этой задачи.

Необходимо рассматривать любую систему в трех аспектах: информационном, энергетическом и вещественном. Важным для оценки системы является и алгоритмический аспект (вид закона управления). Немаловажными являются аспекты схмотехнический, конструкционный и технологический.

При анализе системы необходимо учитывать экономические (затраты на расходные материалы в процессе эксплуатации и эксплуатационные расходы); экологические (выбросы в процессе эксплуатации веществ, энергии и информации); функциональные (определяющие основное назначение системы) и утилизационные (полноту возможности утилизации системы после эксплуатации без загрязнения окружающей среды) показатели.

Анализируя состояние развития технических систем, можно сделать вывод о направлении развития систем управления техническими объектами [1].

В информационном аспекте развитие систем управления идет по пути замены всех видов модуляции на кодовую модуляцию с дискретно-квантованным носителем информативного параметра. Это показывает, что технические системы в пределе стремятся по внутренней структуре приблизиться к естественным системам, окружающим нас. Все окружающие нас материальные системы от макросистем до микросистем имеют дискретно-квантованное строение. Используемые аналоговые модели материальных объектов технических систем уже не удовлетворяют современному уровню развития техники.

В энергетическом аспекте развития систем управления идет по пути замены всех видов энергии на электрическую энергию. Этот процесс, получивший название *электрификация*, не утратил своей актуальности в автомобиле и тракторостроении.

В вещественном аспекте развития систем управления идет по пути замены проводниковых материалов на полупроводниковые (электронные материалы). Основным материалом здесь становится кремний.

В алгоритмическом аспекте развитие систем управления идет по пути всемерного использования *микропрограммного* способа управления.

*Микроминиатюризация* является основой современного конструирования устройств и систем. Современные технологии проектирования и изготовления микросхем позволяют заполнить всю управляющую подсистему практически в одном кристалле кремния. В настоящее время на кристалле (чипе) размещается как информационная, так и силовая части схемы. Современные технологии и материалы позволяют значительно уменьшить размеры и механических, и гидравлических, и пневматических элементов.

В практическом плане эффективность этого принципа разработки можно оценить числом контактов (паек) в реальном изделии. Современный уровень надежности изделий удалось получить исключительно за счет уменьшения в громадном количестве числа контактов и уменьшения потребления энергии.

Разработка высокопроизводительных микропроцессоров и микроконтроллеров позволила создать многоуровневые системы управления с многомерными, многопараметрическими объектами управления. Электрификация и микроминиатюризация всех устройств систем управления позволяют вынести за пределы объекта управления все функциональные элементы системы управления и создать пункты управления, комфортные и безопасные для человека. В этом случае применяются системы дистанционного управления и телеуправления, в ко-

торых для передачи данных и команд управления требуется применение специальных средств передачи данных.

Для передачи сообщений от многих источников (абонентов) можно использовать несколько трактов передачи, разделенных в пространстве, т.е. выделить каждому абоненту свою линию связи. Однако такой способ приводит к усложнению средств передачи сообщений. На практике используют уплотнение каналов на передающей стороне, передачу их по одной линии связи и разделение на приемной. Используют частотное уплотнение/разделение и временное [1, 2]. При временном уплотнении/разделении передача и прием сообщений от разных каналов разделяются по времени с помощью коммутаторов (мультиплексоров/демультиплексоров) и осуществляется последовательно во времени.

Адрес абонента (канала) устанавливается контроллером передающей стороны, мультиплексор коммутирует выбранный канал на выход. Передатчик передает информацию через линию связи на приемник, переданное сообщение коммутируется демультиплексором на вход канала, адрес которого устанавливается контроллером на приемной стороне.

При временном разделении каналов применяют жесткое последовательное подключение каналов передачи к линии связи, произвольное программное подключение и подключение по приоритету, установленному пользователем.

Применяют системы с адресацией получателя или адресацией отправителя. В последнем случае получатель должен идентифицировать адрес и определить необходимость получения и обработки сообщения. Возможен безадресный способ передачи сообщений. При безадресном способе передачи сообщение передается в линию связи сразу для всех абонентов (широковещательно), а принявший сообщение узел связи по смысловому содержанию сообщения, путем сопоставления его со своим тезаурусом, определяет принадлежность сообщения и необходимость на него реагировать.

В настоящее время разработаны и широко применяются каналы связи с использованием кодовых видов модуляции. В кодовых (цифровых) каналах связи устройства согласования сигналов на входе одного устройства и выходе другого устройства (стыке) называют интерфейсом, адаптером, драйвером, цифровым модемом. Данные по цифровым каналам связи передаются в виде буквенно-цифровых кодов.

Все современные системы управления автомобиля строятся на основе командно-информационных сетей. Широкое распространение на автомобиле получили протоколы LIN (Local Interconnection Network – локальная взаимно коммуникационная сеть), CAN (Control Area Network – коммутирующая распределенная сеть). В настоящее время в автомобиле появилось много компьютерных устройств управления, связанных с передачей аудио- и видеоинформации. Разработана и используется на ряде автомобилей коммутационная сеть Media Oriented Systems Transport – MOST (системный протокол передачи с ориентацией на мультимедиа) для передачи информации в мультимедийном формате по оптоволоконным линиям.

Протокол LIN предназначен для создания недорогих локальных командно-информационных сетей для небольших расстояний. Шина LIN служит для передачи и приема сообщений (команд и данных) на устройства и от устройств систем управления автомобиля, а также получения ответа о выполняемых действиях на устройство управления. Основной задачей, возлагаемой на LIN консорциумом европейских автомобильных производителей, является объединение автомобильных систем управления отдельными узлами и агрегатами (такими как дверные замки, стеклоочистители, стеклоподъемники, магнитола, климат-контроль, и т.д.) в единую распределенную управляющую сеть с центральным устройством управления и обработки информации, построенным на основе двоичного дискретного автомата (микропроцессора - микроконтроллера). LIN-протокол утверждён Европейским Автомобильным Консорциумом как дополнение к высоконадёжному и скоростному протоколу CAN. LIN и CAN дополняют друг друга и позволяют объединить многие системы управления автомобиля в единую многофункциональную бортовую распределенную управляющую сеть. Область применения CAN – это передача команд и данных в устройствах управления агрегатами, где требуется высокая надёжность и скорость; а LIN применяется там, где воз-

можно использование однопроводной, двунаправленной полудуплексной последовательной шины с простым универсальным асинхронным приемопередающим интерфейсом UART, позволяющим объединить в единую систему объекты управления, работающие с малыми скоростями передачи информации на коротких дистанциях и сохраняющих при этом универсальность, многофункциональность, а также простоту разработки и отладки. Стандарт LIN включает технические требования на протокол и на среду передачи данных. Подробное описание протоколов приводится в [4].

До внедрения последовательных каналов передачи данных и команд команды на узлы автомобиля передавались по силовым линиям (электрическим цепям) с коммутацией токов, непосредственно потребляемых нагрузкой. Разработчики фирмы BMW заявили, что использование распределенных сетей LIN и CAN позволило на автомобилях фирмы экономить от 100 до 200 кг меди.

Так как в командно-информационной сети используется способ временного разделения и уплотнения (мультиплексирования) каналов передачи команд и данных, то в некоторой технической литературе такие сети получили название мультиплексные сети.

Впервые мультиплексная система была применена в системе зажигания многоцилиндрового двигателя внутреннего сгорания. Информация о положении поршней в каждом цилиндре передается на коленчатый вал, выполняющий в этом случае функции мультиплексора. Информация в виде механических сигналов положения коленчатого вала преобразуется в электрические сигналы и передается по одному каналу на коммутатор, а затем – на распределитель (демультиплексор), который передает команды на воспламенение горючей смеси в каждом цилиндре.

Исходя из вышеприведенных предположений можно установить предельную систему, к которой должен стремиться разработчик. Это электронная дискретно - квантованная система с использованием кодоимпульсной модуляции и микропрограммного способа управления, выполненная на основе принципов микроминиатюризации и построенная как распределенная командно-информационная сеть.

Оценку системы целесообразно проводить по нескольким уровням. В каждом уровне могут быть назначены путем экспертных оценок рейтинговые коэффициенты.

I Уровень. Вид используемой модуляции. Здесь можно назначить рейтинговые коэффициенты для каждого вида модуляции. Этот показатель является определяющим.

- амплитудно-кодовая модуляция (АКМ) и амплитудная кодово-импульсная модуляция (АКИМ) только для указанных ниже сигналов: (двухпозиционных –  $N_2^1$ ) – 1;  
(трехпозиционных –  $N_2^2$  или  $N_1^3$ ) – 1;
- амплитудная модуляция (АМ) – 2;
- круговые импульсные модуляции (ЧИМ, ВИМ, ФИМ, ШИМ) – 3;
- амплитудная кодово-импульсная модуляция (АКИМ)
- при использовании число-импульсной модуляции (ЧисИМ)  $N_1^m$  – 3;
- АКМ и АКИМ при использовании многоразрядных кодов  $N_2^n$  – 4.

Современный уровень развития техники – это использование кодовой модуляции во всех устройствах системы [2]. Функциональные устройства системы автоматического управления (САУ) можно представить в виде последовательной записи так: → объект управления (ОУ) → устройство измерения (УИ) → устройство управления и обработки информации (УУиОИ) → устройство воздействия УВ → или в символическом виде –А1-А2-А3-А4-. Для каждого функционального устройства САУ можно определить рейтинговый коэффициент  $M_p$  и построить зависимость  $M_p = F(A_i)$ , которая позволяет определить регрессивность или прогрессивность преобразования вида модуляции [1].

Достижение системой или устройством современного уровня развития техники по используемым видам модуляции может быть оценено в процентном отношении.

Коэффициент соответствия САУ современному уровню техники по модуляции

$$S_c = \frac{A1 + A2 + A3 + A4}{4 \cdot A(N_2^n)} 100\%, \text{ где } A(N_2^n) = 4 - \text{устройство с использованием АКИМ.}$$

Коэффициент соответствия устройства современному уровню техники по модуляции

$$S_y = \frac{n - m}{n} 100\%, \text{ где } n - \text{общее число элементов, } m - \text{число элементов, не использующих}$$

кодовые виды модуляции.

**II Уровень.** Вид используемой энергии. На современном этапе развития идет замена элементов, использующих механическую, гидравлическую, пневматическую, тепловую и др. энергии на электрическую. Вид используемой энергии напрямую связан с видом используемых материалов. Широкое использование полупроводниковых материалов в элементах САУ указывает на использование в них электроники.

По этому признаку уровень системы можно оценить по отношению:  $S_s = \frac{n - r}{n} 100\%$ ,

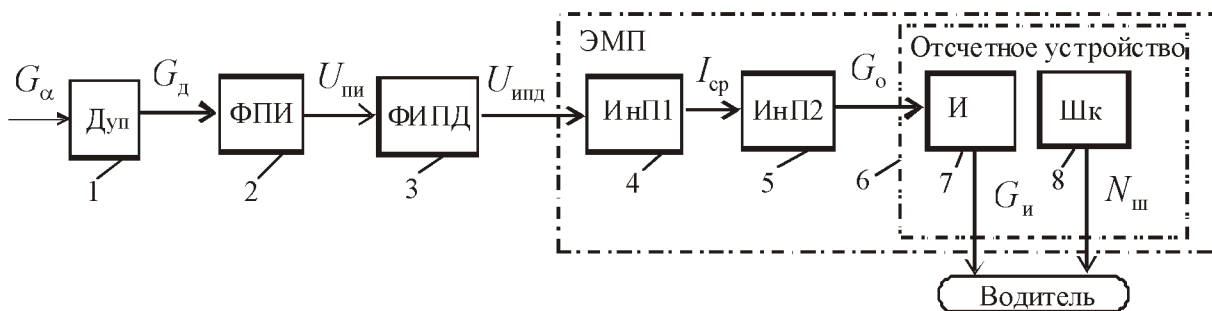
где:  $n$  – общее число элементов;  $r$  – число элементов, не использующих электрическую энергию (или полупроводниковые материалы).

**III Уровень.** Вид управления. В устройстве управления может использоваться ряд законов управления: П; ИП; ПД; ПИД; адаптивный; экстремальный. Используются методы управления: аппаратный (жесткий) и программный (микропрограммный). Использование микропрограммного управления указывает на современность системы.

**IV Уровень.** Современные системы организованы на основе командно-информационной сети.

Оценку уровня развития системы (прибора) современным требованиям по видам модуляции рассмотрим на примере автомобильных тахометров. Для этого используем структурно-поточные или функционально-поточные схемы.

**Автомобильный тахометр с аналоговым индикатором.** Функционально-поточная схема тахометра с электронными преобразователями вида модуляции и аналоговым индикатором представлена на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Функционально-поточная схема тахометра с аналоговым индикатором**

Тахометр включает датчик углового положения коленчатого вала 1 (Дуп); формирователь прямоугольных импульсов 2 (ФПИ), выполняющий функции согласующего устройства; формирователь импульсов постоянной длительности и амплитуды 3 (ФИПД); информационные преобразователи 4 (ИнП1), 5 (ИнП2), выполняющие функцию электромеханического преобразователя ЭМП, отсчетное устройство 6, состоящее из стрелочного индикатора 7 (И) и шкалы 8 (Шк), оцифрованной в принятых единицах измерения. ИнП1, ИнП2, стрелочный индикатор и шкала конструктивно объединяются в виде магнитоэлектрического прибора, как правило, миллиамперметра. С помощью отсчетного устройства выполняется измерение. ФПИ и ФИПД преобразуют форму носителя информативного параметра, ИнП1 и ИнП2 преобразуют носитель (физическую величину) и вид энергии. ИнП1 является преобразователем напряжения импульсов постоянной длительности  $U_{шнд}$  в ток  $I_{ср}$ , среднее значение которого за интервал интегрирования  $T_{и}$  (осреднения) пропорционален частоте вращения. ИнП2 является преобразователем тока  $I_{ср}$  в угловое перемещение  $G_o$  оси, на которую насажен стрелочный

индикатор И, угол поворота которого  $G_{и} = G_{о}$ . При увеличении частоты вращения коленчатого вала число импульсов за интервал интегрирования увеличивается и  $I_{ср}$  возрастает, что приводит к увеличению  $G_{и}$ .

Процесс преобразования входного сигнала  $G_{\alpha}$  (углового положения коленчатого вала) в результат измерения отображается выражением:

$$\begin{array}{ccccccc}
 (\text{От ДВС}) \rightarrow G_{\alpha}(\text{ЧМГ})M & \xrightarrow{1} & U_{д}(\text{ЧИМ})E & \xrightarrow{2} & U_{пн}(\text{ЧИМ})E & \xrightarrow{3} & \\
 & & & & & & \\
 \left. \begin{array}{l} \rightarrow U_{ипд}(\text{ЧИМ})E \rightarrow \\ 3 \qquad \qquad \qquad T_{и} \rightarrow \end{array} \right\} & & I_{ср}(\text{АМ})E & \xrightarrow{4} & G_{о}(\text{АМ})M & \xrightarrow{5} & G_{и}(\text{АМ})M \rightarrow \\
 & & & & & & \\
 & & & & & & \left. \begin{array}{l} \rightarrow \\ N_{шкалы} \rightarrow \end{array} \right\} N_{и} \quad (\text{К водителю})
 \end{array}$$

где:  $G_{\alpha}$  – угловое положение коленвала;

ЧМГ – частотная модуляция гармонического носителя информативного параметра;

$U_{д}$  – напряжение на выходе датчика ДуП;

ЧИМ – частотно-импульсная модуляция;

$M$  – вид энергии (механическая);

$E$  – вид энергии (электрическая);

$U_{пн}$  – напряжение на выходе ФПИ;

$U_{ипд}$  – напряжение на выходе ФИПД;

$I_{ср}$  – среднее значение тока за время интегрирования  $T_{и}$ ;

АМ – амплитудная модуляция;

$G_{и}$  – положение стрелочного индикатора;

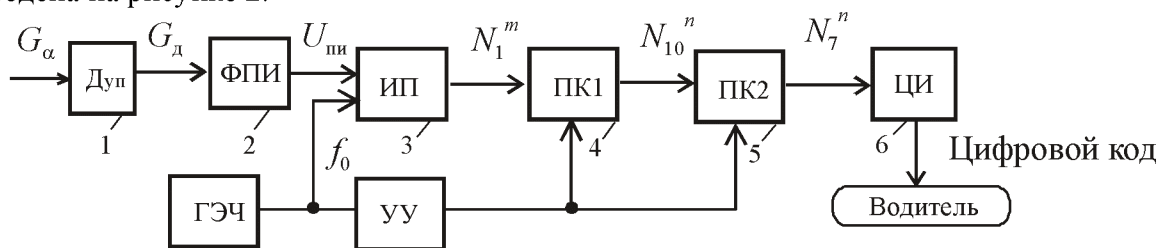
$N_{шкалы}$  – цифровые значения, нанесенные на дугу шкалы, являющиеся многозначной мерой в процессе измерения;

$N_{и}$  – результат измерения.

Датчик 1 осуществляет первое 1 преобразование, ФПИ 2 второе 2 и т.д.

В рассмотренном тахометре осуществляется два регрессивных преобразования: 4 – вид модуляции (ЧИМ→АМ) и 5 – вид энергии ( $E \rightarrow M$ ). Такие тахометры не имеют перспективы дальнейшего использования. Кроме того, приборы с аналоговыми индикаторами не являются автоматическими. В тахометре осуществляется преобразование угла поворота коленчатого вала за интервал интегрирования в угол поворота стрелочного индикатора. Измерение в соответствии с уравнением измерения осуществляет водитель (мастер) с использованием отсчетного устройства. Водитель сравнивает текущее значение угла поворота  $G_{и}$  с мерой (шкалой) и считывает соответствующее значение со шкалы, выполняя операцию деления методом отсчета. Это требует от водителя определенных умственных напряжений.

**Цифровые тахометры.** Перспективными тахометрами являются кодовые и цифровые. Выбор того или иного тахометра определяется эргономическими свойствами индикатора, информативностью и традициями. Функционально-поточная схема цифрового тахометра приведена на рисунке 2.



**Рисунок 2 – Функционально-поточная схема цифрового тахометра**

Цифровой тахометр содержит датчик углового положения ДуП, формирователь прямоугольных импульсов ФПИ, измерительный преобразователь ИП, информационные преобразователи, выполняющие функции преобразователей кодов ПК1, ПК2, цифровой индикатор ЦИ, генератор эталонной частоты (мера) и устройство управления УУ. Для работы частотно-



го измерительного преобразователя не требуется формировать импульсы постоянной длительности, поэтому ФИПД в такой схеме тахометра отсутствует. Процесс преобразования входного сигнала  $G_\alpha$  (углового положения коленчатого вала) в результат измерения отображается выражением:

$$\begin{aligned}
 & (\text{От ДВС}) \rightarrow G_\alpha (\text{ЧМГ}) M \xrightarrow{1} U_d (\text{ЧИМ}) E \xrightarrow{2} U_{\text{ин}} (\text{ЧИМ}) E \xrightarrow{\left. \begin{array}{l} f_x \\ 3 \\ \rightarrow \\ f_0 \end{array} \right\}} U (\text{АКИМ}) E = \\
 & = U (N_1^m) E \xrightarrow{4} U (N_{10}^n) E \xrightarrow{5} U_1 (N_7^n) E \xrightarrow{6} J (N_7^n) O = (\text{Ц}) \rightarrow (\text{К водителю})
 \end{aligned}$$

где:  $f_x$  – частота следования импульсов с ФПИ;

$f_0$  – частота следования импульсов с ГЭЧ;

$N_1^m$  – числоимпульсный единичный код, где  $m$  – число разрядов, соответствующее числу импульсов;

$N_{10}^n$  – десятичный  $n$  – разрядный код, с логическими уровнями напряжения  $U$ ;

$N_7^n$  – семисегментный  $n$  – разрядный код, с логическими уровнями напряжения  $U_i$ ;

$J$  – яркость оптического излучения индикатора, обеспечивающая свечение определенных сегментов семисегментного оптического индикатора (сегменты включены или выключены);

$O$  – вид энергии (оптический диапазон электромагнитной энергии);

$\text{Ц}$  – цифра, воспринимаемая человеком с индикатора через световой поток.

В таком тахометре в ИП производится автоматическое измерение частоты следования импульсов с датчика углового положения на основе уравнения  $N_x = N_1^m = f_x/f_0$ . Операция деления (нахождения отношения двух физических величин) осуществляется методом счета единичных приращений. В ПК1 – десятичном счетчике единичный код  $N_1^m$  преобразуется в десятичный код  $N_{10}^n$ . Как правило, в десятичных счетчиках десятичный код представляется тетрадами двоично-десятичного кода. В ПК2 код  $N_{10}^n$  преобразуется в код, необходимый для управления цифровым индикатором. Для управления семисегментным цифровым индикатором необходимо формировать код  $N_7^n$ .

С цифрового индикатора водитель органами зрения прямо воспринимает результат измерения в установленных единицах. При этом затрачиваются минимальные умственные усилия.

Разработка принципиальной схемы любого устройства заключается в наполнении абстрактных элементов, представленных в виде условных прямоугольников (функциональных мест) на схеме конкретными элементами. При этом необходимо помнить, что, наряду с положительными свойствами, вносимыми новыми элементами по отношению к прототипу, вносятся и отрицательные свойства в устройство в целом.

Как показывает анализ, развитие систем управления в передовых отраслях идет по пути замены амплитудной модуляции на круговые, а затем на кодовые АМ → (ЧИМ, ВИМ, ФИМ, ШИМ) → АКИМ, а пневматической, гидравлической и механической энергии на – электрическую. По этому же пути идет совершенствование систем управления автомобиля, но с отставанием на 10 и более лет. Так на автомобиле типа ВАЗ-2108 и др. все электронные системы были разработаны с регрессивным преобразованием: коммутатор 36.3734 (ЧИМ → АМ) [4, 9], блок управления ЭПХХ 50.3701 (ЧИМ → АМ), регулятор 13.3702 (используется двухпозиционное регулирование – одноразрядная АКМ).

ЭПХХ работал только при движении по пересеченной местности. Использование датчиков температуры с АМ только усложняло схему блока управления [10]. Разработка ЭПХХ с ВИМ [4, 10], а затем с использованием микропроцессоров позволили обеспечить требуемое

качество топливоподачи на режиме принудительного холостого хода. Были разработаны системы пуска дизельных двигателей для автомобилей КАМАЗ с регрессивным преобразованием (ЧИМ → АМ) с низким качеством. Использование датчиков температуры с ЧИМ (пьезодатчиков) позволяет повысить качество систем пуска и ЭПХХ [5, 6]. При автоматизации систем управления коробкой передач и сцеплением использовались преобразователи частоты-напряжение (ПЧН). Разработка таких преобразователей является тупиковой ветвью преобразовательной техники.

На автомобиле ВАЗ-2110 в регуляторах напряжения стали использовать ШИМ (Я212А11Е).

При разработке ДВС с впрыском первые датчики массового расхода имели аналоговый выход (амплитудно-модулированный сигнал). Повышение качества датчика расхода в дальнейших моделях потребовало использовать ЧИМ. Теория работы термоанемометрических датчиков приведена в [7].

В ракетной технике в 60-ые годы были разработаны индукционные датчики положения вала топливно-насосного агрегата. Фирма БОШ только в 1974 году приступила к разработке индуктивного датчика положения коленчатого вала. Однако безуспешные попытки разработать индуктивный датчик, работающий в условиях функционирования ДВС, вынудили заимствовать разработанный ранее индукционный датчик. Датчик преобразует механическое перемещение с частотной модуляцией в электрическое напряжение с ЧИМ. Разработка индукционного датчика положения коленчатого вала позволила разработать систему зажигания с ЧИМ и в дальнейшем использовать микропрограммное управление с использованием цифровой техники и микропроцессоров [2, 3]. На современном автомобиле нет систем управления с амплитудной модуляцией. В настоящее время в устройствах управления (микроконтроллерах) и обработки информации (микропроцессорах) используются исключительно кодовые виды модуляции.

На двигателе ВАЗ-2112 автомобиля ВАЗ-2110 для регулирования холостого хода разработана система регулирования, в которой во всех элементах используется ЧИМ и КИМ. Однако в качестве регулирующего органа используется электромагнитный клапан с непрерывным перемещением иглы, которая перемещается шаговым двигателем, что воспринимается как квантовано-модулированный сигнал. В 1990 на некоторых двигателях General Motors в системе рециркуляции выхлопных газов были впервые применены цифровые клапаны [8]. Использование цифровых регулирующих органов в системах регулирования напряжения и температуры показано в [1, 6].

В отечественных автомобилях практически не используются командно-информационные сети (мультиплексные информационные системы).

### **Выводы**

Использование регрессивных преобразователей в электронных системах автомобиля по модуляции и энергии, а также отсутствие специализации инженерной деятельности обусловили отставание Российского автомобилестроения от зарубежного автопрома и особенно передовых отраслей техники.

### **Литература**

1. Мельников А.А. Теория автоматического управления техническими объектами автомобилей и тракторов: Учеб. пособие для студ. высш. учеб заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 280 с.
2. Микропроцессоры, микроконтроллеры и однокристалльные программируемые устройства. Часть I. Мельников А.А., Мельников А.А. (ст.), Мельников А.А. (мл.) /Под ред. А.А. Мельникова – М.: Издательство «Спутник +» 2010. – 269 с.
3. Микропроцессоры, микроконтроллеры и однокристалльные программируемые устройства. Часть II. Мельников А.А., Мельников А.А. (ст.), Мельников А.А. (мл.) /Под ред. А.А. Мельникова – М.: Издательство «Спутник +» 2010. – 235 с.
4. Мельников А.А. Управление техническими объектами автомобилей и тракторов: Системы электроники и автоматики; Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений – М.: Изда-

- тельский центр «Академия», 2003. – 376 с.
5. Электрооборудование автомобилей и тракторов. Лабораторный практикум. Ермаков В.В., Малеев Р.А., Мельников А.А., Мельников А.А. (мл.), Нигматуллин Ш.М., Филатов Б.С. /Под ред. А.А. Мельникова. – М.: МГТУ «МАМИ», 2007. – 292 с.
  6. Компьютерное моделирование электронных устройств систем управления. Часть II. Учеб. пособие для вузов, Ермаков В.В., Коротков В.И. Малеев Р.А., Мельников А.А., Мельников А.А. (мл), Нигматуллин Ш.М., Филатов Б.С. /Под ред. А.А. Мельникова. – М.: МГТУ «МАМИ» 2007. – 251 с.
  7. Мельников А.А., Мельников А.А. (мл), Измерение температуры биологических объектов / Под ред. А.А. Мельникова. – Издательство «Спутник +», 2010.– 303 с.
  8. Яковлев В.Д. Диагностика электронных систем автомобиля. Учеб. пособ. – М.: СОЛОН-Пресс, 2003. – 272 с.
  9. Ходасевич А.Г., Ходасевич Т.И. Справочник по устройству и ремонту электронных приборов автомобилей. Часть 2. Электронные системы зажигания. – М.: АНТЕЛКОМ, 2002. – 224 с.
  10. Ходасевич А.Г., Ходасевич Т.И. Справочник по устройству и ремонту электронных приборов автомобилей. Часть 3. Системы автоматического управления экономайзером принудительного холостого хода автомобилей. – М.: АНТЕЛКОМ, 2003. – 160 с.

### ***К вопросу об инженерной методике расчета лепестковых газодинамических подшипников турбокомпрессоров***

д.т.н. проф. Меркулов В.И., Плыкин М.Е., к.т.н. Тищенко И.В.  
Университет машиностроения, ОАО НПО «Наука»  
8 (495) 223-05-23, доб. 1297, 1573, [tgt@mami.ru](mailto:tgt@mami.ru)  
8 (495) 775-31-10, доб. 682, [IV.Tishenko@npo-nauka.ru](mailto:IV.Tishenko@npo-nauka.ru)

*Аннотация.* В статье рассмотрена инженерная методика расчета лепестковых газодинамических подшипников. Выполнены расчеты по данной методике и выполнено сравнение с экспериментальными результатами, полученными другими авторами. Рассмотрены области применения таких подшипников.

*Ключевые слова:* лепестковый газодинамический подшипник, турбомашин, микрогазотурбинная установка.

#### **Постановка задачи**

Возрастание скорости и энергонапряженности современных турбохолодильников для систем кондиционирования воздуха (СКВ) летательных аппаратов (ЛА) с одновременным ужесточением требований к ним по надежности, габаритным размерам и массе вызывает необходимость совершенствования подшипниковых узлов и, в первую очередь, за счет совершенствования форм поверхности качения.

В этой связи оправдан неуклонный рост интереса к разработкам и внедрению газодинамических подшипников в быстроходных лопаточных машинах различного назначения в РФ и за рубежом.

Это, в первую очередь, касается турбохолодильников для СКВ гражданских и военных самолетов, микрогазотурбинных установок, малошумных вентиляторов, компрессоров различного назначения, в т.ч. для тепловых насосов и т.д.

Этот интерес вызван следующими принципиальными особенностями газовых подшипников:

- низкая вязкость газа обеспечивает низкие потери на трение, увеличение срока службы и повышение энергоэффективности;
- инертность газа по отношению к перекачиваемой среде;
- температурная стабильность свойств газа обеспечивает работоспособность подшипника при высокой температуре, которая зависит только от используемых материалов компонентов.