

СОВРЕМЕННЫЕ АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО  
РЕГУЛИРОВАНИЯ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

Э.Л. Ицкович (ИПУ РАН)

Рассматриваются различные классы универсальных алгоритмов регулирования, реализуемые в контроллерах типовыми программами. Фиксируется текущее состояние с регулированием ТП на российских предприятиях. Сопоставляется подход российских и зарубежных производителей алгоритмических и программных средств к разработке и внедрению новых усовершенствованных классов алгоритмов регулирования.

## Введение

В последние годы, правда, очень медленно и достаточно выборочно, стало изменяться мнение руководства ряда предприятий относительно роли автоматизации ТП в общем комплексе задач по повышению эффективности производства. Если ранее основной задачей автоматизации была замена физически изношенных средств, а технико-экономическое обоснование такой замены либо не требовалось, либо ее создание носило абсолютно формальный характер; то теперь постепенно стали появляться руководители, которые начинают интересоваться тем, какой реально экономический и технический эффект дают имеющиеся на предприятии системы автоматического регулирования, достаточен ли он, нельзя ли повысить уровень эффективности автоматизации. К этому их приводят следующие обстоятельства:

- непрерывно повышающиеся цены на энергетические и материальные ресурсы все более остро ставят задачу их экономии для снижения себестоимости производимой продукции;

- для сохранения конкурентоспособности производимой продукции необходимо все более точно отслеживать ее качество;

- в существующих условиях расширяющегося рынка целесообразно максимально увеличивать производительность предприятия;

- при наличии устойчивого финансового положения предприятия у него стали появляться некоторые ресурсы, которые можно было бы использовать для модернизации или замены систем регулирования, если эти мероприятия реально скажутся на эффективности работы предприятия.

Отсюда стал возникать интерес у некоторых руководителей предприятий к рациональному выбору и к эффективной работе систем регулирования. Соответственно службы автоматики этих предприятий стали приходить к необходимости обследования существующего рынка типовых алгоритмов и программ регулирования и к более внимательному анализу функционирования существующих на предприятии систем автоматического регулирования.

Рассмотрению этих вопросов и посвящена настоящая статья.

## Классы типовых алгоритмов регулирования

Естественно, что *первым, повсеместно распространенным универсальным классом алгоритмов регулирования является класс П, ПИ и, в основном, ПИД регуляторов*. Этот класс алгоритмов регулирования почти без существенных изменений используется в промышленности свыше 60 лет. Он был реализован уже в первых аналоговых электронных регуляторах и перешел, практически без изменений, в цифровые микропроцессорные контроллеры.

Наиболее эффективная область применения регуляторов этого класса наблюдается в тех случаях, когда:

- автоматизируемый ТП подразделяется на ряд достаточно изолированных объектов регулирования, каждый из которых имеет четко выделенную регулируемую величину и соответствующую ей регулирующую величину; при этом влиянием различных контуров регулирования данного процесса друг на друга можно пренебречь;

- с достаточной для практики точностью можно считать характеристики объекта постоянными в интервалах времени между соседними настройками параметров регулятора;

- чистое транспортное запаздывание объекта невелико по сравнению с его постоянной времени (при наиболее частой аппроксимации объекта аperiodическим звеном первого порядка с запаздыванием);

- объект является линейным или нелинейностью его свойств можно пренебречь;

- объект с распределенными параметрами, адекватно описываемый дифференциальными уравнениями в частных производных, может быть аппроксимирован звеном с сосредоточенными параметрами без существенной потери точности.

На базе этого класса алгоритмов, кроме обычных одноконтурных систем стабилизации регулируемой величины (их заданием (уставкой) является постоянная величина), строятся:

- следящие системы (задание которым определяется значением некоторой величины, произвольно изменяющейся во времени);

- системы соотношений (изменение задания одной системе регулирования определяет соответствующее изменение задания другой системе регулирования);

- системы с компенсацией возмущений (на вход регулятора, кроме сигнала обратной связи от регулируемой величины, подается специально преобразованный сигнал от наблюдаемых возмущений, что повышает динамику регулирования и, тем самым, точность стабилизации регулируемой величины);

- каскадные системы регулирования. При значительной инерционности объекта для повышения точности регулирования его выходной величины строится следующая система: выявляется внутри объекта промежуточная величина, коррелированная с регулируемой величиной на выходе объекта и имеющая значительно меньшую инерционность, и ставится регулятор стабилизации промежуточной величины (первый каскад); на его уставку воздействует другой регулятор, который стабилизирует регулируемую величину на выходе объекта (второй каскад).

На практике применение данного класса алгоритмов регулирования значительно шире отмеченной выше области, но их использование за ее пределами требует специальных, значительно более сложных методов настроек параметров регуляторов и снижает эффективность их применения.

Так, при наличии в автоматизируемом ТП ряда взаимно влияющих друг на друга объектов регулирования, когда воздействие на каждый регулирующий орган любой системы регулирования изменяет не только регулируемую величину данного контура, но и существенно сказывается на регулируемых величинах других контуров регулирования, строят специальную многосвязную систему регулирования, состоящую из ряда связанных между собою ПИД регуляторов. Настройка параметров регуляторов в этом случае представляет значительные, на практике достаточно трудно преодолимые трудности, а качество регулирования снижается.

При колебаниях параметров объекта в некоторых заранее известных (и не очень значительных) диапазонах применяют специальную робастную настройку параметров регулятора, которая позволяет ему при этих колебаниях сохранять устойчивость, но несколько терять в качестве стабилизации регулируемой величины.

При наличии в объекте существенного транспортного запаздывания используют различные типы компенсаторов запаздывания или специальный звенолинейный упредитель Смита (предиктор Смита).

Все другие, приведенные ниже, классы универсальных алгоритмов регулирования, имеющие общее наименование "алгоритмы усовершенствованное регулирование" являются существенно более сложными, но и значительно более технически и экономически эффективными.

Естественным развитием класса ПИ и ПИД алгоритмов регулирования является *класс адаптивных ПИ и ПИД регуляторов*, который стал распространяться на предприятиях при появлении контроллеров с вычислительной мощностью, достаточной для реализации объемных задач. Значение автоматической адаптации параметров регуляторов определяется тем, что в реальности не существует ТП, параметры которого оставались

бы постоянными за длительное время его функционирования; а принятое при настройке обычных регуляторов допущение об их постоянстве базируется на том, что обычно изменение параметров объекта происходит хоть и по-разному для разных объектов, но всегда достаточно медленно во времени и поэтому может отслеживаться персоналом и соответственно корректироваться перестройкой параметров регулятора.

Фактически область применения данного класса регуляторов полностью совпадает с областью применения обычных ПИ и ПИД регуляторов, но их применение тем более эффективно, чем менее стабильны параметры объекта во времени.

Существует ряд типов адаптивных ПИ и ПИД регуляторов, различающихся способами определения текущей модели объекта и вычисления параметров регулятора. На практике наибольшее распространение получил активный адаптивный регулятор, который реализует следующую последовательность действий:

- непрерывно вычисляет скользящую текущую дисперсию регулируемой величины. При превышении дисперсией заданного значения выдает сигнал на начало действий по перестройке параметров регулятора;

- для этого на вход объекта подает скачкообразный сигнал или ряд специальных калиброванных сигналов импульсной или синусоидальной формы, амплитуда которых должна быть различима на фоне имеющихся возмущений и в то же время быть настолько малой, чтобы не приводить к существенным колебаниям регулируемой величины;

- измеряет реакцию регулируемой величины на эти входные сигналы и по ним рассчитывает текущую передаточную функцию объекта;

- по заданному алгоритму на основе полученной передаточной функции объекта вычисляет и устанавливает новые параметры регулятора. Обычно расчет производится по критерию минимума средней квадратичной погрешности регулируемой величины при заданном отграничении на запас устойчивости.

Следующим классом адаптивных алгоритмов регулирования существенно более сложным по структуре, но значительно более широким по области применения является *класс адаптивных нейрорегуляторов*.

Областью применения нейрорегуляторов являются объекты со значительным транспортным запаздыванием, нелинейные объекты, комплексы взаимосвязанных объектов.

Сам нейрорегулятор представляет собою нейронную сеть, состоящую из ряда последовательно взаимодействующих слоев (практически один или два слоя), каждый из которых состоит из параллельно действующих нейронов. Каждый нейрон подразделяется на последовательно включенный линейный сумматор и нелинейный преобразователь. Сумматор получает совокупность входных сигналов либо от внешних источников (первый слой сети), либо от нейронов предыдущего слоя сети. Каждый входной сигнал поступает в нейрон со своим весом. Выходной сигнал сумматора по-

ступает на нелинейный преобразователь, выход которого ограничен заданным диапазоном.

Ниже кратко рассмотрен принцип действия нейрорегулятора:

- на входной слой нейронов поступают сигналы рассогласования между рядом последних по времени текущих значений регулируемой величины и ее заданным значением (временной диапазон поступающих сигналов примерно соответствует динамической памяти регулируемой величины);

- эти сигналы преобразуются каждым нейроном в соответствии с его параметрами и с определенными весами направляются в нейроны следующего слоя сети, вплоть до выходного слоя сети;

- выходной слой сети состоит из числа нейронов, соответствующих числу регулирующих органов объекта (в одноконтурной системе регулирования выходной слой состоит из одного нейрона, непосредственно выполняющего управляющее воздействие на объект или на задание обычного ПИД регулятора);

- адаптация нейронной сети состоит в таком изменении от такта к такту весов сигналов, циркулирующих между отдельными нейронами соседних слоев сети, которая обеспечит минимизацию текущей дисперсии регулируемых величин (в одноконтурной системе – минимизацию дисперсии одной регулируемой величины).

Задача определения необходимых для минимизации текущей дисперсии регулируемых величин весов сигналов является задачей оптимизации весов сигналов; эта задача решается одним из известных математических методов. Следует отметить, что поскольку сигналы рассогласования поступают на нейронную сеть каждый такт, подстройка весов сигналов производится непрерывно и регулятор все время следит за изменяющимися характеристиками объекта.

Наиболее экономически и технически эффективным является класс прогнозирующих регуляторов (Predict Controller), использующих предсказание на базе модели объекта. Этот способ регулирования часто обозначается в зарубежной литературе как MPC (Model Predictive Control).

Регуляторы данного класса имеют достаточно широкую область применения по диапазону свойств автоматизируемого объекта, включающую, в частности, нелинейные объекты, объекты со значительным транспортным запаздыванием, объекты с рядом взаимосвязанных регулируемых величин.

Кратко рассмотрим принцип работы прогнозирующего регулятора:

- в регулятор встроена достаточно точная динамическая модель объекта и ему задан критерий оценки стратегии управления (например, минимум текущей дисперсии стабилизируемых величин);

- на каждом такте работы регулятор вводит в модель текущие значения измеренных входных величин и возмущений (в случае, если последние измеряются), а дальше либо решает задачу оптимизации по известной модели и заданному критерию (первый случай); либо, если

модель объекта не позволяет найти аналитическое решение, в быстром масштабе времени перебирает на модели ряд вариантов будущих управляющих воздействий на определенное число тактов, причем их число определяется параметрами динамики объекта (второй случай). Во втором случае по каждому варианту на модели определяются будущие значения регулируемых величин на интервал времени числа промоделированных тактов, по ним вычисляется значение заданного критерия, присущего этому варианту стратегии управления;

- в качестве управляющих воздействий на объект на данном такте в первом случае принимаются воздействия оптимального решения, а во втором случае – воздействия того варианта стратегии, который дал лучшее значение критерия;

- принятые воздействия передаются также на вход модели. Сопоставление полученных после этого выходов модели и объекта за ряд тактов позволяет судить о точности модели и указывает момент необходимости ее адаптации;

- на следующем такте повторяется весь указанный цикл действий, и реализуются вновь полученные управляющие воздействия. Естественно, что для эффективной работы данного регулятора используемая в нем модель должна достаточно точно соответствовать объекту, поэтому в регуляторе имеется специальный блок автоматической адаптации модели.

Регуляторы данного класса обычно применяются на верхнем уровне управления объектом. На нижнем уровне устанавливаются обычные ПИД регуляторы, компенсирующие высокочастотные возмущения, действующие на объект; а прогнозирующие регуляторы воздействуют на уставки этих ПИД регуляторов, реагируя на инерционные возмущения, на смену режима работы объекта, на изменение его свойств.

Внедрение и эксплуатация регуляторов данного класса требует повышенного внимания со стороны обслуживающего персонала. Но для многих достаточно сложных, объемных, энергоемких объектов дополнительные трудовые затраты значительно перекрываются экономическим эффектом от реализуемого регуляторами субоптимального управления объектом.

Последний класс алгоритмов регулирования, который необходимо выделить, так как он расширяет сферу применения автоматического управления и достаточно интенсивно внедряется в практику – это *класс регуляторов на нечеткой логике* (Fuzzy Controller), построенных на базе теории нечетких множеств. Эти регуляторы используют в качестве входных величин неизмеряемые количественные показатели объекта, а его качественно оцениваемые текущие характеристики и параметры.

Соответственно областью применения этого класса регуляторов являются объекты, у которых ряд важных для управления режимных и выходных величин либо не могут быть измерены по техническим причинам, либо вообще не являются измеряемыми, а могут характеризоваться некоторыми качественными признаками.

Действия регулятора на нечеткой логике реализуются правилами типа "если..., то..." над лингвистическими переменными, образующими нечеткие множества. Для формализации качественных обозначений используют некоторую функцию принадлежности нечеткого множества (она может задаваться в виде треугольника или трапеции, или колокола) и экспертным путем (используются знания управляющего персонала) каждому значению лингвистической переменной присваивается степень (вероятность) принадлежности ее к данному нечеткому множеству. Такая операция переводит качественные лингвистические понятия в количественные значения, которые могут преобразовываться логическими правилами. Вначале эти правила строятся на базе физико-химических сведений о ТП, подлежащем регулированию, на учете опыта работы персонала с этим процессом, на анализе логики действий оператора данного процесса. В дальнейшем, в процессе эксплуатации регулятора на нечеткой логике, они адаптируются путем обучения регулятора. Правила реализуются через механизм логического вывода, а вывод преобразуется в управляющее воздействие.

Важно отметить следующие особенности такого способа управления:

- используется вся значимая количественная и качественная информация об автоматизируемом объекте. Для этого количественная измеряемая информация переводится в нечеткую форму и далее перерабатывается регулятором наряду с качественными данными;
- сами логические правила, по которым работает регулятор, могут быть разными для разных условий работы объекта (в том числе при нештатных ситуациях), разных критериев управления, разных требованиях к продукции, что делает управление адаптируемым к текущим характеристикам производства;
- управляющие воздействия такого регулятора могут как непосредственно воздействовать на объект, так и использоваться в качестве надстройки к ПИД регулятору. В этом случае регулятор на нечеткой логике изменяет уставку и/или параметры ПИД регулятора, что позволяет сочетать точность стабилизации ПИД регулятора с гибкой перестройкой его в разных рабочих режимах объекта.

#### **Автоматическое регулирование ТП на российских предприятиях**

Если выше шла речь о том, что принципиально существует в области автоматического регулирования, что уже доведено до типовых алгоритмов и программ, что нашло подтвержденное эффективное применение на практике, то ниже приводится краткий анализ того, как обстоят дела с автоматическим регулированием ТП на российских предприятиях. Этот анализ основан на консалтинговой деятельности автора по автоматизации производства, который проводится им в течение ряда лет на предприятиях многих отраслей промышленности.

подавляющее большинство ТП оснащено необходимыми системами автоматического регулирования.

В качестве алгоритмов повсеместно используются только обычные ПИД регуляторы. Использование усовершенствованных алгоритмов регулирования разных классов носит совершенно исключительный, единичный характер и, пожалуй, пальцев одной руки хватит для перечисления предприятий, постоянно и успешно эксплуатирующих универсальные усовершенствованные алгоритмы регулирования.

Отставив в стороне незначительное пока число предприятий, руководство которых начинает серьезно интересоваться эффективностью систем автоматизации на разных участках производства, рассмотрим пока еще повсеместно распространенную на предприятиях ситуацию с существующим наблюдением за работой эксплуатируемых систем регулирования.

Независимо от используемого алгоритма регулирования, его эффективность эксплуатации определяется рациональными настройками имеющихся у него параметров. Для обычных ПИД регуляторов настройки параметров выполняются специалистами участков автоматики, обслуживающих системы регулирования. Установка наилучших по заданному критерию настроек ПИД регуляторов и, главное, поддержание этих настроек на должном уровне во все время эксплуатации системы регулирования – сравнительно редкая ситуация на предприятиях разных отраслей. Причин такого небрежения к эффективности работы имеющихся систем регулирования множество и любая их часть, наблюдаемая на разных предприятиях, ведет к снижению прибыли от автоматизации производства.

Сформулируем причины недостаточной эффективности работы систем регулирования:

- сложность, большая трудоемкость и недостаточная адекватность практике расчета настройки регулятора в соответствии с теорией автоматического регулирования (это очень ясно и обоснованно показано в статье В.Я. Ротаца [1]) фактически исключает такой расчет для цели ручной настройки в практических ситуациях, а используемая методика ручной настройки базируется, в основном, на экспериментальном подборе параметров регулятора, что требует немало времени у специалиста, а рациональность такого подбора определяется квалификацией этого специалиста;
- практически не ведется никакого наблюдения за реальной эффективностью работающих систем регулирования, за изменением этой эффективности во времени; не выделяется наступление события, когда требуется перенастройка параметров регулятора. Причиной этого является невнимание руководства предприятия к выполнению этих работ или непонимание им важности этих работ: отсутствует любая отчетность по текущей эффективности систем регулирования, нет необходимой регламентации по выполнению этих работ, не существует системы поощрений и штрафов за имеющееся качество работы систем регулирования;
- высокая загруженность персонала участков автоматики другими работами, имеющими по регламенту более высокий приоритет, отодвигает наблюдение за

действующими системами регулирования (если они в рабочем состоянии) на последнее место;

- операторы ТП следят за исправностью средств автоматизации, но не обращают внимания на качество работы регуляторов, поскольку это фактически от них не требуется руководством;

- в силу отсутствия необходимого внимания к этой проблеме со стороны всего персонала предприятия не приобретаются имеющиеся на рынке инструментальные средства, автоматизирующие частично или полностью процесс настройки параметров ПИ и ПИД регуляторов.

Характерным примером такого отношения к эксплуатации систем регулирования является ниже приведенный факт. На ряде предприятий нескольких отраслей было проведено обследование имеющихся у них отчетных данных об эксплуатации систем регулирования. В лучших случаях в отчетах фиксировались данные об общем времени работы систем регулирования, о причинах их отключения, о возникших неисправностях в отдельных средствах контуров регулирования; но нигде не отмечалось существующее качество работы регуляторов (например, средней квадратичной погрешности стабилизации ими регулируемых величин), не анализировалось изменение качества работы регуляторов во времени, не фиксировались моменты настройки и перенастройки параметров регуляторов.

#### Рынок типовых программных средств усовершенствованного регулирования ТП

В ведущих зарубежных странах разработкой новых усовершенствованных универсальных алгоритмов и программ регулирования, которые в западной (а теперь и в нашей) периодике носят название APC (Advanced Process Control), занимаются как специализированные фирмы, так и отдельные департаменты основных производителей ПТК.

Естественно, что крупнейшие зарубежные производители ПТК: ABB, Honeywell, Emerson, Invensys, Siemens, Yokogawa разрабатывают и внедряют в составе своих ПТК алгоритмы APC. Но значительное число разнообразных алгоритмов APC, входящих в состав отдельных ПТК, создано не производителями этих ПТК, а приобретено ими у других фирм.

В ведущих зарубежных странах десятки фирм, специализирующихся на разработке алгоритмов и программ, выпускают, в том числе, программную продукцию классов APC. Среди таких фирм можно выделить следующих производителей программ APC:

- 1.Adaptive Resources;
- 2.Aspentech;
- 3.Bio Comp. System;
- 4.Chemtech;
- 5.Control Soft;
- 6.Cybernetica;
- 7.CyboSoft;
8. Intelligent Optimization Group;
- 9.Knowledge Process Solution;
10. National Instruments;
- 11.Neste Eng.;
- 12.Matrikon;
- 13.Pavilion;
- 14.Perceptive Eng.;
- 15.Protomation;
- 16.Optima Powerware;
- 17.Ronil Tech.;
- 18.Shell Global Solution;
- 19.Sherpa Eng.;
- 20.Universal Dynamics Tech..

По всем отмеченным выше классам усовершенствованных алгоритмов регулирования есть множество

описанных в зарубежных журналах примеров их эффективного применения на предприятиях различных отраслей промышленности.

Отдельно отметим, что программы адаптивных ПИ и ПИД регуляторов разрабатываются и внедряются уже не первое десятилетие и в настоящее время даже входят в состав типового набора программных модулей контроллеров ряда зарубежных производителей; а наиболее эффективные для сложных объектов прогнозирующие контроллеры в одноконтурном и многоконтурном вариантах реализуются, в частности, фирмами Honeywell (контроллер RMPCT), Invensys (контроллер Connoisseur), Emerson (контроллер SMOS, кстати, приобретенный ею у фирмы Shell), Aspen Technology (контроллер DMC), IPCOS Tech. (контроллер INCA).

В России положение с разработкой и выпуском универсальных усовершенствованных алгоритмов регулирования и соответствующих им программных продуктов несколько иное: на рынке практически отсутствуют универсальные усовершенствованные алгоритмы регулирования российских производителей.

Заметим, что в отечественных периодических изданиях публикуется много новых разработок по данной тематике (например, по разработкам адаптивных ПИ и ПИД регуляторов за последние годы в российских журналах опубликованы десятки статей), но ни одна из них не доведена до широко внедряемого промышленного продукта. Данная ситуация выглядит несколько странно, поскольку считается, что российские разработки хорошо и быстро доходят до промышленного вида, если они не связаны с конструкцией и технологией производства разработанных изделий, а получение типового программного продукта как раз относится к такому роду изделий. Возможно, здесь играет роль то обстоятельство, что разработчики новых алгоритмов и программ регулирования не видят, из-за существующей политики в области автоматизации подавляющего большинства российских предприятий, заинтересованности в этой продукции у потенциальных покупателей.

Следует, правда, отметить, что сейчас некоторые отечественные фирмы начинают серьезно работать в этой области, а одна из них выпустила промышленный продукт, частично автоматизирующий работу инженера-настройщика параметров ПИД регулятора [2].

#### Заключение

Обобщая содержание статьи можно указать, что сегодняшнее положение с автоматическим регулированием ТП характеризуется следующими чертами:

- традиционный рынок универсальных алгоритмов регулирования, состоящий из ПИ и ПИД регуляторов, значительно пополнился рядом классов усовершенствованных алгоритмов, которые существенно расширили возможности и эффективность регулирования сложных, многомерных, нелинейных процессов, процессов со значительным транспортным запаздыванием, процессов, часть регулируемых величин которых не может быть выражена в числовом виде;

- вычислительная мощность современных контроллеров вполне достаточна для включения в них программ, реализующих алгоритмы регулирования любых классов;

- на зарубежных предприятиях усовершенствованные алгоритмы регулирования используются уже не первый год и, судя по литературным источникам, являются высоко эффективными, особенно при управлении сложными ТП;

- на подавляющем большинстве российских предприятий усовершенствованные алгоритмы регулирования еще не используются, да и использование обычных ПИ и ПИД регуляторов далеко не всегда эффективно из-за недостаточно рациональной настройки регуляторов;

- основной причиной как недостаточной эффективности имеющихся регуляторов, так и отсутствия интереса к более эффективным усовершенствованным алгоритмам на большинстве российских предприятий является невнимание руководства предприятий к качеству эксплуатации систем автоматизации;

- возможно, что из-за ситуации, изложенной в предыдущем пункте, российские производители алгоритмических и программных средств не уделяют внимание разработке промышленных образцов универсальных усовершенствованных алгоритмов регулирования;

- в последнее время по многим причинам как внешнего порядка (усиление конкуренции), так и внутреннего порядка (приход молодых, более квалифицированных кадров руководства и специалистов по автоматизации) на ряде предприятий отдельных отраслей начинают обращать внимание на существующую эффективность эксплуатируемых систем автоматизации и на возможности повышения этой эффективности. Это дает шанс на постепенное приобщение российских предприятий к прогрессивному использованию новых классов алгоритмов регулирования ТП.

#### Список литературы

1. *Ротач В.Я.* Теория автоматического управления: соответствуют ли ее основные положения действительности? // Промышленные АСУ и контроллеры. 2007. №3.
2. *Варламов И.Г., Серезжин Л.П., Филимонов Б.В.* "Гаечный ключ" для наладчика САР // Там же. 2004. №9.

*Ицкович Эммануил Львович — д-р техн. наук, проф.,*

*зав. лабораторией Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН.*

*Контактный телефон (495) 334-90-21.*

#### 27 апреля 2007 г. компания Rainbow Technologies провела "День Atmel" на выставке "ЭкспоЭлектроника-2007"

В рамках семинара были рассмотрены темы: интегральные микросхемы для бесконтактных систем доступа и мониторинга давления в шинах автомобилей; перспективы развития ИС энергонезависимой памяти; 8-разрядные AVR-микроконтроллеры компании Atmel —технология Pico Power и обзор перспективной продукции; микроконтроллеры компании Atmel с 32-разрядной архитектурой, семейства продуктов на основе ARM и AVR 32.

На семинаре, посвященном автоэлектронике, рассматривались основные направления развития продукции Atmel в данном сегменте рынка и прогнозы развития систем контроля доступа (СА) и контроля давления в шинах (TPMS). Были представлены:

- АТА6285 / АТА6286 интегральные схемы микропередатчика и блока управления для построения систем контроля давления в шинах. Они отличаются простотой схемой включения и работой в автомобильном температурном диапазоне -40...125°C;
- АТА5756 / АТА5657 интегральные схемы для построения систем передачи данных на ультравысоких частотах с улучшенными характеристиками для автомобильного температурного диапазона -40...125°C;
- АТА5745 / АТА5746 интегральные схемы УВЧ приемников с простой схемой включения и улучшенными характеристиками для автомобильного температурного диапазона -40...125°C —идеальные для совместной работы с передатчиками АТА5756, АТА5757;

Большой интерес у специалистов вызвала серия семинаров по микроконтроллерам. Здесь были представлены микроконтроллеры Atmel с 32-разрядной архитектурой семейства AT32UC3A на базе архитектуры AVR32UC. Микроконтроллеры AT32UC3A содержат 128...512 Кб флэш-памяти, 64 Кб SRAM, модуль 10/100 Ethernet MAC, порт USB 2.0 (12 Мбит/с) с функцией On-The-Go (OTG), некоторые модели также включают интерфейс внешней шины для подключения SRAM/SDRAM. Данные микроконтроллеры обеспечивают производительность 80 млн. операций в секунду по методике Dhystone (DMIPS) на та-

ковой частоте 66 МГц и потребляют 40 мА при напряжении питания 3,3В. Семейство микроконтроллеров AT32UC3A ориентировано на применение в коммуникационном оборудовании и встраиваемых системах. Они также идеально подходят для применения в портативных устройствах.

Микроконтроллеры семейств AT91SAM7 и AT91SAM9 на основе 32-разрядного процессора ARM с архитектурой RISC различаются объемами встроенной флэш-памяти и SRAM и различным набором периферийных устройств в зависимости от модели:

- AT91SAM7S —серия микроконтроллеров общего назначения с привлекательной стоимостью и высокой степенью интеграции, что позволяет их использовать в чувствительных к стоимости приложениях с высокой серийностью;
- AT91SAM7X —серия микроконтроллеров с широким числом периферийных устройств, в том числе контроллеры USB, SPI, CAN, Ethernet MAC, аналогово-цифровой преобразователь и др., что позволяет использовать их для гибкого и эффективного по стоимости решения задач встраиваемого управления, требующих защищенной передачи данных по каналу связи, например, проводные сети Ethernet, CAN и беспроводные сети Zigbee;
- AT91SAM7SE —отличительной особенностью данной серии микроконтроллеров является наличие интерфейса внешней шины для подключения памяти SDRAM, CompactFlash, NAND Flash ECC;
- AT91SAM7L —серия микроконтроллеров с пониженным энергопотреблением;
- AT91SAM9 —семейство производительных микроконтроллеров, основанных на ядре ARM926EJ-S с низким энергопотреблением и широким диапазоном встроенных контроллеров периферийных устройств обеспечивают производительность до 210 млн. операций в секунду (MIPS) на таковой частоте 190 МГц. Нацелены на использование в беспроводных портативных системах с высокой пропускной способностью (например, в беспроводных PoS устройствах).

[Http://www.rainbow.msk.ru](http://www.rainbow.msk.ru)