

СЕКЦИЯ 2

НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Среда, 25 апреля 2012 г., ауд.278 (гл. корпус МГТУ).

Начало в 10.00.

Председатель: профессор, д.т.н. Шахнов В.А.

Руководитель экспертной комиссии: профессор, д.т.н. Зинченко Л.А.

Ученый секретарь: Соловьев В.А.

Экспертная комиссия:

К. И.БИЛИБИН, В. Н.ГРИДНЕВ, Л.В.ЖУРАВЛЕВА, Ю.В.ИВАНОВ, Э.Н.КАМЫШНАЯ, Э.В.МЫСЛОВСКИЙ, А.В.ЛАВРОВ, В.В.МАКАРЧУК, В.В.МАРКЕЛОВ, Е.В.ПИРОГОВА, Е.В.РЕЗЧИКОВА, В.В.ШЕРСТНЕВ, А.Е.КУРНОСЕНКО, А.А.КАРПУНИН, В.М.ШКОЛЬНИКОВ, И.А.КОСОЛАПОВ, С.Г.СЕМЕНЦОВ, А.Е.АВЕРЬЯНИХИН.

В рамках работы секции будет осуществлен первый этап конкурсного отбора проектов для участия в конкурсе инновационных проектов МГТУ им.Н.Э.Баумана. Критериями конкурсного отбора участников молодежного научно-инновационного конкурса являются:

1. Уровень инновационности идеи (предложения, метода, способа ...).

1.1. Идея должна быть новой, впервые сформулированной именно самим номинантом. В этом смысле все номинанты равны. Остальные просто не могут быть номинированы на участие в этой программе.

1.2. Уровень наукоемкости тем выше, чем более:

- основательны научные исследования, в результате которых она появилась;

- основательны дальнейшие научные исследования, необходимые для ее реализации.

1.3. Техническая значимость тем выше, чем большее влияние ее реализация окажет на уровень техники. «Пионерные» идеи (изобретения) – пенициллин, лазер, синтез алмазов - открывают новые отрасли науки и техники. Идеальная по инновационности идея неожиданна для рынка. Поэтому она им не может быть сейчас востребована, она сама формирует новую потребность и нишу рынка.

Высокий технический уровень имеют решения, например, многоотраслевого использования.

Оригинальные технические решения дают новые принципы решения известной задачи.

Есть решения, позволяющие решить проблему еще одним, дополнительно к известным, способом. Но и в этом случае, если уже известно 10 способов решения задачи, то новый способ может и не давать существенных преимуществ в решении задачи или давать их только в очень ограниченном по масштабам применения числе случаев.

1.4. Масштабность использования предложения тоже может сильно различаться – от решения локальной задачи одного местного потребителя до ...

1.5. Срок превращения идеи в конечный продукт с выходом его на рынок: новизна, рискованность идеи, объем необходимых научных исследований не позволяют уложиться в 2-3 года, но и не требуют 10-15 лет

1.6. Идея тем актуальней, чем меньше вероятность того, что за 5-7 лет в результате научных исследований появятся и «раскрутятся» до продукта другие более эффективные пути решения задачи.

Победитель сам организует работу по привлечению необходимого финансирования. Инновационная программа МГТУ им.Н.Э.Баумана оказывает ему поддержку на начальном этапе работы над его идеей.

ИЗМЕРЕНИЕ НЕСТАБИЛЬНОСТИ АМПЛИТУДЫ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ИМПУЛЬСОВ

Краснобрыжий Б. В.

Научный руководитель: доцент, к.т.н., Макаrchuk В.В.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, РФ

MEASUREMENT OF THE AMPLITUDE SQUARE-WAVE INSTABILITY

Krasnobryzhiy B.V.

Research advisor: docent, c.e.s., Makarchuk V.V.

Bauman University, Moscow, RF

Аннотация

В данной работе речь идет о разработанном на предприятии ФГУП НПП “Пульсар” способе измерения неустойчивости амплитуды прямоугольных импульсов. Подробно анализировано его схемотехническое и конструкторское решение. Кратко рассмотрены методы, используемые для защиты от электрических помех. В заключении даны рекомендации по верификации устройства, выполненного по данной методике.

Abstract

In this paper, we are talking about developed by the company FSUE NPP "Pulsar" method of measuring the amplitude of the instability of rectangular pulses. Detailed analysis of its schematic and design solution. Briefly reviewed the methods used to protect against electrical interference. Finally, recommendations are given for verifying the device, made by this method.

Введение

Задача определения работоспособности приемо-излучательной радиолокационной аппаратуры сводится к определению доверительной вероятности работы модуля, т.е. вероятности возможности появления ошибок типа “ошибка цели – ложное срабатывание”. Для этого необходимо разрабатывать устройства измеряющие неустойчивость параметров модулей. Данные устройства должны быть портативными, универсальными для определенной группы модулей, иметь минимальные массогабаритные характеристики и потребляемую мощность, а также высокую степень защиты от электронных помех. В радиолокационной аппаратуре неустойчивость амплитуды импульсов является важнейшим показателем качества и надежности электронных СВЧ модулей, особенно в оборонной промышленности. Дополнительной сложностью при разработке устройства измерения неустойчивости является необходимость создания системы для его верификации и тестирования.

ФГУП НПП “Пульсар” является лидером в области разработки и производства полупроводниковой СВЧ, силовых, фото- и микроэлектронных приборов, а также твердотельных сложных функциональных блоков РЭА, создаваемых на их основе для оборонной промышленности РФ. ФГУП НПП “Пульсар”, первое промышленное предприятие полупроводниковой транзисторной электроники, основан в 1953 году. Основные направления деятельности предприятия – разработка нового поколения электронной компонентной базы для твердотельного радиоэлектронного приборостроения, выпуск твердотельной аппаратуры для информационно-вычислительных систем различного назначения. Предприятие имеет соответствующие лицензии и полностью обеспечивает контроль качества продукции в соответствии с действующими стандартами качества.

С целью обеспечения качества выпускаемых СВЧ модулей и в силу отсутствия отечественных разработок в данной области потребовалось возникла необходимость создания устройства измерения неустойчивости амплитуды импульсов для определения пригодности модулей по техническому заданию, а также системы для проверки полученных результатов измерений.

Структурно схему устройства измерителя можно разбить на шесть основных блоков:

- Персональный компьютер с требуемым программным обеспечением.
- Интерфейс связи ПК-микроконтроллер. В данном устройстве используется стандартный интерфейс RS-232, выполненный на основе преобразователя уровней MAX-232 и COM-Port. Данный способ связи обеспечивает достаточную скорость обмена информацией, без увеличения сложности системы.
- Микроконтроллер. В данном устройстве используется микроконтроллер PIC16F873A. Он обладает низкой стоимостью при достаточно высоком быстродействии и надежности.
- Аналого-цифровой преобразователь. АЦП оцифровывает входной аналоговый импульс, передавая его на микроконтроллер в виде двоично-десятичного кода.
- Выборка хранения. Для сохранения мгновенного значения амплитуды входного импульса в устройстве используется микросхема выборки хранения, которая по внешнему стробу выдает измеренный уровень сигнала на АЦП.
- Схема обработки измеряемого импульса. Она содержит набор фильтров, а также компаратор, который сравнивает входной сигнал с заданным уровнем. Это необходимо для защиты устройства от ложных срабатываний.

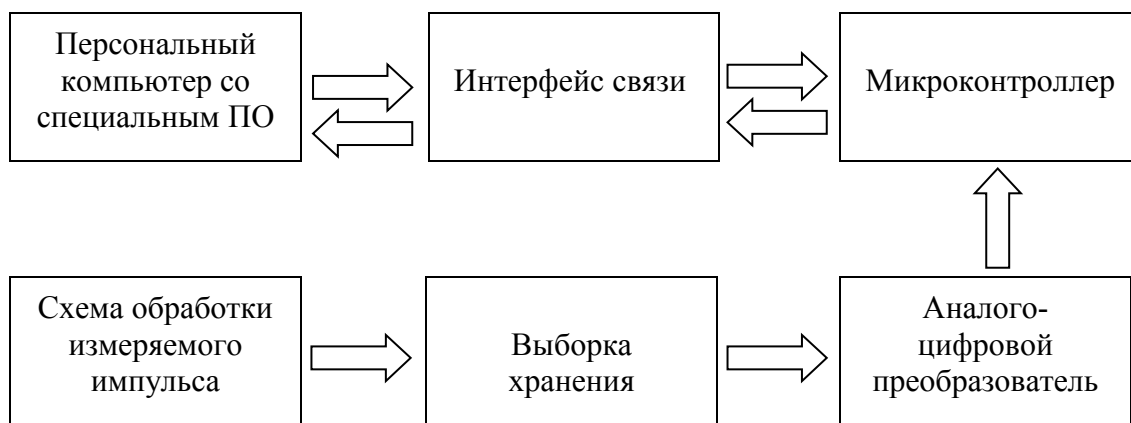


Рисунок 1 – Структурная схема устройства измерителя

Интерфейс программного обеспечения для ПК представлен на рисунке 2. Программа для ПК использует язык программирования Delphi [1] и дополнительный компонент для взаимодействия с COM-Port. Программа для микроконтроллера использует язык программирования Assembler для микроконтроллеров серии PIC16. Для отображения внешнего вида гистограммы и графика распределения в окне программы имеются два компонента TChart. Для их построения можно выбрать соответствующие параметры, такие как максимальное отклонение полученного измерения по горизонтальной оси, минимальная высота обрабатываемого столбца гистограммы, шаг разбиения. Также вводится компонент для отображения многострочных текстовых результатов.

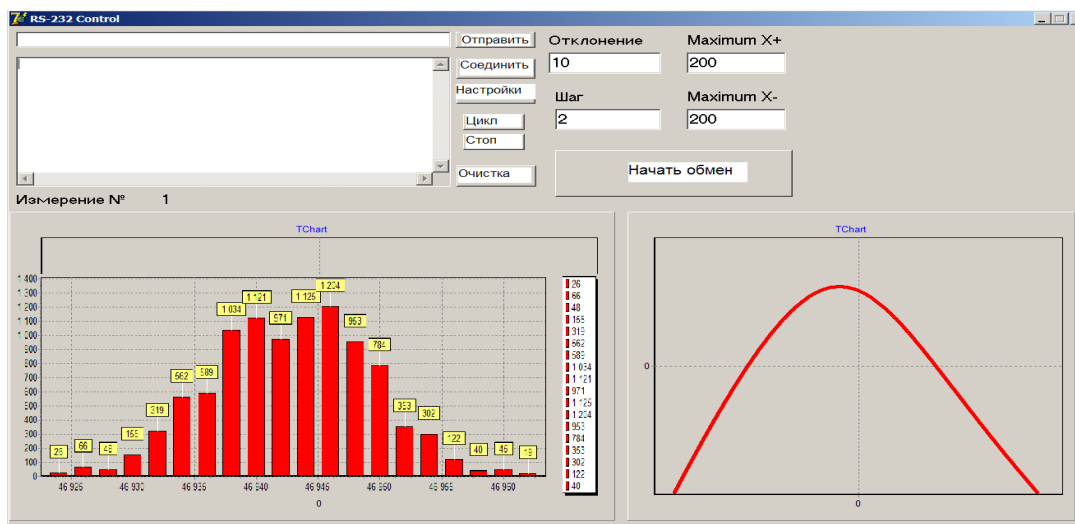


Рисунок 2 – Интерфейс ПО для ПК

Несмотря на то, что измеряемый сигнал не является высокочастотным, необходимо защитить устройство от внешних наводок. Для этого, помимо схемы обработки входного сигнала, применяется экранирование, как наиболее простой и эффективный механизм защиты от электромагнитных излучений. Под экранированием понимается размещение устройства (платы измерителя) в пространственно замкнутых конструкциях.

Выбор числа уровней и материалов экранирования осуществляется с учетом:

- характеристик излучения (тип, частота и мощность);
- требований к уровню излучения;
- наличия или отсутствия других методов защиты от электромагнитных помех;
- минимизации затрат на экранирование;

Исходя из конструкторско-технологических соображений, для экранирования был выбран алюминиевый корпус с выводом на землю. Он обеспечивает достаточную механическую прочность, защиту от помех, имеет невысокую стоимость и хорошо обрабатывается механическими способами.

На основе разработанного устройства измерителя и математической статистики [2] была разработана методика обработки полученных данных [3], которую можно разбить на 2 части:

Часть 1.

- 1) Измерить 256 входных импульсов. Эксперименты показали, что данное количество импульсов обеспечивает достаточную выборку для дальнейшей обработки.
- 2) Каждый измеренный импульс отправить в виде двоично-десятичного кода на ПК.
- 3) Сформировать в ПК массив из полученных измерений.
- 4) Провести тарировку системы, так как АЦП выдает не абсолютное значение амплитуды, а двоично-десятичные коды измерений
- 5) Преобразовать массив измерений в массив разбиений для построения гистограммы распределения и графика распределения
- 6) Нестабильность амплитуды импульсов случайна, она подчиняется закону нормального распределения Гаусса.

Законом нормального (гауссовского) [3] распределения моделируется большинство случайных процессов в природе, в том числе и погрешности измерений. Его широкое распространение связано с тем, что он является предельным законом, к которому приближаются многие другие (например, биномиальный). Доказано, что сумма очень большого числа случайных величин, влияние каждой из которых близко к 0, имеет распределение, близкое к нормальному.

Закон Гаусса: Функция плотности распределения $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$

где μ — среднее значение (математическое ожидание) случайной величины и указывает координату максимума кривой плотности распределения, а σ^2 — дисперсия.

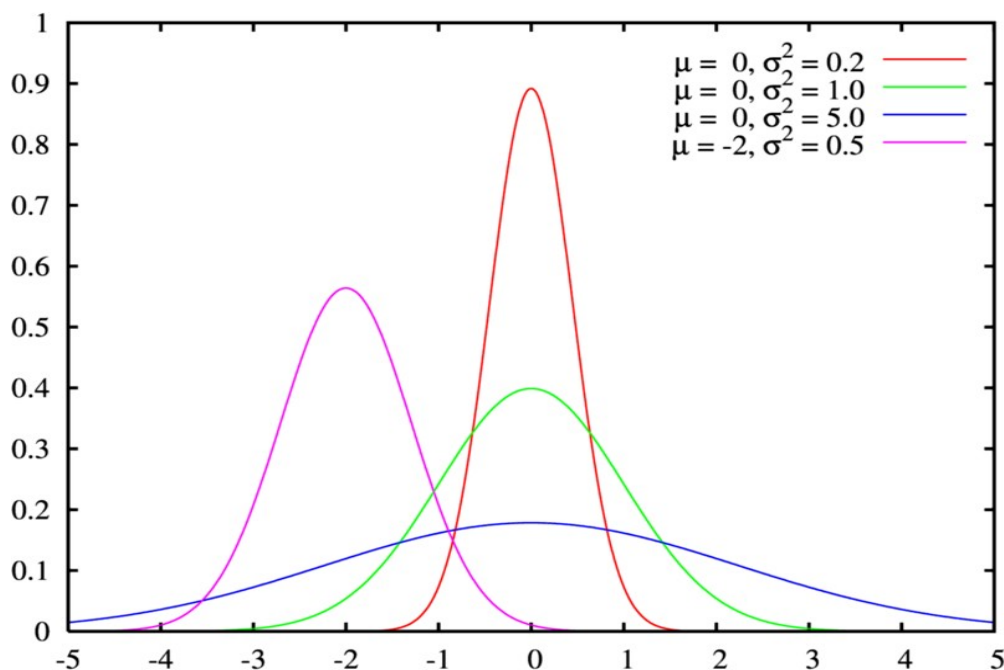


Рисунок 3 – Плотность вероятности при нормальном распределении

Вторая часть обработки результатов основывается на расчете параметров нормального распределения методами теории вероятности:

Часть 2.

- 7) Вычислить математическое ожидание за 256 измерений.
- 8) Определить дисперсию распределения.
- 9) На основе вычисленного математического ожидания и дисперсии построить график и гистограмму распределения.
- 10) Рассчитать среднеквадратичное отклонение в децибелах.
- 11) Определить доверительную вероятность распределения.
- 12) На основе полученных результатов в зависимости от требований технического задания дать заключение о работоспособности модуля.

Так разработанное устройство переносимо и универсально, т.е. может быть использовано на многих модулях, то вопросы технологичности при его изготовлении рассматривать не требуется, так как производство штучное.

Заключительным этапом создания устройства является его поверка и тестирование. Для этого создана поверочная схема, принцип действия которой заключается в следующем: на измеритель подается постоянный сигнал от стабильного источника, а через схему создается переменное смещение на некоторый постоянный уровень. График зависимости амплитуды напряжения от времени представлен на рисунке 4.

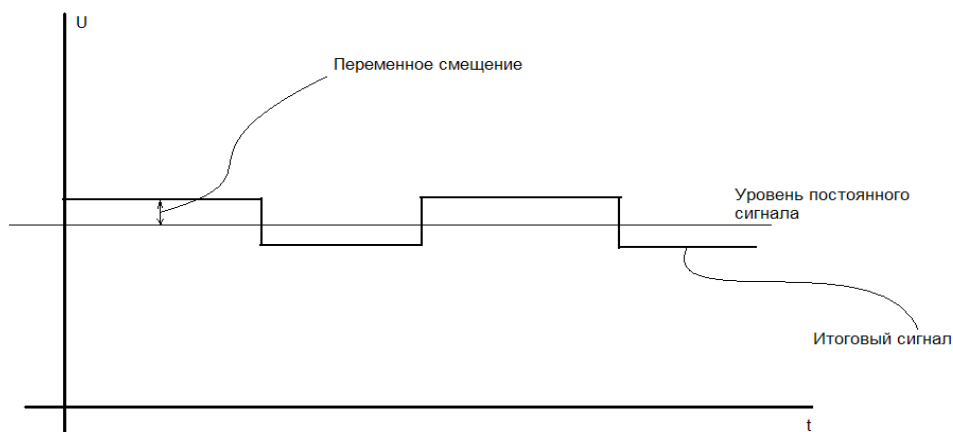


Рисунок 4 – График зависимости напряжения от времени при поверке устройства

В качестве стабильного источника постоянного сигнала используется электролитический аккумулятор. Он обладает высокой мощностью, не подвержен электромагнитным наводкам и выдает стабильный уровень сигнала.

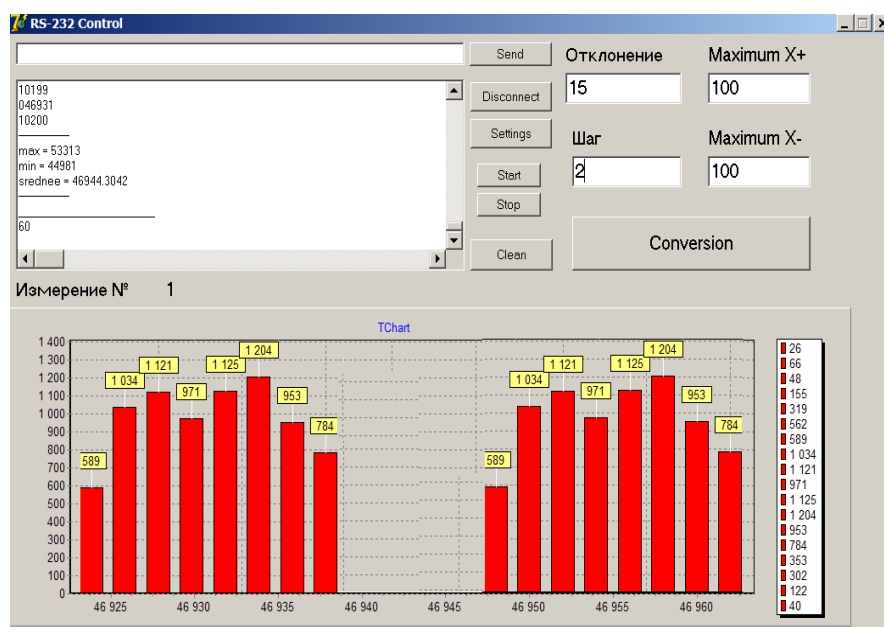


Рисунок 5 – Гистограмма распределения при поверке устройства

Таким образом, зная величину смещения, можно прогнозировать полученные результаты и рассчитывать параметры распределения. Если экспериментальные и расчетные величины совпадают, то устройство признается годным. Гистограмма распределения при поверке представлена на рисунке 5.

Литература

1. В.В. Фаронов. DELPHI Программирование на языке высокого уровня. – Изд. Питер. 2004. – 639 с.
2. В.С. Зарубин, А.П. Крищенко. Математическая статистика. – Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2001. – 424 с.
3. И.К. Волков, С.М. Зуев, Г.М. Цветков. Случайные процессы. – Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана. 1999. – 448 с.
4. В.С. Зарубин, А.П. Крищенко. Теория вероятностей. – Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2004. – 456 с.

ЗАДАЧА ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА

Чистяков М.Г.

Научный руководитель: Юдин А.В.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия

OPTIMIZATION PROBLEM OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEM: DEFINING OF BOUNDARY MOVEMENT MODES FOR MOBILE ROBOT

Chistyakov M.G.

Supervisor: Yudin A.V.

MSTU named after N.E. Bauman, IU4 department, Moscow, Russia

Аннотация

В статье приведены результаты анализа предельных режимов движения мобильного робота, с учетом его механических особенностей, проведен расчет и сформулирован критерий для выбора оптимальной скорости движения мобильного робота, рассмотрен критический случай движения, при котором возможно опрокидывание робота, и пути предотвращения этого. Рассмотрены приложения результатов работы.

Abstract

In this article are presented the results of the analysis of the limiting regimes of motion of mobile robot based on its mechanical characteristics, calculated and formulated a criterion for selecting the optimal speed of mobile robot, provided a critical case of motion in which the robot can rollover, and ways to prevent this. Applications of the results are considered.

Введение

Задача построения достаточно простой и при этом адекватной модели движения в задачах автоматизированного или автоматического механического (физического) перемещения объектов является интересной и актуальной задачей не только с точки зрения обучения студентов, но и с точки зрения современной промышленности и науки.

Джордж Бокс, известный британский статистик, внесший заметный вклад в такие области как контроль качества, анализ временных рядов и Байесовский вывод, писал о моделях следующее: «В сущности, все модели не правильные ... но некоторые полезны...». Модели действительно могут быть очень сложны, но, в сущности, задача инженера сводится к правильному использованию только тех параметров модели, которые действительно важны для решения поставленной задачи. И если взять задачу движения (или навигации) мобильного робота в соревнованиях Евробот [1], которая достаточно сложна и во многом повторяет постановку более сложных и современных задач движения автономных автомобилей [2], то мы увидим, что робот обладает практически бесконечным набором параметров, которые можно учитывать в модели движения.

Например, научный интерес имеет рассмотрение влияния деформируемости колес на динамику робота [3]. Предлагаемая авторами модель деформируемого колеса позволяет строить более точное управление транспортным средством, но общее количество параметров, которые участвуют в формировании управления, значительно вырастает в сравнении с традиционным рассмотрением моделей с твердыми и недеформируемыми колесами. Кроме того, необходимо учитывать ряд ограничений, которые могут возникнуть при аппаратной реализации подобной системы управления: скоростные ограничения на вращение колеса (одна из моделей, рассматриваемая авторами, например, имеет ограничение на скорость движения транспортного средства порядка 120 км/ч, после которого модель перестает давать точные результаты), принципиальная невозможность на данном уровне техники померить необходимые для модели величины деформаций колеса и, наконец, слишком большое количество параметров, которое не позволяет строить управление в реальном времени.

Вследствие вышесказанного, разработка систем управления движением мобильными роботами является в некотором смысле искусством, когда точность модели необходимо сопрячь с возможностями аппаратной части (т.е., по Боксу, сделать модель «полезной»).

Данная статья является продолжением работы авторов, начатой в [4] и посвященной формированию траекторий движения мобильного робота. В этой статье делается попытка дополнить уже полученные результаты анализом предельных режимов движения мобильного робота с учетом его механических особенностей. В будущем это позволит построить модель оптимальной (достаточно простой) системы автоматического управления движением для мобильных роботов в соревнованиях Евробот.

Постановка задачи

В соревновании, как и в жизни, любое перемещение робота желательно выполнять быстро и точно. Для этого любое перемещение необходимо совершать на высоких скоростях. При таком движении возникает вероятность допустить ошибку позиционирования или нарушения траектории. В результате чего возникает противоречие: возможно либо быстрое передвижение, при котором траектория сохраняется слабо, либо сохранение траектории при малой скорости движения, а значит с большей затратой времени, что в некоторых случаях просто недопустимо. Поэтому необходимо найти оптимальное соотношение между временем, затраченным на прохождение поворота, и точностью соблюдения траектории поворота.

Далее устойчивостью будем называть способность робота сохранять заданную скорость и направление движения под действием возмущающих воздействий и ошибок измерения.

Таким образом, задача статьи сводится к выявлению оптимальной скорости прохождения поворота роботом и составление аналитического выражения для её вычисления.

Для выявления проблемных мест на траектории рассмотрим один из типовых режимов движения на примере вариантов движений в соревнованиях Евробот. На рисунке 1 показаны два типа основных движений.

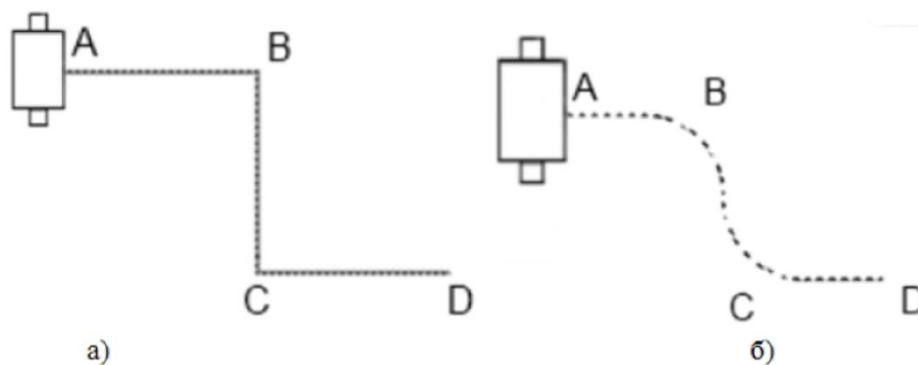


Рисунок 1 - Возможные траектории изменения движения

В обоих случаях роботу необходимо проехать из точки А через точки В и С в точку D, где ему нужно остановиться. При этом возможны два случая исполнения данного действия. В первом случае (рис. 1а) робот доезжает до точки В, останавливается, после чего разворачивается и едет в точку С, где совершает аналогичные действия и перемещается в точку D, в которой ему необходимо остановиться. В данном случае накапливается ошибка при каждом торможении. Она возникает из-за дискретности датчиков оборотов колес, так как при торможении колесо не полностью совершает оборот. Во втором случае (рис. 1б) поворот в точках В и С происходит на скорости. При этом исключается ошибка, возникающая при торможении в т. В и С, но возникает возможность ошибки из-за заноса робота, т.к. поворот выполняется на скорости. Причем при движении с увеличением

скорости робота скорость прохождения поворота растет, что ведет к большому различию между задаваемой траекторией и реальной.

Необходимо определить максимальную скорость движения в каждый момент времени, при которой траектории бы различались на допустимую погрешность (ошибку).

Для решения данной задачи рассмотрим двухколесный робот 3 (рис.2) с расстоянием между колесами $1,2 L$ и центром масс, находящимся на оси симметрии и расположенным на высоте h_c , который поворачивает без снижения скорости с радиусом поворота R .

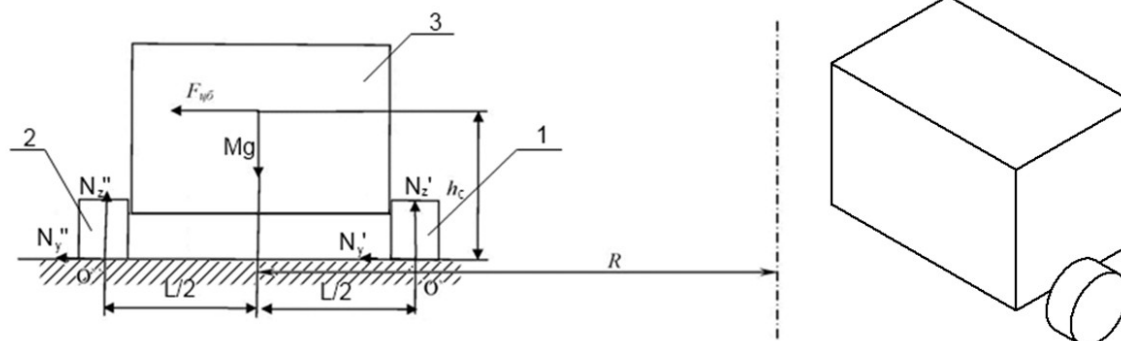


Рисунок 2 – Силы, действующие на робот при повороте (вид спереди)

На него действуют в этот момент следующие силы: $F_{цб}$ - центробежная сила, которая стремится «вытолкнуть» из поворота робота, N'_y и N''_y - поперечных реакции колес, N'_z и N''_z - продольные реакции колес, Mg - вес всей конструкции робота.

Занос робота

Занос возникает при начале скольжения колеса перпендикулярно направлению движения. Это происходит, если центробежная сила равна сумме поперечных реакций колес (1):

$$F_{цб} = N'_y + N''_y. \quad (1)$$

С другой стороны, центробежная сила также равна (2):

$$F_{цб} = M \cdot \frac{V^2}{R}, \quad (2)$$

где V - скорость центра масс робота (рис. 2), она равна (3):

$$V = \frac{V'' + V'}{2}. \quad (3)$$

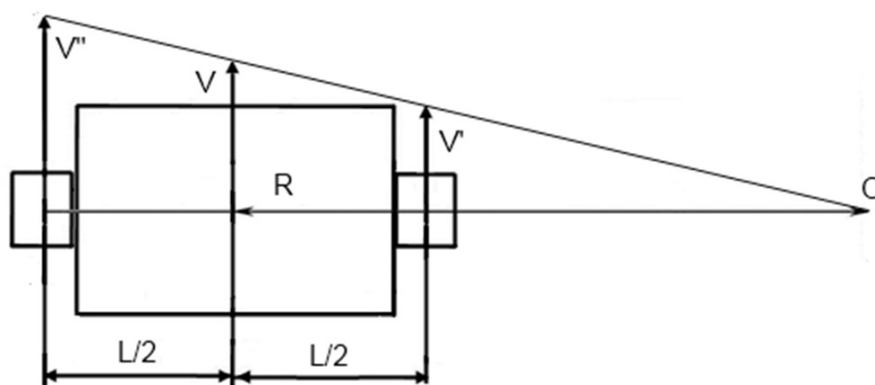


Рисунок 3 - Скорости точек робота при повороте (вид сверху)

При этом V' и V'' соответственно линейные скорости колеса, равны (4) и (5):

$$V' = \omega \cdot R', \quad (4)$$

$$V'' = \omega \cdot R'' = \omega \cdot (R' + L). \quad (5)$$

Выразим параметры поворота (угловую скорость ω и радиус R) через линейные скорости V'' и V' (рис. 3). Тогда угловая скорость поворота равна (6):

$$\omega = \frac{V'' - V'}{L}. \quad (6)$$

Радиус поворота определяется как (7):

$$R = \frac{L}{2} \cdot \frac{V'' + V'}{V'' - V'}. \quad (7)$$

Также известно, что поперечные реакции колес равны соответственно (8) и (9):

$$N'_y = N'_z \cdot \varphi_y \quad (8) \quad \text{и} \quad N''_y = N''_z \cdot \varphi_y \quad (9),$$

где φ_y - коэффициент поперечного сцепления колеса с поверхностью. Он показывает зависимость перераспределения нагрузки по колесу при движении в повороте. Этот коэффициент зависит от материала и конструкции колеса, поверхности (конструкции, состояния), скорости. На сухой поверхности φ_y обычно в пределах от 0,45 до 0,75.

Сумма вертикальных реакций равна весу робота (10):

$$N'_z + N''_z = Mg. \quad (10)$$

Подставляя выражения (8) и (9) в (10):

$$N'_y + N''_y = (N'_z + N''_z) \cdot \varphi_y = Mg \cdot \varphi_y. \quad (11)$$

Учитывая выражение (1), (2) и (12) получим:

$$M \cdot \frac{V^2}{R} = Mg \cdot \varphi_y. \quad (12)$$

Откуда следует, что критическая скорость заноса равна (13):

$$V_{\text{критическая}}^{\text{занос}} = \sqrt{\varphi_y \cdot g \cdot R}. \quad (13)$$

Подставив в уравнение (13) соотношения (3) и (7), после преобразования получим (14):

$$V''^2 - V'^2 = \varphi_y \cdot g. \quad (14)$$

Из последнего выражения (14) следует, что заноса не будет при выполнении условия (15):

$$V''^2 - V'^2 \leq \varphi_y \cdot g. \quad (15)$$

Из этого следует, что при задании угла поворота через разницу скоростей колес (7) необходимо всегда проверять подобранные скорости на критерий заноса (15).

Опрокидывание робота на бок при повороте

Известно, что условие опрокидывания робота: $N'_z = 0$, при постоянной угловой скорости поворота $\omega = \text{const}$.

Для этого сумма моментов относительно O'' должна быть равна нулю:

$$N'_z \cdot L + M \cdot \frac{V^2}{R} \cdot h_c - Mg \cdot \frac{L}{2} = 0, \quad (16)$$

откуда вертикальная реакция равна (17)

$$N'_z = \frac{Mg}{L} \left(\frac{L}{2} - \frac{V^2}{g \cdot R} \cdot h_c \right) = 0. \quad (17)$$

Из этого (17) следует:

$$\frac{L}{2} = \frac{V^2}{g \cdot R} \cdot h_c. \quad (18)$$

Перегруппировав (18), получим:

$$\frac{g \cdot L}{2 \cdot h_c} = \left(\frac{V^2}{R} \right)_{\text{опр}}. \quad (19)$$

Откуда критическая скорость опрокидывания равна (20):

$$V_{\text{критическая}}^{\text{опрокидывания}} = \sqrt{\frac{g \cdot L \cdot R}{2 \cdot h_c}}. \quad (20)$$

Для того чтобы робот не переворачивался, необходимо выполнить условие (21):

$$\left(\frac{V^2}{R} \right)_{\text{опр}} > \left(\frac{V^2}{R} \right)_{\text{занос}}, \quad (21)$$

откуда после подстановки (13) и (19) и после сокращения получается (22):

$$\frac{L}{2 \cdot h_c} > \varphi_y. \quad (22)$$

При анализе последнего выражения (22) следует отметить, что для того, чтобы робот не переворачивался, необходимо, чтобы центр масс робота находился как можно ниже и ближе к оси симметрии робота.

Предлагаемый типовой алгоритм оптимизации системы управления

На рис. 4 представлен пример алгоритма для выполнения проверки при движении робота. Алгоритм дает возможность при приближении к повороту подобрать оптимальную скорость его прохождения. Для этого на начальной стадии в зависимости от профиля колес и состояния поверхности движения выбирается коэффициент бокового сцепления колеса с поверхностью φ . Далее происходит получение основных параметров поворота: радиуса R и угловой скорости ω . После чего происходит расчёт линейных радиальных скоростей колес, которые потом проверяются по условию. Если они не удовлетворяют условию, то необходимо снизить заданную угловую скорость поворота.

Рассмотрим расчет по заданному алгоритму. Возьмём для примера габариты робота с шириной $L=0.3\text{м}$ и коэффициентом сцепления $\varphi = 0.6$. Для поворота необходима угловая скорость $\omega = 6,6 \frac{1}{\text{с}}$ и радиус поворота $R=0,3 \text{ м}$. Согласно этому линейные скорости колес равны соответственно $3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ и $1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; проверяя соотношение (15) получаем, что $8 \leq 6$ - неверно. Поэтому необходимо изменение характеристик поворота: угловая скорость $\omega = 3,3 \frac{1}{\text{с}}$ и радиус поворота $R=0,45 \text{ м}$. Из этого следует, что линейные скорости колес равны $2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ и $1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Повторно проверяем условие и получаем, что $3 \leq 6$ - верно. Из чего следует, что при данных скоростях можно совершить поворот без заноса.



Рисунок 4 – Алгоритм для реализации расчётов

Выводы

Для того чтобы робот меньше уходил в занос, возможно несколько механизмов, например, выбор профиля колеса оптимальной толщины и конструкции или снижение заноса за счет наклона колес. Оба этих метода ведут к увеличению коэффициента поперечного сцепления колеса с поверхностью, но усложняют конструкцию, поэтому их применение целесообразно при требованиях большой точности.

Соотношение (22) необходимо для выбора оптимальной конструкции мобильного робота и его колес. Полученные в результате формулы (13), (15) необходимы для проверки каждой точки траектории при различных контролируемых параметрах и для предотвращения заноса. Их целесообразно использовать для корректировки уже полученной траектории и скорости движения, для определения мест возможных заносов.

Проведенные расчеты позволяют снизить время передвижения за счет использования максимальных допустимых скоростей при повороте. Данные соотношения необходимы для построения оптимальной траектории движения мобильного робота. В будущем авторы планируют продолжить работу в сторону построения единой модели оптимальной (достаточно простой) системы автоматического управления движением, учитывающей специфику мобильных роботов соревнований Евробот.

Литература

1. Молодежные соревнования мобильных автономных роботов Евробот. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.eurobot.org>, <http://www.eurobot-russia.ru> — Проверено 31.01.2012.
2. John Markoff Google Cars Drive Themselves, in Traffic, The New York Times, Oct 10, 2010
3. А. Я. Красинский, Д.Р.Каюмова О влиянии деформируемости колес на динамику робота с дифференциальным приводом // Нелинейная динамика. 2011. Т. 7. № 4 (Мобильные роботы). С. 803–822. Полнотекстовая версия в свободном доступе: <http://nd.ics.org.ru>
4. Чистяков М.Г., Юдин А.В. Расчет траектории мобильного робота в частной задаче перемещения объектов // Сборник научных трудов. 13-ая Молодежная научно-техническая конференция "Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы 2011". - Москва. 27-28 апреля 2011 г.- С.310-313
5. А. Ш. Хусаинов, В. В. Селифонов / Теория автомобиля. Конспект лекций –Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 121 с.
6. А.В. Чигарев, Ю.В. Чигарев. / Курс теоретической механики : учеб. пособие — Минск: Новое знание ; М.: ЦУПЛ, 2010. — 399 с.
7. А.Е.Аверьянихин, А.И.Власов, Л.В.Журавлева, и др. / Применение положений технического регламента для оформления конструкторско-технологической документации при выполнении домашних заданий, курсовых работ и проектов - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. - 53 с.

СОВРЕМЕННЫЕ НЕЙРОКОНТРОЛЛЕРЫ: ОБЗОР РЕШЕНИЙ И АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Макаренков В. М., Азябин С. В., Говердовский А. Д.
Научный руководитель: Юдин А.В.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, Москва, Россия

MODERN NEUROCONTROLLERS: SOLUTIONS OVERVIEW AND ANALISYS OF CAPABILITIES FOR APPLICATIONS IN INTELLECTUAL SYSTEMS

Makarenkov V.M., Azyabin S.V., Goverdovskiy A.D.
Supervisor: Yudin A.V.
BMSTU, Moscow, Russia

Аннотация

В статье рассматривается понятие о нейроконтроллере, типы нейроконтроллеров и их устройство. Проведен анализ некоторых существующих нейроконтроллеров, принципов их реализации и возможностей. Также представлены наиболее интересные с точки зрения авторов области применения нейроконтроллеров. В заключение приведены пути дальнейшего развития работы.

Abstract

This article examines the concept, types, structure, fields of application of neurocontrollers. Analysis of existing neurocontrollers, principles of implementation and their potential is provided. Further ways of the work's development are given in the conclusion.

Введение

Рост объемов информации и необходимых скоростей работы с нею толкает разработчиков на разработку новых вычислительных устройств. И если на заре компьютерных систем вычисления производились только последовательно, а новые разработки были направлены только на увеличение тактовых частот работы систем, то сегодня мы наблюдаем тенденцию к усложнению самой структуры систем, в которую включаются элементы параллельной архитектуры.

Параллельные вычисления естественным образом повторяют природный подход к обработке информации, известным нам венцом которого является человеческий мозг. Тема нейронных сетей, которая включает принципы функционирования искусственных систем обработки информации похожие на принципы функционирования мозга, не нова. Ею занимались ученые физиологи, математики и психологи еще тогда, когда удовлетворительных вычислительных средств как таковых не существовало. Среди пионеров можно назвать Минского, Пайперта, Мак-Каллока, Питтса, Розенблатта и многих других. Одной из интересных работ можно назвать книгу авторов Нормана и Линдси «Переработка информации у человека» [1].

Не останавливаются исследования нейронных сетей и сегодня, в том числе и в нашей стране [2]. К сожалению, пока широкого распространения результаты этой работы не получили, но развиваются и другие области инженерных наук. Сегодня ищет становления наука мехатроника. Мехатроника, как и робототехника – это высоко интегрированные и объединяющие предметы уже недалекого будущего [3].

В свете вышесказанного, авторы данной работы делают попытку оценить существующий на сегодняшний день технический уровень реализации нейронных сетей, как перспективного направления развития систем управления недалекого будущего, а также определить технические направления, в которых целесообразно вести разработку электронных устройств управления, основанных на принципе работы нейронных сетей.

Понятие о нейроконтроллере

Нейроконтроллер (англ. neurocontroller) – средство (аппаратное или программное) интеллектуального управления, использующее искусственные нейронные сети (ИНС). ИНС представляют собой устройства параллельных вычислений, состоящие из множества взаимодействующих простых процессоров (нейронов). На рис.1 пояснены, ставшие уже классическими, базовые элементы и понятия теории нейронных сетей.

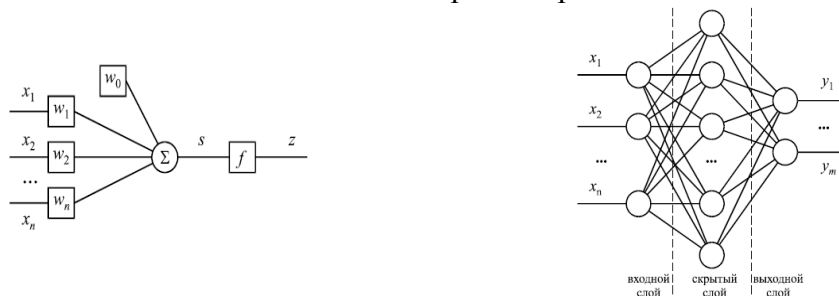


Рисунок 1 –Классическая модель нейрона (слева) и типичная нейронная сеть (справа)

Принцип работы простейшей нейронной сети (рис.1) следующий: ИНС воспринимает вектор входных сигналов $x=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ и формирует сигнал $z=(z_1, z_2, \dots, z_m)$ на нейронах скрытого слоя. Вектор выходов нейронной сети $y=(y_1, y_2, \dots, y_m)$ снимается с выходного слоя. При работе с сетью различают два принципиально различных режима – обучение и работа. При обучении нейронной сети на ее вход подается некоторый тренировочный вектор входных сигналов, а значения весов связей w_i и сдвигов w_0 нейронов скрытого и выходного слоев варьируются до тех пор, пока сеть не научится отображать некоторый набор N тренировочных входных векторов в набор желаемых выходов.

Нейроконтроллер на матричном многоядерном процессоре SEAForth40

Процессор SEAForth40 [4] – это массив из 40 одинаковых (кроме периферийных, имеющих дополнительные устройства ввода-вывода) вычислительных узлов (ядер), каждый со своим хранилищем программ и данных, тактируется собственным тактовым генератором, что позволяет проектировать на основе SEAForth40 полностью асинхронные системы обработки данных. Ядро имеет стек данных и возвратов глубиной 10 слов, ОЗУ и ПЗУ объемом 64 слова. Передача данных происходит автоматически между соседними ядрами через общий порт. Система команд ядра, VentureForth, содержит 32 команды (5 бит), что позволяет в одно машинное слово (18 разрядов) «упаковать» до четырех команд (команду можно ограничить 4 битами). Время выполнения команд от 1 до 4 нс. Тактовая частота процессора 1ГГц [5].

Возможны три варианта реализации нейронной сети на ядре процессора:

1. Ядро - нейрон с i входами. При размещении весов на стеке реализуются 7-8 связей (коэффициенты 16-18ти разрядные). Количество связей при размещении весов в оперативной памяти зависит от сложности алгоритмов вычисления нейрона и от разрядности весов. В общем – 10-20 связей. Входной вектор записывается в ОЗУ ядра или поступает последовательно через один из портов. Весь процессор загружен выполнением расчетов, и максимум может представлять сеть из 40 нейронов. Эта реализация позволяет реализовать многослойную сеть, то есть в заданные промежутки времени процессор представляет собой определенный слой нейронной сети. Для многослойной сети пути передачи данных - уникальны, слова, их реализующие, соответствующим образом модифицируются.

2. Ядро - слой ИНС. Большая сеть (много слоев и нейронов в слое). Межслойные связи и движение потока данных могут быть уникальны. Свободные ядра вместе с ядрами, отработавшими слой, могут конфигурироваться для решения иных задач. Недостаток схемы

- большие временные задержки при вычислении выхода слоя и затраты памяти на хранение коэффициентов и входного вектора.

3. Нейрон вычисляется на большинстве ядер процессора, остальные ядра могут представлять собой конвейер, по которому движется поток данных: весовые коэффициенты, входные и выходные вектора. Часть ядер отвечает за синаптические связи (в зависимости от числа синапсов нейрона таких связей может быть до 15), есть ядра (ядро) которые суммируют и накапливают результат, и есть ядра (ядро), которые вычисляют передаточную функцию нейрона. К преимуществам данной схемы стоит отнести постоянную загруженность процессорных ядер, что очевидно обеспечивает разумное использование вычислительных ресурсов.

Нейроконтроллер на базе системы CNAPS

CNAPS (система связанных сетей адаптированных процессоров) – коммерчески доступный мультипроцессорный чип. CNAPS оптимизирован для решения задач обработки сигналов и распознавания образов [6].

Система основана на SIMD (одинокный поток команд, множественный поток данных) архитектуре, т.е. каждый процессорный узел (ПУ) обрабатывает свою часть информации, но все активные ПУ выполняют одну общую команду. Каждый ПУ это процессор с фиксированной запятой, обладающий собственной встроенной памятью, регистрами и блоком адресации памяти. В нем также есть умножитель, вычитатель (32 бита), сдвигатель/логический блок и используется арифметика с фиксированной запятой, дополнительным кодом.

Несколько ПУ могут быть соединены друг с другом и с CSC через три глобальные шины: шину соединения, шину ввода и шину вывода. Каждый ПУ также соединен с соседями двумя 2-х битными шинами. ПУ имеют собственную память в 4КБ и могут выполнять 1-, 9-, или 16- битную целочисленную арифметику. Тактовая частота – 20МГц, операция умножения-сложения может выполняться за один такт. Чип CSC ASIC контролирует операции массива ПУ, передает информацию на шину ввода и снимает данные с шины вывода.

Данная система (см. рис.2) справляется с задачами обработки сигналов и распознавания изображений в 10-15 раз быстрее, чем ПК с процессором Pentium 90МГц. Еще одним преимуществом CNAPS является то, что это платформа с инструментарием для разработки приложений и с возможностью добавления алгоритмов пост-обработки (FFT, BP[7], DDA/RBF[12]). Также важным преимуществом является то, что возможно добавление платы расширения, которая может содержать другие специфичные схемы.

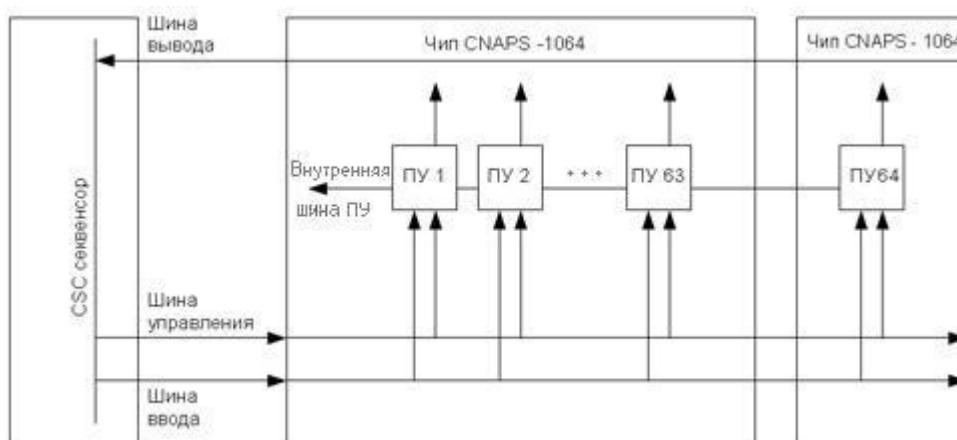


Рисунок 2 – Архитектура CNAPS

Применение нейроконтроллеров, задачи управления устройствами

Это самая естественная область применения нейроконтроллеров. Из множества статей, написанных по данной теме, видно, что решения на основе нейросетей часто более эффективны, нежели классические методы. Очень важным преимуществом нейроконтроллеров здесь является обеспечение устойчивости системы к нежелательным нелинейным эффектам.

Рассмотрим пример использования нейроконтроллера для балансировки перевернутого маятника [13], общая структура управляющей системы показана на рис.3. Более точно, задача заключается в минимизации угла отклонения маятника от вертикального положения.

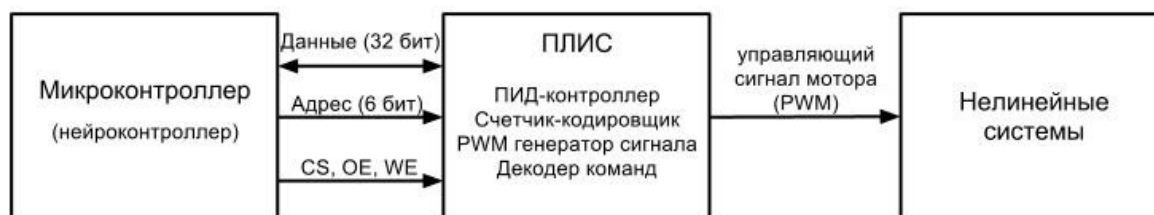


Рисунок 3 – Общая структура управляющей системы

Нейросеть добавлена как дополнительный контроллер, компенсирующий изменения в системе (обучение происходит в процессе работы постоянно), в нем используется обычная трехслойная нейронная сеть, работающая по алгоритму обратного распространения ошибки. Нейроконтроллер сделан на основе коммерчески доступного RISC-процессора (ARM от Samsung, 32 bit, 66 MHz). Взаимодействие ARM-процессора с ПИД-контроллерами на FPGA ведется с помощью 32-битной шины данных. В каждый момент считывания входных сигналов нейроконтроллер должен передать компенсирующие значения на FPGA, чтобы они были переданы как поправки к выходному значению ПИД-контроллеров.

В результате была достигнута точность контроля угла отклонения маятника в 0,015 радиан. Такая комбинация (нейроконтроллер на основе МК + FPGA, см. рис.4) оказалась достаточно дешевой для реального использования.

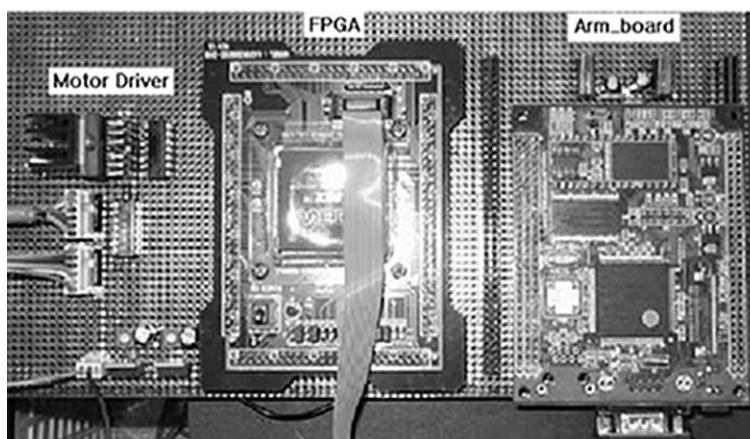


Рисунок 4 – Пример реализации интеллектуальной системы управления

Кроме того, с помощью нейроконтроллера может быть решена также важная задача управления электроприводом. Подробно эта тема рассмотрена в статье [14].

Применение нейроконтроллеров, оптимизация сетей связи

Нейроконтроллер можно использовать и для решения различных сетевых задач (имеются в виду транспортные сети), например, задачи маршрутизации.

Маршрутизация - процесс определения оптимального по тому или иному параметру (например, по времени) маршрута следования информации в сетях связи.

Применение нейроконтроллера для решения данной задачи может дать лучшую производительность по сравнению с классическими алгоритмами. Подробно этот вопрос рассмотрен в статье [8].

Заключение

Искусственные нейронные сети, ставшие впервые предметом интереса инженеров около 50 лет назад, до сих пор остаются предметом исследований. Пока что они бесконечно далеки по своим возможностям от невероятно мощной биологической нейронной сети – человеческого мозга. Тем не менее, использование нейросетей, в частности, в виде нейроконтроллеров, иногда является весьма эффективным решением. Наиболее часто нейроконтроллеры используются в задачах управления и автоматического регулирования работы различных устройств, но их область применения не ограничена данными проблемами.

С одной стороны, методы применения нейросетей на данный момент довольно хорошо развиты и известны. В нашей статье были рассмотрены некоторые из них. Но остается главная загадка, которая толкает исследователей на новые шаги в исследованиях по искусственным нейронным сетям – загадка работы человеческого мозга.

Данный обзор позволил авторам описать некоторые современные разработки в области нейронных сетей, а также обосновать необходимость проведения дальнейших исследований в этой области. Дальнейшее рассмотрение вопроса планируется строить вокруг таких актуальных приложений как интеллектуальное управление движением мехатронных устройств, локализация объектов в трехмерном пространстве и распознавание изображений. Интересным и доступным с точки зрения аппаратной реализации решением для всех описанных приложений видится ПЛИС.

Литература

1. П.Линдсей, Д.Норман Переработка информации у человека. / Пер. с англ. под ред. А.Р.Лурия – М.: Мир, 1974. – 550 с.: ил.
2. Галушкин А.И., Симоров С.Н. Нейросетевые технологии в России (1982-2010). – М.: Горячая линия-Телеком, 2011. – 316 с.: ил.
3. The Strategic Research Agenda for Robotics in Europe, 07/2009. – Электронный ресурс. Режим доступа: http://www.robotics-platform.eu/cms/upload/SRA/2010-06_SRA_A4_low.pdf. - Проверено: 15.02.2011.
4. А. С. Анисимов, А. В. Калачев Реализация ИНС на матричном многоядерном процессоре SEAforth40 // Журнал радиоэлектроники . – 2010, № 9.
5. Знакомство с масштабируемым процессором SeaForth-S40C18. / Официальный сайт IntellaSys – Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.IntellaSys.net> – Проверено 02.02.2012.
6. J.M.Kinser, T.Lindblad Implementation of Pulse-Coupled Neural Networks in a CNAPS Environment // IEEE Transactions on Neural Networks. – 1999.
7. J.C.Browne High Speed Image Information Extraction Using Semiconductor Based Neural Networks. –Oslo: SINTEF and University of Oslo, 1996.
8. Л.Г. Комарцова, Ю. Н. Лавренков Решение задачи маршрутизации на основе нейросетевых и иммунологических алгоритмов // ISBN 978-5-7262-1375-0. Нейроинформатика – 2011. Часть 1. – с. 114-123
9. А.Е. Аверьянихин, А.И. Власов, Л.В. Журавлева, Л.А. Зинченко, В.А. Соловьев ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА для оформления конструкторско-технологической документации при выполнении домашних заданий, курсовых работ и проектов / под ред. В.А. Шахнова. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. - 53 с.: ил.
10. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польского И.Д. Рудинского. – М: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.: ил.
11. Круглов В. В., Дли М. И., Голунов Р. Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. - 3-е издание.- М.: Питер, 2002 – 224 с.
12. Implementing the Dynamic Decay Adjustment Algorithm in a CNAPS parallel Computer System / Th. Lindblad, G. Szykely, M.L.Padgett и др.// Nucl. Instr. Meth. – 1996.
13. Sung-Su Kim, Seul Jung Hardware Implementation of a Neural Network Controller with an MCU and an FPGA for Nonlinear Systems // Intern. Journal of Control, Autom., and Systems. – 2006, № 5. – с. 567-574
14. Применение методов нейронных сетей и генетических алгоритмов в решении задач управления электроприводами / Клепиков В.Б., Сергеев С.А., Махотило К.В., Обруч И.В. // Электротехника, № 5, 1999. – с. 2–6

АНАЛИЗ МАРШРУТОВ ПРОИЗВОДСТВА СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТИПА CIGS

Гарифулина М.Р.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Макарчук В.В.

МГТУ им. Н.Э.Баумана, Москва, Россия

THE CIGS THIN FILM SOLAR CELL PRODUCTION

Garifulina M.R.

Supervisor: Ph.D. Makarchuk V.V.

MSTU, Moscow, Russia

Аннотация

В данной работе проводится исследование солнечной батареи типа CIGS, а также исследование этапов производства данного типа солнечных батарей, существующие в настоящее время. Исследование возможностей различных технологий производства позволяет найти вариант, который снизит затраты на производство, материал, время, а следовательно и снизит стоимость солнечных элементов данного типа.

Abstract

In this paper the CIGS thin film solar cell research is provided and also the research of production steps of this kind of solar cells, which have developed today. The research of different production technologies gives opportunities to solve the problem of high manufactory costs, time, thus it helps to decrease solar cell costs.

Введение

Солнечные батареи преобразовывают энергию излучения в электрическую энергию. Это преобразование, которое присутствует в некоторых полупроводниках, называют фотовольтанический эффект и первым был исследован Беккерелем в 1839 году. Солнечные батареи, изготовленные из пластины кристаллического или поликристаллического кремния, сегодня являются доминирующей технологией коммерческого рынка. Солнечные батареи, состоящие из тонких пленок полупроводника, - это другая технология с высоким потенциалом. Одна из таких тонкопленочных технологий основана на сочетании таких элементов как медь, индий, галлий и селений, обозначаемая Cu(In, Ga)Se₂ или (CIGS). Существует следующие преимущества тонкопленочной технологии:

- Низкий расход материала;
- Высокая производительность,
- Долгий срок службы (в следствие того, что они не деградируют со временем как кремниевые элементы солнечных батарей) которые делают данные солнечные батареи экономически конкурентоспособными.

Структура элемента солнечных батарей типа CIGS

CIGS элемент солнечных батарей создается из основе натриево-кальциево-силикатного стекла, контакт к тыльной поверхности из молибдена, легко абсорбирующего слоя, состоящего из Cu(In, Ga)Se₂, буферный слой сульфида кадмия (CdS) или Zn(O,S), тонкого слоя высокого сопротивления оксид цинка (ZnO) и прозрачный контакт к передней поверхности алюминий, легируемый оксидом цинка (ZnO:Al) (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Строение элемента солнечных батарей
(1. ZnO:Al, 2. Буферный слой, 3. Cu(In, Ga)Se₂, 4. Mo, 5. Подложка)

Подложка выполнена из натриево-кальциево-силикатного стекла. Буферный слой выполнен из сульфида кадмия.

Пошаговое производство солнечных модулей типа CIGS

Важным преимуществом тонкопленочных солнечных батарей является возможность создания интегрированного последовательного соединения между соседними ячейками благодаря трем простым и автоматическим процессам, которые описаны на рисунке 2. Процесс, показанный на данном рисунке является одним из применяемых в Центре применения солнечной энергии и энергии воды (ZSW) и также в Würth Solar, которые осуществляют эксклюзивный процесс осаждения на одной линии для всех слоев кроме CdS – слоя.

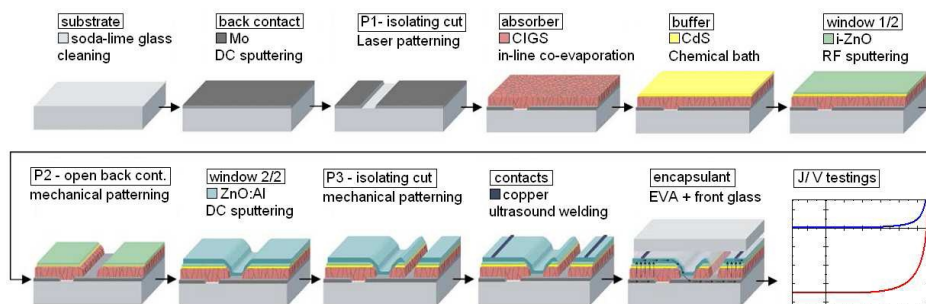


Рисунок 2 – Пошаговое производство солнечных модулей в ZSW и Würth Solar [1]

Подложка. Самая распространённая подложка – натриево-силикатное стекло около 3мм толщиной и с областью 120x60см². Функция подложки не лимитирована только механической поддержкой солнечной ячейкой, но также присутствие натрия в стеклянной подложки нашло применение в улучшении электрических свойств слоя абсорбера. Из-за относительно высоких температур (около 550°) последующего процесса осаждения использование гибких подложек в действительности лимитированы полиимидом и фольгой нержавеющей стали или титаном.

Выходной контакт обычно выполнен из тонкого слоя молибдена (Mo), который используется из-за своего низкого контактного удельного сопротивления ($\rho_c \sim 0,08 \cdot \text{см}^2$) поверхности Mo/CIGS. Типичной технологией осаждения для этого слоя является магнетронное распыление постоянного тока [2]. Это показывает, что распыление слоев при высоком давлении аргона выполняется до напряжения растяжения и хорошо скрепляется со стеклом, но они имеют высокое удельное сопротивление. Такое распыление при низкой давлении аргона, в отличие от предыдущего, выполняется до напряжения сжатия и имеет низкое удельное сопротивление, но плохо скрепляется со стеклом. Поэтому существует главная причина осаждать два слоя молибдена: первый с хорошей адгезией, и второй с низким удельным сопротивлением ($\rho \sim 40 \text{мкОм} \cdot \text{см}$). Для улучшения термальной диффузии натрия и стеклянной подложки в верхний слоя абсорбера, около 10% кислорода включено в слой молибдена. Это возникает самостоятельно при использовании высокочастотном диодным распылении, но не при использовании магнетронного распыления. Оптимальное расстояние между антикатодом и подложкой - 5 см для того, чтобы получить зерна размером 40нм и показать рентгеновский дифракционный пик (110), который является обыкновенным при выращивании молибдена при комнатной температуре.

Слой CIGS. Технология осаждения базируется на так называемом трехстадийном процессе, который включает в себя соиспарение в вакууме чистых, беспримесных элементов из различных источников в три шага. Первый шаг – осаждение слоя (In, Ga)Se₂ в размере 10% от конечного ожидаемого количества на молибден, покрывающий стекло, подогретое до температуры 260°. Далее подложка нагревается до 565° до перенасыщения селеном, чтобы избежать испарения индия и галлия, осажденные на данном шаге. Когда температура становится стабильной, происходит осаждение слоя CuSe₂ и данный слой немедленно реагирует с предыдущим слоем для образования Cu(In,Ga)Se₂, и после расход индия и галлия до того, как не будет достигнуто желаемое количество CuSe₂. Третий шаг обеспечивает более чем 90% от требуемого (In, Ga)Se₂ для достижения общей доли Cu/(In, Ga) около 0,9 (Cu обедненный). После охлаждения подложки до 350°, потом селена останавливают и процесс заканчивается.

Кроме существующего трехстадийного процесса разрабатываются другие методы, содержащие стадийные цепочки или различные виды осаждения как электроннолучевое испарение металла, следующее за селенизацией при околоатмосферном давлении или электрохимическим осаждением.

Буферный слой. Одним из более спорных пунктов изучения солнечной батареи CIGS является роли и химия так называемого буферного слоя, который обычно формируется с помощью химического осаждения (chemical bath deposition - CBD), - тонкий слой сульфида кадмия (CdS, 50нм). По исследованиям Орсея [36] роль буферного слоя заключается в предотвращении диффузии ионов алюминия во время процесса распыления прозрачного переднего контакта. ZnO:Al.

Прозрачный передний слой обычно состоит из двух слоев: тонкого (35-100нм) слоя чистого оксида цинка (i-ZnO) и толстого (300-1000нм) слоя оксида цинка, легированного алюминием (ZnI:Al или ZAO) с 2%-ным содержанием Al. Оба слоя обычно осаждаются в помощью магнетронного распыления.

Средняя производительность общей области солнечных модулей, произведенных благодаря методу, описанному выше, в Würth Solar, около 10,5%.

Заключение

В данной работе был рассмотрен метод производства элементов солнечных батарей типа CIGS. Данный метод был специально разработан для массового производства. Эффективность солнечных батарей, полученных по производственной цепочке, представленной выше, составляет 10,5% [1]. Данный результат показывает значительно отличается от максимальной производительности солнечных батарей данного типа. Однако данная производственная линия позволяет изготавливать солнечные батареи типа CIGS быстрее и дешевле.

Литература

1. E. Sovrnigo, Deposition, characterization and optimization of the i-ZNO/ZAO layer system for new high efficiency Cu(In,Ga)Se₂ solar cells, Dissertation 2007.
2. Jinwoo Lee, Metastability of copper indium gallium diselenide polycrystalline thin film solar cell devices, Dissertation, 2008.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ЯЩИКОВ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ ПРИ РЕШЕНИИ КОНСТРУКТОРСКИХ ЗАДАЧ

Каменек В.В

Научный руководитель: доцент, Соловьев В.А.

МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия

APPLICATION OF HIGH POWER MORPHOLOGICAL BOXES IN SOLUTION OF DESIGN PROBLEMS.

Kamenek V.V

Supervisor: Prof., Soloviev V.A.

MSTU, Moscow, Russia

Аннотация

В статье рассматривается использование принципа морфологического анализа в области конструкторско-технологического проектирования в качестве базы данных уже существующих и инструмента для генерации новых решений. Для систематизации данных использован метод морфологического анализа, позволяющий очертить круг существующих технических решений с помощью совокупности значений их отличительных характеристик. Рассмотрены проблемы работы с морфологическими ящиками большой мощности. Предложено решение в виде программы централизованной сетевой клиент-серверной архитектуры.

Abstract

This work examines the application of morphological analysis in the field of the technological design of electronic equipment as the source of knowledge of existing solutions and the tool of generation new ones. Morphological analysis is used for the purpose of knowledge systematization, which allows us to outline a circle of existing technical solutions by means of a set of their distinctive features. Problems connected with usage of morphological box of high power are considered. Centralized client-server network program is proposed as a solution.

Введение

В ходе конструкторской, изобретательской или вообще каким-либо образом связанной с техническим творчеством деятельности часто возникает задача создать некоторое новое решение, основываясь на базе уже готовых вариантов. В инженерной практике обычно отсутствуют способы, позволяющие по условиям технического задания сразу же выбрать оптимальную структуру устройства. Поэтому процесс разработки носит итеративный характер. Обычно разработчик определяет, к какому классу устройств будет принадлежать проектируемое устройство, а затем пытается сузить этот класс, опробовать несколько технических решений, принадлежащих данному классу, и выбрать, то, которое является наиболее оптимальным.

Использование морфологического анализа при решении конструкторских задач

Для решения задач, связанных с анализом возможных вариантов решения с учетом богатой базы технических данных нашел широкое распространение метод морфологического анализа. Морфологический анализ основан на подборе возможных решений для отдельных частей задачи, морфологических признаков, характеризующих устройство, и последующем систематизированном получении их сочетаний. Сначала определяется пространство поиска, которое обязательно должно включать в себя искомое решение, а затем это пространство сужается с помощью поиска этого решения. Пространство поиска называется морфологическим множеством, а процесс определения это пространства – морфологическим анализом. Поиск решения называется морфологическим синтезом.

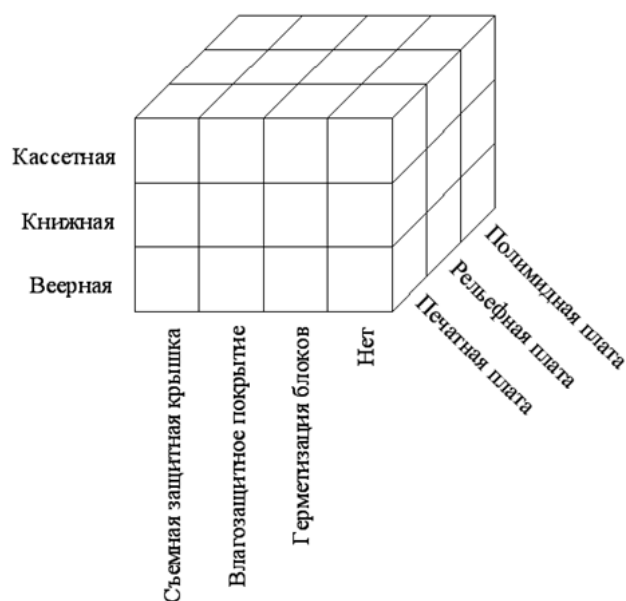


Рисунок 1 - Пример морфологического ящика для блока аппаратуры

В результате морфологического анализа определяется морфологическое множество или множество альтернатив (альтернативных решений). Такое множество должно содержать все структурные решения устройств рассматриваемого класса, как реально существующие, так и потенциально возможные, патентоспособные структуры.

В общем случае, алгоритм морфологического анализа выглядит следующим образом:

1. Выясняется цель задачи — поиск вариантов функциональных схем, либо принципов действия, либо структурных схем, либо конструктивных разновидностей разрабатываемой системы.
2. Выделяют узловые точки (оси, отдельные части задачи), которые характеризуют разрабатываемую систему с позиции ранее сформулированной цели. Это могут быть частные функции подсистем, принципы их работы, их форма, расположение, характеристики и свойства (состояние вещества и энергии, вид совершаемого движения, физические, химические, биологические, психологические, потребительские свойства и т. д.).
3. Для каждой узловой точки предлагаются варианты решений: либо исходя из личного опыта (зависит от эрудиции), либо беря их из справочников и банков (баз) данных (то есть на каждую ось нанизываются возможные решения, по аналогии со счетами).
4. Проводят полный перебор всех вариантов решений (каждый раз берут по одному варианту для каждой оси) с проверкой комбинаций на соответствие условиям задачи, на несовместимость отдельных вариантов в предлагаемой их общей группе, на реализуемость и иные условия.

Как можно заметить из данного алгоритма, он в значительной степени формален – происходит комбинация возможных значений признаков, после чего составляется множество возможных вариантов решения. Тем не менее, выполнение алгоритма существенно зависит от субъективных факторов, определяемых набором знаний человека, оперирующего средством морфологического анализа, его технической интуицией, тривиальным везением. Кроме того, человеческий мозг серьезно ограничен в способности анализировать большое количество объектов и вариантов одновременно, поэтому работа с морфологическим ящиком, то есть набором входных данных, большой мощности, будет настолько затруднена, что риск пропустить оптимальное решение станет серьезен и осязаем.

Существующие программные решения для работы с морфологическим ящиками представляют собой специальное программное обеспечение, устанавливаемое на компьютер инженера-конструктора, и которому на вход подается некий набор данных – наполнение морфологического ящика. После этого программа, тем или иным образом, дает возможность

просмотреть содержимое ящика или в древовидной форме, или путем морфологического синтеза, то есть последовательного выбора значения каждого признака из содержащихся в морфологическом ящике вариантов. У подобного подхода есть несколько слабостей. Во-первых, как уже было упомянуто, простое, примитивное оперирование содержимым морфологических ящиков большой мощности неудобно для самого разработчика. Во-вторых, набор вариантов, на основе которых строится решение, жестко ограничена той базой данных, которую загрузил в программу инженер. Осуществлять обновление и дополнение базы коллективным, распределенным, трудом разработчик будет крайне проблематично и затруднительно.

В качестве решения этих проблем удобным вариантом видится перенос всего механизма морфологического анализа и синтеза, вместе с базой знаний, в некое централизованное хранилище, предоставляющее интерфейс доступа и работы для инженеров. В качестве подобного решения может выступать сетевой ресурс, предоставляющий доступ через браузер к интерфейсу работы с данными морфологического ящика, которые, в свою очередь, хранятся в выделенной базе данных. Централизация поможет решить проблему аккумуляции данных, поступающих из различных технических источников.

Для решения проблемы анализа морфологических ящиков большой мощности разумным видится использование алгоритмов, сочетающих методы экспертных систем, обучаемых при помощи поступления новых данных, с методами нечеткой логики. В процессе пополнения данными морфологического множества можно указывать как численные, так и более неформальные оценки вводимых решений с точек зрения различных функций оптимизации. Все эти введенные данные будут учитываться, и разработчику будет предоставляться выбор не из всего множества возможных значений какого-либо параметра, а только из тех, что не противоречат уже выбранным решениям и оценены как оптимальные по определенным параметрам, с учетом опыта уже реализованных устройств.

Заключение

Разрабатываемая система одновременно является как средством накопления, централизации, упорядочивания технических знаний, полезных разработчику аппаратуры, так и мощным интеллектуальным инструментом морфологического анализа. Выбранная архитектура реализации делает ее гибкой в расширении и нетребовательной к клиентскому аппаратному и программному обеспечению.

Литература

1. Г. С. Альтшуллер. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач. — 3-е изд., дополненное. — Петрозаводск: Скандинавия, 2003. — с.240.
2. Круглов В. В. Дли М. И. Голунов Р. Ю. Нечёткая логика и искусственные нейронные сети. М.: Физматлит, 2001. 221с.
3. Кормен Т. М. и др. Часть VI. Алгоритмы для работы с графами // Алгоритмы: построение и анализ = INTRODUCTION TO ALGORITHMS — 2-е изд. — М.: «Вильямс», 2006. — С. 1296. — [ISBN 0-07-013151-1](#).
4. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных = Introduction to Database Systems — 8-е изд. — М.: Вильямс, 2005. — 1328 с. — ISBN 5-8459-0788-8 (рус.) 0-321-19784-4 (англ.).

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА УДАЛЕННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЛА

Коровиков А. В., Тарасов Н. С., Тимошенко М. А., Балахнова Е.Ю.

Научный руководитель: Власов А. И.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия

DESIGN AND DEVELOPMENT OF REMOTE CONTROL SYSTEMS BLAH

Korovikov A. V., Tarasov N. S., Timoshenko M. A., Balachnova E.J.

Research supervisor: Vlasov A. I.

BMSTU, Moscow, Russia

Аннотация

В настоящее время широкое применение в различных отраслях получают аппараты и роботизированные комплексы, не требующие у себя экипажа на борту. Широкое распространение получили беспилотные летательные аппараты (БЛА), используемые в военных целях, спасательных операциях, для доставок грузов в труднодоступные места. В данной статье рассматривается моделирование и возможности модернизации БЛА, а также разработка системы удаленного управления БЛА класса "микро", с максимальной взлетной массой 10кг, временем полета не более 1 часа и высотой до 100м.

Abstract

Currently widely used in various industries receive devices and robotic complexes, do not require a crew on board. Widespread unmanned aerial vehicles used for military purposes, rescue operations, for the delivery of goods to hard-to-reach places. This article discusses the modeling and the possibility of modernization BLAH, and also development of systems of remote control BLAH class "micro", with a maximum takeoff weight of 10kg, flight time is not more than 1 hour and a height of up to 100m.

Введение

Часто возникает потребность в мониторинге каких-либо ситуаций: будь то лесные пожары или контроль территории большого предприятия. Для этих целей как нельзя кстати подойдет вертолет на радио-управлении, который мог бы регистрировать все происходящее на видео. Цель данной работы - вертолет на радиоуправлении, управление которым осуществляется с ПК. Для выполнения надлежащих функций на вертолете закреплен видеорегистратор. В данной работе рассказывается о интерфейсах управления вертолетом, способах сбора информации, а так же о дальнейших планах развития и модернизации данного проекта.

1. Обзор заготовки БЛА

Конструктивно БЛА выполнен в виде вертолета с соосной структурой. Вертолет имеет два несущих винта диаметром 490мм и один хостовой винт диаметром 90мм. В процессе модернизации предполагается увеличить диаметр несущих винтов до 600мм. Габариты вертолета по длине – 500мм, ширине – 110мм, высоте – 245мм. Каркас вертолета - единственная часть, которая не будет подвергаться изменению.

Используемые батареи – 3,7В 400мАч Li-Po. Предполагается замена на 2 батареи емкостью 2500мАч. Сервоприводы, управляющие несущими винтами, заменены на более мощные, способные поднять помимо всей элементной базы БЛА, еще до 1кг полезного груза.

Предполагается увеличить время полета с 8 до 20-30мин, радиус действия с 50 до 100-200м.

2. Моделирование структуры БЛА

Созданная модель БЛА (рис. 1) используется для проверки аэродинамики корпуса, а также для возможности просмотра замененной элементной базы на нем. Модель каркаса повторяет каркас реального вертолета.



Рисунок 1 - Модель вертолета, разработанная в среде 3d Studio Max

Благодаря данной модели была разработана схема установки нового оборудования на борт БЛА.

3. Способы модернизации

По причине того, что БЛА будет использоваться в качестве разведывательного аппарата, на нем предусмотрена установка регистратора видеосигнала.

В качестве камеры предполагается использовать автономный видеорегистратор. Выбор видеорегистратора в качестве устройства для записи изображения обусловлен следующими факторами:

1. Благодаря обтекаемому корпусу и малому весу (50 г.), видеорегистратор не окажет существенного воздействия на аэродинамические характеристики вертолета.
2. Автономное время работы видеорегистратора составляет около 4 часов, что не накладывает никаких дополнительных ограничений на время полета.
3. Возможность записи на носители распространенных форматов дает возможность вести видеозапись достаточно продолжительную по времени. Съемка видео ведется в разрешении 640x480 в формате AVI.
4. Видеорегистратор оснащен датчиком движения, что дает возможность засекать движущиеся объекты, попадающие под обзор вертолета.

Автономный видеорегистратор имеет большое преимущество над беспроводными камерами, так как в отличие от камер регистратор не наносит ограничений на дальность полета, и не подвержен видеопомехам, возникающим при передаче видеосигнала с камеры на принимающее устройство.

Благодаря наличию у регистратора распространенного в настоящее время интерфейса USB передача на ПК не займет много времени и не потребует установки дополнительного программного обеспечения.

Для охвата большей территории предполагается крепление видеорегистратора к фюзеляжу вертолета.

Температура эксплуатации видеорегистратора лежит в пределах от -10С до +60С, что дает возможность производить видеосъемку в суровых климатических условиях.

На радиоуправляемой модели вертолета возникают нежелательные колебания -вибрация, связанная с работой двигателя и механических систем.

Для снижения вибрации применяются амортизаторы, используемые в промышленности.

4. Организация связи БЛА – ПК

Для организации связи были рассмотрены несколько вариантов связи ПК и БЛА:

- 1) связь с помощью Bluetooth-адаптера в ISM-диапазоне;
- 2) связь по инфракрасному каналу;
- 3) связь по радиоканалу с частотой 2.4 ГГц;

От первых двух вариантов пришлось отказаться, так как они не обеспечивают дальность полета, у первого максимальный радиус действия до 100м при максимальной мощности и они слишком дороги, у второго радиус действия до 1м. Рассмотрим выбранную связь ПК и БЛА (рис. 2.).

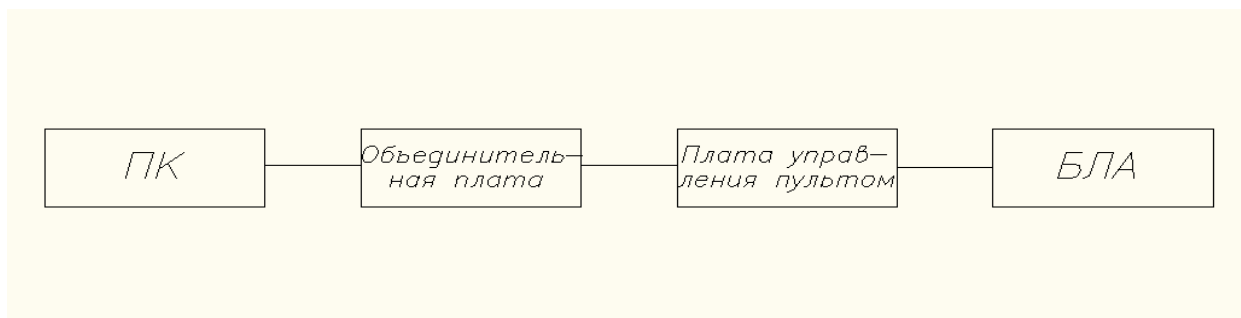


Рисунок 2 - Структурная схема связи ПК И БЛА

Для осуществления связи по радиоканалу использованы передатчики, которые монтируются на плату пульта и приемники, которые находятся на корпусе БЛА. ПК соединен с объединительной платой с помощью LPT порта (интерфейс Centronics). Контакты разъема порта LPT монтированы на плату. С помощью программы на языке Assembler осуществляется передача сигналов на объединительную плату, которая непосредственно связана с платой управления. Сигнал напряжением 2.7В, поступивший с ПК по LPT порту на объединительную плату активирует возможность работы передатчика для перемещения шасси БЛА в одной плоскости. Плата управления пультом связана с БЛА по радиоканалу с частотой 2.4 ГГц.



Рисунок 3 - Реализация устройства управления шасси БЛА

Таким же образом реализовано управление самим БЛА, с той лишь разницей, что входов данных с порта используется большее количество, чем для управления шасси.

5. Способы увеличения дальности полета БЛА

Дальность полета – важный параметр для летательного аппарата и ее увеличение – одна из главных задач, которая должна быть решена. Одним из рассматриваемых вариантов является установка на борту БЛА ретранслятора, который будет отделяться от аппарата при достижении дальней границы приема сигнала бортового приемника (рис.4).

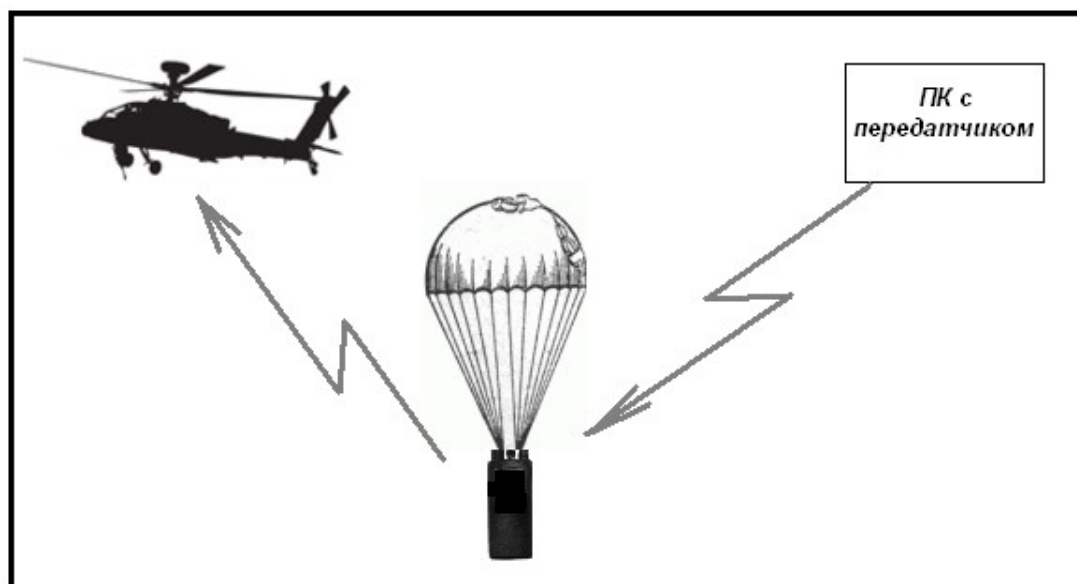


Рисунок 4 - Использование ретранслятора для увеличения дальности полета

Ретранслятор крепится на БЛА и принимает сигналы с передатчика ПК и ретранслирует их на бортовой приемник. Когда аппарат выходит за пределы приема сигнала бортового приемника, ретранслятор сбрасывается и продолжает ретранслировать сигнал с передатчика ПК. Данный способ позволяет достаточно сильно увеличить дальность полета БЛА за счет нескольких ретрансляторов на его борту. Минусом данного метода является то, что ретранслятор может падать с большой высоты, поэтому предусмотрена его надежная конструкция.

Заключение

В итоге проведенных испытаний действующей модели БЛА были подобраны оптимальные комплектующие. Для связи передатчика и ПК был выбран аппаратный комплекс Centronics, полностью отвечающий поставленной задаче. Для записи видеосигнала был подобран видеорегиистратор, условия эксплуатации позволяют вести съемку с вертолета при неблагоприятных климатических условиях. В дальнейшем планируется техническое усовершенствование проекта, добавление новых функций и оборудования.

Литература

1. Авиация: Энциклопедия / Гл. ред. Г. П. Свищёв. — М.: Большая Российская энциклопедия, 1994. — С. 108. — 736 с. Базаров И. А. Термодинамика. М.: «Высшая школа», 1991. — 376 с.
2. Советские беспилотные самолеты - разведчики первого поколения / А.Н.Матусевич. - М.: АСТ, Мн.: Харвест, 2002

АЛГОРИТМЫ АДАПТАЦИИ МНОГОМАСШТАБНОГО ИЕРАРХИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МИКРООПТОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Косолапов И.А.

Научный руководитель: д.т.н., профессор, Зинченко Л.А.

МГТУ им. Н.Э.Баумана, Москва, Россия

THE ALGORITHM OF ADAPTATION MULTISCALE HIERARCHICAL MODELING OF OPTICAL MICROMECHANICAL SYSTEMS

Kosolapov I.A.

Supervisor: Dr., Prof., Zinchenko L.A.

MSTU, Moscow, Russia

Аннотация

В статье рассматривается алгоритм адаптации многомасштабного иерархического моделирования сложных микрооптоэлектромеханических систем. Приводится описание алгоритма адаптации многомасштабного иерархического моделирования микрооптоэлектромеханических систем. Рассказывается о видах адаптации. Проводится постановка проблемы адаптации. Предложен алгоритм адаптации. Приведены временные затраты на разбиение математической модели при различных размерах конечных элементов.

Abstract

The article considers the adaptation algorithm of the hierarchical multiscale modeling of complex micro-opto-electro-mechanicals systems. The descriptions of the algorithm to be adapt the hierarchical multiscale modeling micro-opto-electro-mechanicals systems. Describes the types of adaptation. Formulation of the problem of adaptation is carried out. An algorithm for adaptation is considered. Given the time required to partition a mathematical model for different sizes of finite elements.

Введение

Микрооптоэлектромеханическая система – сложная система, построенная на основе механических и оптических эффектов, под управлением электронной подсистемы. Содержит в себе механическую, оптическую и электронную подсистемы.

Многомасштабное моделирование – процесс моделирования поведения исследуемой структуры на различных уровнях ее иерархического представления. Исследуемая система разбивается на более мелкие подсистемы, вплоть до элементарных составляющих, каждая из которых проходит стадию моделирования [1]. Многомасштабное иерархическое моделирование – моделирование устройства на всех уровнях декомпозиции с применением иерархического подхода [3, 4].

Моделирование сложных микрооптоэлектромеханических систем методом многомасштабного иерархического моделирования является сложной и нетривиальной задачей, требующей значительных временных и ресурсных затрат.

Невозможность правильного разбиения математической модели на КЭ решается при помощи адаптации.

Адаптация [2] – поиск решения при отсутствии точной модели объекта, либо его неопределенности. Адаптация алгоритма – изменение алгоритма таким образом, чтобы программа, реализующая алгоритм, всегда корректно выполняла свои функции.

Алгоритм адаптации многомасштабного моделирования – алгоритм, позволяющий проводить многомасштабное иерархическое моделирование для объектов с неизвестными параметрами. Главной решаемой задачей была разработка алгоритма адаптации механической подсистемы микрооптоэлектромеханической системы. Основной проблемой является невозможность моделирования механической подсистемы с различными размерами. Поскольку для решения данной проблемы требуется изменение параметров объектов, то данная адаптация является параметрической [2, 3, 4].

Алгоритмы адаптации многомасштабного иерархического моделирования микрооптоэлектромеханических систем

В работе [3] был предложен алгоритм многомасштабного иерархического моделирования микрооптоэлектромеханических систем. На рис. 1 представлен алгоритм моделирования механической подсистемы, использованный в работе [3]. Недостатком данного алгоритма является то, что провести разбиение математической модели механической подсистемы на КЭ возможно лишь при задании определенных размеров математической модели.

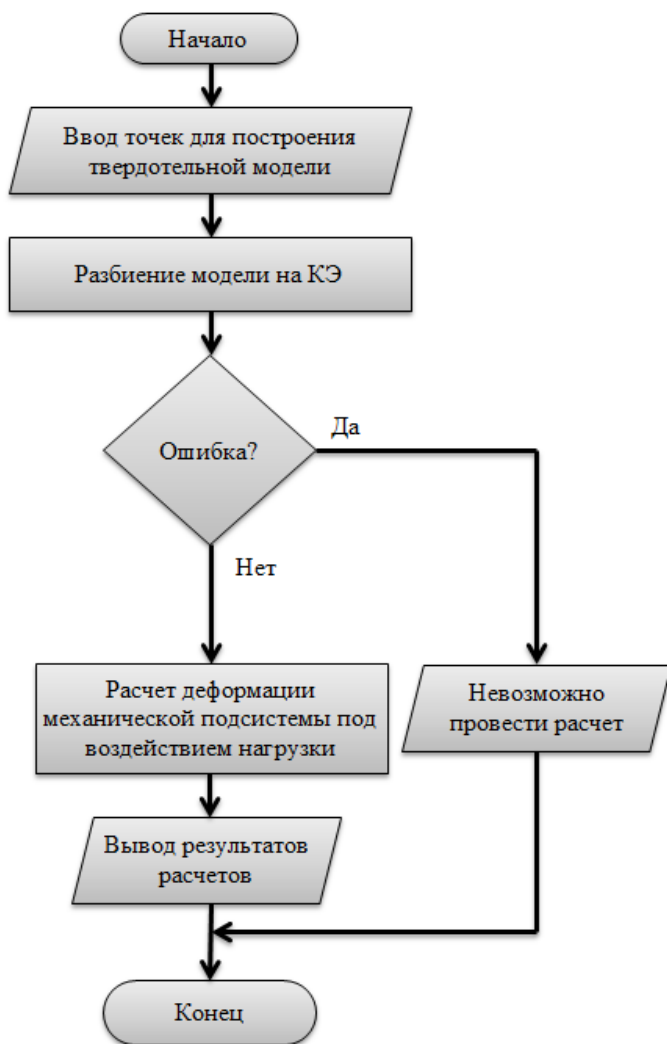


Рисунок 1 – Алгоритм многомасштабного иерархического моделирования микрооптоэлектромеханических систем



Рисунок 2 – Алгоритм адаптации многомасштабного моделирования механической подсистемы микрооптоэлектромеханических систем

На рисунке 2 представлен предложенный алгоритм адаптации многомасштабного иерархического моделирования микрооптоэлектромеханических систем для решения указанных проблем. Суть адаптации заключается в подборке параметров КЭ, позволяющих в итоге дать возможность провести моделирование механической подсистемы и сократить время моделирования.

Основными этапами данного алгоритма являются разбиение на КЭ с учетом областей деформации и коррекция размеров КЭ. Разбиение на КЭ минимального размера с учетом областей деформации обеспечивает достаточную точность расчетов в областях, где это необходимо, а в областях без деформации КЭ максимального размера, что существенно

сокращает время моделирования. Коррекция размеров КЭ проходит в несколько этапов. На первом этапе проводится разбиение математической модели на КЭ, затем проводится проверка на ошибку при разбиении на КЭ. При ошибке проводится проверка кратности выбранного КЭ и размера математической модели, затем проводится уменьшение размера КЭ и повторная проверка кратности. При получении целочисленного значения кратности проводится повторное разбиение математической модели на КЭ. После чего проводится расчет и вывод результатов моделирования [2,4,6].

В таблице 1 приведены сравнительные характеристики, в том числе и временные, в зависимости от точности разбиения [7]. Следует отметить, что данные результаты разбиения приведены для математической модели с размерами по оси $x = 100$ мкм, по оси $y = 1$ мкм и по оси $z = 10$ мкм. На рисунке 3 представлен вид тестовой математической модели. Расчет проводился на конфигурации IntelCore™ i7 2600 (8 ядер), ОЗУ KingstonDDR3 8Gb.

Таблица 1. Результаты затрат времени при различных параметрах КЭ

Число узлов	Число КЭ	Время разбиения	Размер КЭ по (x;y;z)
128	10	0.015 сек	(1e-6; 1e-6; 1e-6)
393	40	0.051 сек	(5e-6; 5e-6; 5e-6)
7553	1000	3.16 сек	(1e-7; 1e-7; 1e-7)
4335221	1000000	17 сек	(1e-8; 1e-8; 1e-8)

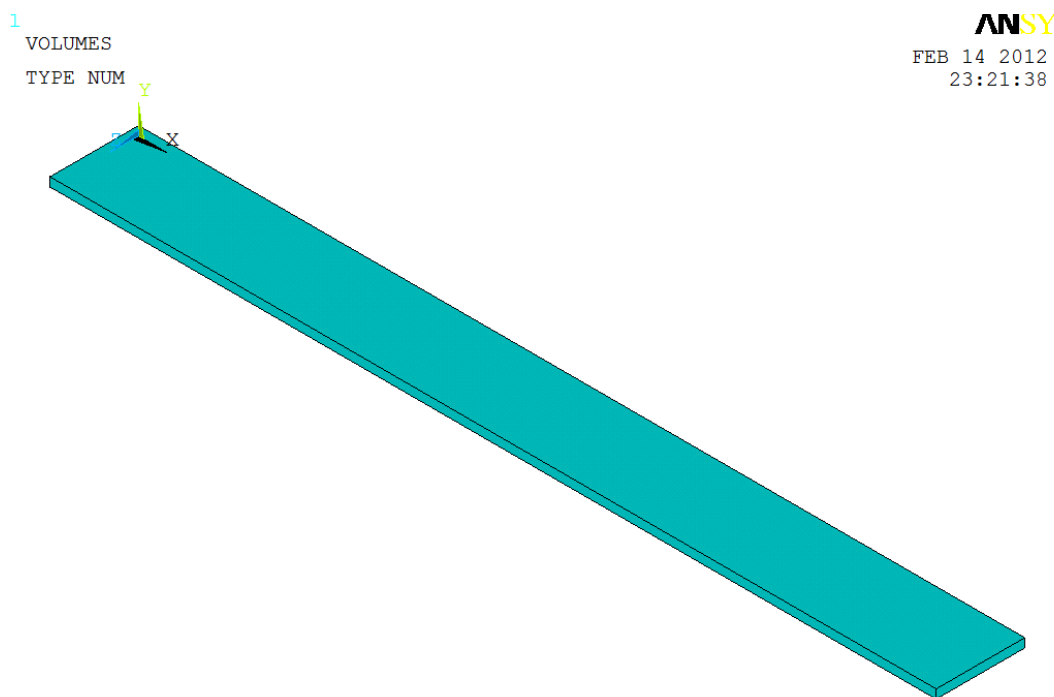


Рисунок 3 - Общий вид тестовой математической модели

Из таблицы следует, что большое количество КЭ и их малый размер резко повышают ресурсоемкость задач разбиения математической модели на КЭ. Алгоритм адаптации позволит сократить временные затраты и ресурсоемкость, применяя разбиение на КЭ с учетом областей максимальной деформации. Так же корректировка размеров КЭ в цикле алгоритма адаптации многомасштабного иерархического моделирования позволит проводить моделирование математической модели с учетом технологических погрешностей, так как в цикле алгоритма проводится подбор значений кратности размеров КЭ размерам математической модели [4, 7].

Заключение

Многомасштабное моделирование имеет большое значение при проектировании сложных микрооптоэлектромеханических систем. Иерархический подход, применяемый при многомасштабном моделировании, позволяет изучить поведение каждого элемента сложной системы. Предложенный алгоритм адаптации позволяет проводить многомасштабное моделирование.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 10-07-00171-а).

Литература

1. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. — М: Наука, 1997. — 320 с.
2. Растринг Л.А. Адаптация сложных систем. — Рига: Зинатне, 1981. — 375 с.
3. Зинченко Л.А., Косолапов И.А., Методы моделирования микрооптоэлектромеханических подсистем // Наука и образование. — 2011, №11.
4. Косолапов И.А. Моделирование микроакселерометра на основе интерферометра Фабри-Перов САПР ANSYS // Сборник докладов 9-ой молодежной международной научно-технической конференции «Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы». — М.:МГТУ, 2009. — с.108-111.
5. Введение в математическое моделирование. Учебное пособие. Под ред. П. В. Трусова. — М.: Логос, 2004.
6. Мышкис А. Д., Элементы теории математических моделей. — 3-е изд., испр. — М.: КомКнига, 2007.
7. Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы: Пер. с англ. — М.: Мир, 1984

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ДАТЧИК ДАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ МОСТА УИТСТОНА

Нестеров В. А., Однокольецев А. В., Андреев К.А.

Научный руководитель: доцент, к.т.н., Власов А.И.

МГТУ им. Баумана, Москва, РФ

INTELLIGENT PRESSURE SENSOR BASED ON WHEATSTONE BRIDGE

Nesterov V.A., Odnokoltcev A.V., Andreev K.A.

Research advisor: docent, c.e.s., Vlasov A.I.

Bauman University, Moscow, RF

Аннотация

В данной работе проведена разработка датчика давления с интеллектуальными функциями и унифицированным цифровым интерфейсом. В рамках статьи проведён анализ чувствительного элемента, взятого за основу разрабатываемого датчика давления, рассмотрены его достоинства, недостатки и пути их устранения. Концептуально рассмотрена задача повышения точности и устранения температурной нелинейности чувствительного элемента, а так же возможность построения универсальных модулей для распределённых систем сбора информации с датчиков давления на основе отечественной элементной базы. Определён унифицированный цифровой интерфейс датчика для последующего создания перспективных систем автоматизации объектов. В рамках работы приведены структурная, принципиальная и функциональная схемы устройства обработки сигналов чувствительного элемента. Основное внимание уделено методике и алгоритмам линеаризации выходной характеристики датчика давления при помощи аппаратно-программных средств.

Abstract

In this work the development of a pressure sensor with intelligent features and standardized digital interface. Within the article the analysis of the sensing element, taken as the basis of the developed pressure sensor, consider its advantages, disadvantages and how to overcome them. Conceptually, we consider the problem improve accuracy and eliminate the nonlinearity of the temperature sensitive element as well as the possibility of constructing a universal modules for distributed systems to collect information from pressure sensors on the basis of domestic components. Defined a unified digital sensor interface for subsequent development of advanced automation facilities. In the framework of the given structure, the basic and functional scheme of the device processing the sensor signals. The emphasis is on methods and algorithms for linearization of the output characteristics of a pressure sensor with hardware and software.

Введение

Конструктивно датчики давления состоят из чувствительных элементов, воспринимающего давление, и преобразователей (перемещений, деформации, силы), собранных в корпусе. Чувствительным элементом датчиков давления является тонкая, чаще кремниевая пластинка, которую условно можно назвать мембраной. Структурная схема работы типового датчика давления показана на рисунке 1.



Рисунок 1 – Структурная схема типового датчика давления

К важнейшим техническим характеристикам микродатчиков давления относятся рабочий диапазон измерения, чувствительность к измеряемому давлению, выходное напряжение [3].

Все датчики давления характеризуются составляющими погрешности: нелинейностью характеристики, гистерезисом при изменении температуры и давления, температурным дрейфом начального смещения и чувствительности (рис.2).



Рисунок 2 – Основные характеристики датчиков давления

Конструкции современных датчиков давления очень разнообразны: от небольших, высокочувствительных, применяемых в медицине, до крупных и прочных, необходимых для контроля промышленных процессов.

Чувствительный элемент

Несмотря на широкое применение, выделяются всего два основных подхода к проектированию и изготовлению датчиков давления – пьезорезистивный и ёмкостной.

Конструкция первых датчиков, использующих пьезорезистивные свойства кремния, предполагали соединение кремни с металлической диафрагмой, но такой подход был неудовлетворительным из-за несогласованности температур между металлом, слоем клея и кремния. Использование анизотропного травления кремния, ионной имплантации, поверхностной микрообработки дало развитие этого метода в сторону снижения себестоимости и повышения точности пьезорезистивных датчиков давления. Наиболее распространённая конструкция пьезорезистивного датчика давления (рис.3) состоит из кремниевой мембраны и толстой кремниевой «рамы», которая служит опорой для мембраны. А чувствительным элементом являются пьезорезисторы, ориентированные параллельно или перпендикулярно граням мембраны.

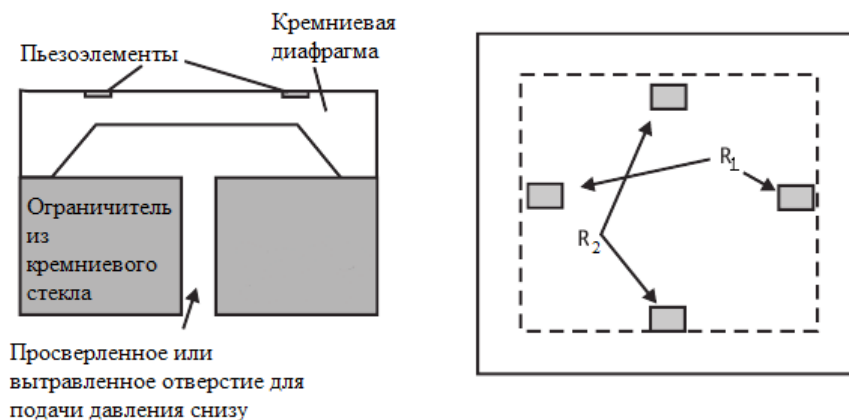


Рисунок 3 – Упрощённое поперечное сечение и вид сверху типового пьезорезистивного датчика давления [2]

Когда мембрана испытывает перепад давления, возникают напряжения растяжения или сжатия в направлении от граней мембраны к её центру. Отклонение диафрагмы ведёт к изменению геометрических размеров резисторов, в результате чего меняется их сопротивление (1).

$$\frac{\Delta R}{R} = (1 + 2\nu) \frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta \rho}{\rho}, \quad (1)$$

Где ΔR – изменение сопротивления, R – начальное сопротивление, ν – коэффициент Пуассона, Δl – изменение длины резистора, l – начальная длина резистора, $\Delta \rho$ – изменение удельного сопротивления резистора, ρ – начальное удельное сопротивление резистора. Для пьезорезистивных микродатчиков этого типа используют резисторы, сопротивление которых изменяется пропорционально внешнему давлению. В этом случае изменением удельного сопротивления пренебрегают, поскольку изменения геометрических размеров будет пропорционально приложенному внешнему давлению.

Резисторы, расположенные по краям диафрагмы (рис.1.1.5), ориентированы в одном направлении. Таким образом два резистора ориентированы перпендикулярно (R_2) максимальной деформации, они испытывают напряжение растяжения и увеличивают значение сопротивления с увеличением давления, а два (R_1) – параллельно, они испытывают напряжение сжатия и уменьшают значение сопротивления с увеличением давления. Реакция резисторов на давление зависит от ориентации пластины и диафрагмы, от количества легированной примеси, от температуры. Более высокой чувствительности можно добиться включение резисторов в мост Уитстона (рис. 4).

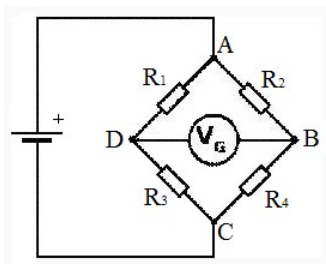


Рисунок 4 – Мост Уитстона [1]

Датчики, выполненные по этой схеме, были коммерчески успешными в течение многих лет. Последующие модификации влекут за собой изменение структуры диафрагмы (использование «центрального босса» и ребристые диафрагмы), методы температурной компенсации, использование альтернативных технологических процессов изготовления. Изменения в структуре диафрагмы были направлены на улучшение линейности и чувствительности датчиков.

Очевидным недостатком пьезорезисторов является чувствительность к температуре. Изменение сопротивления резисторов, связанное с изменением температуры, часто превышает реакцию на изменение измеряемой величины. И чем выше температура – тем ниже чувствительность пьезорезисторов.

Система обработки сигналов чувствительного элемента

Непрерывно растущие требования к точности измерительной информации диктуют необходимость коррекции погрешностей тензометрических датчиков давления. Аналоговые методы коррекции погрешностей, основанные на аналоговых схемотехнических решениях, не позволяют достичь высоких метрологических характеристик, поэтому в последние несколько лет все шире применяются цифровые методы коррекции погрешностей, выполняемые цифровыми вторичными преобразователями датчиков давления [4]. Общая структура такой системы отражена на рисунке 5. Наибольший вклад в дополнительную погрешность тензометрических датчиков давления вносит температура. Влияние

температуры вызывает изменение начального сигнала (аддитивная составляющая температурной погрешности) и чувствительности (мультипликативная составляющая) датчиков. Для коррекции температурной погрешности применяется метод вспомогательных измерений [5], заключающийся в добавлении чувствительного элемента температуры в структуру датчика давления.

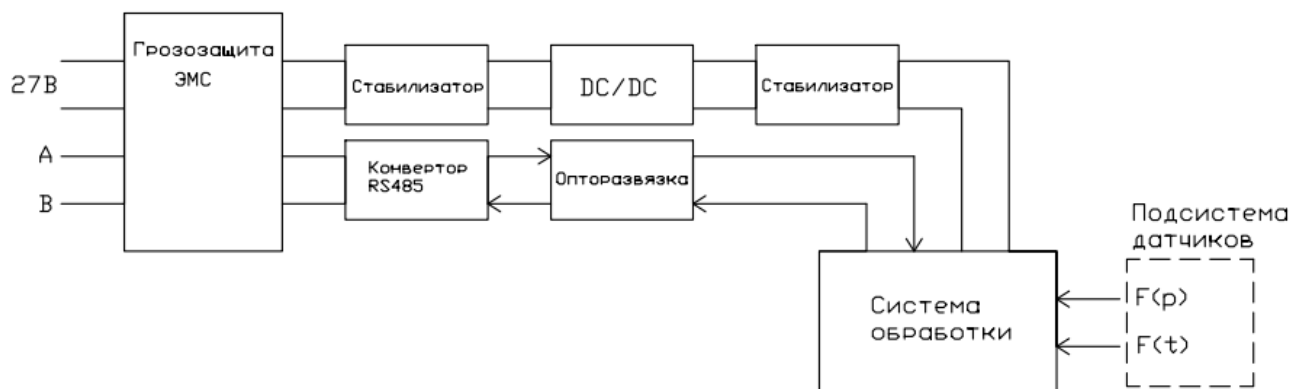


Рисунок 5 – Структура подсистемы обработки сигналов датчика давления

Система обработки (рис.5) должна обеспечивать усиление сигналов датчика давления и датчика температуры, преобразование сигналов в цифровой вид и коррекцию показаний датчика давления на основании данных о температуре.

Для построения распределённых систем датчик давления должен обладать стандартным интерфейсом обмена данными. В промышленности при создании автоматизированных систем наиболее широкое распространение получил интерфейс RS-485. Интерфейс RS-485 обеспечивает обмен данными между несколькими устройствами по одной двухпроводной линии связи в полудуплексном режиме по схеме, показанной на рисунке 6.

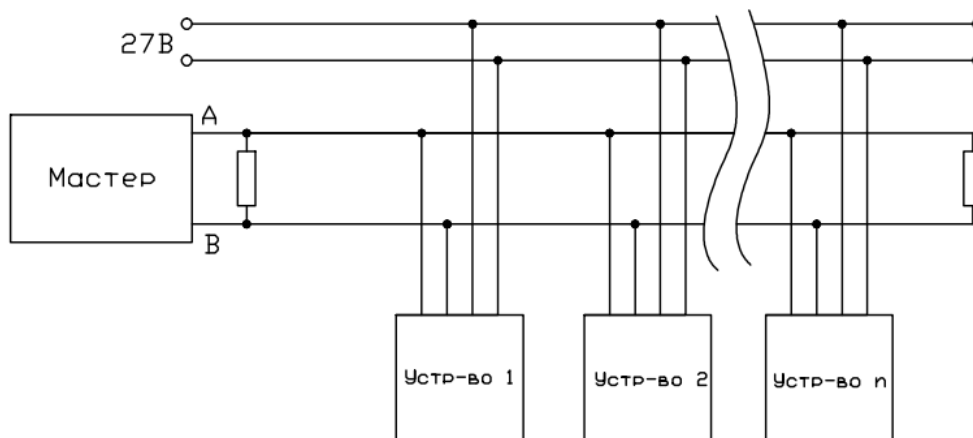


Рисунок 6 – схема подключения устройств по интерфейсу RS-485

Для реализации обмена данными системы обработки с внешними устройствами по интерфейсу RS-485 необходимо использовать преобразователь интерфейсов (например, К5559ИН10) и, для обеспечения гальванической развязки цепей, оптопару (например, ЗОТ122). Питание датчика давления осуществляется так же шины интерфейса RS-485, через вторичный источник питания, преобразующий внешнее напряжение +27В в напряжение питания чувствительного элемента, и системы обработки сигналов, который должен обеспечивать стабильность напряжения питания и гальваническую развязку. Схема

электрическая структурная системы преобразования и обработки датчика давления показана на рисунке 7.

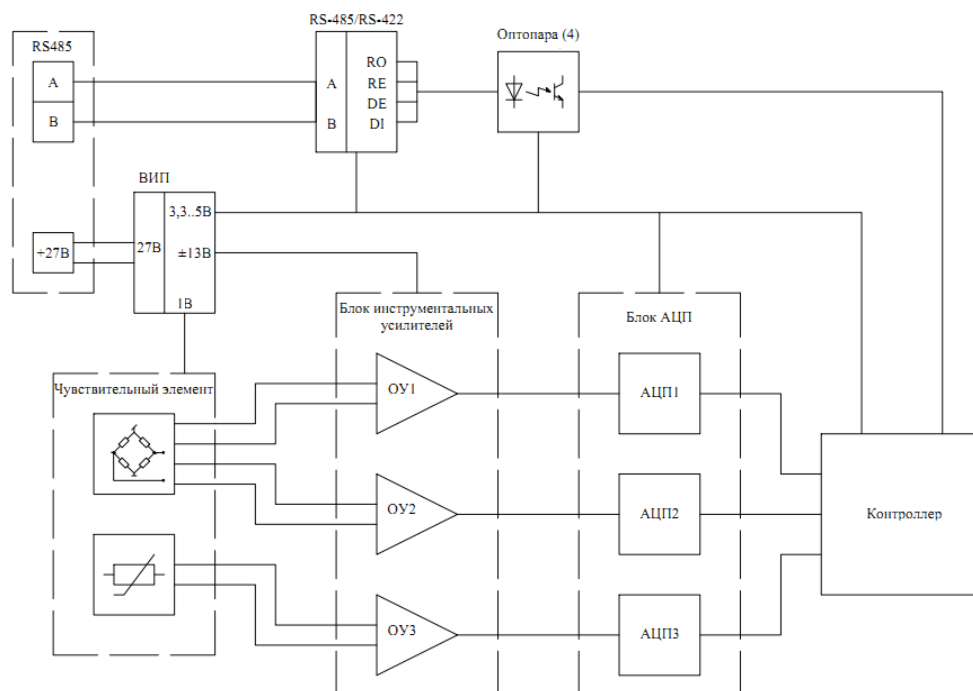


Рисунок 7 – Схема электрическая структурная системы обработки сигналов датчика давления

Основным элементом схемы является контроллер, который должен обеспечивать коррекцию сигналов датчика давления на основании данных от датчика температуры. Алгоритмы коррекции нелинейности и температурной погрешности, выполняемые контроллером, основываются на математических моделях измерительных сигналов датчиков. Эти модели отражают существенные взаимосвязи между значениями измеряемой величины, значениями внешних воздействующих факторов и значениями выходного сигнала датчика.

Алгоритм коррекции нелинейности и температурной погрешности

Зависимости изменений кодов АЦП начального сигнала от кодов АЦП температуры и относительных изменений чувствительности от кодов АЦП температуры, а также зависимость кодов АЦП давления от давления определяются экспериментально на этапе совместной настройки датчиков и вторичных преобразователей, после чего аппроксимируются полиномами первой-третьей степени либо кубическими сплайнами. Следует отметить, что аппроксимируется не сама зависимость кодов АЦП давления от давления, а обратная ей зависимость выходных кодов давления от кодов АЦП давления (рисунок 1).

Алгоритм коррекции нелинейности и температурной погрешности заключается в последовательном вычислении поправок для коррекции аддитивной и мультипликативной составляющей температурной погрешности, внесении их в результат измерения давления и коррекции нелинейности с одновременным нормированием сигнала к заранее заданным пределам изменения выходного кода давления [4]. Для случая аппроксимации температурных характеристик пример алгоритма показан на рисунке 9.

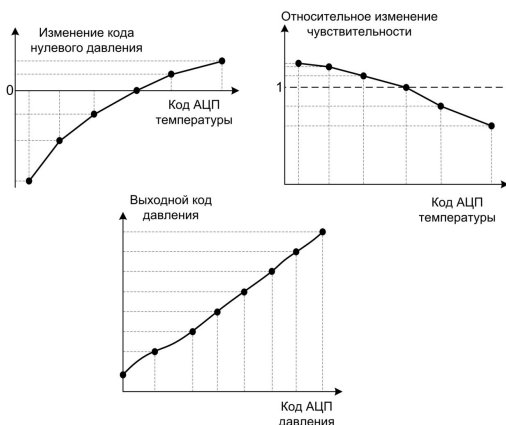


Рисунок 8 – Зависимости значений чувствительного элемента от температуры

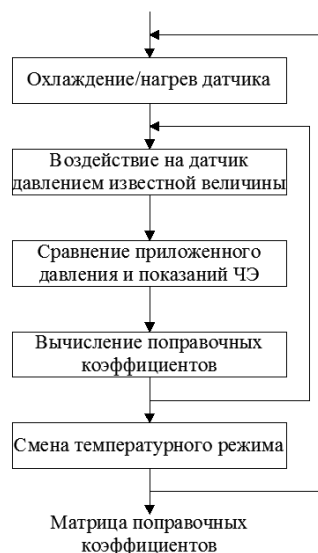


Рисунок 9 - Алгоритм коррекции нелинейности и температурной погрешности ЧЭ

Матрица поправочных коэффициентов записывается в ПЗУ системы обработки. На основе этих коэффициентов микроконтроллером производится преобразование сигналов ЧУ давления.

Заключение

Предложенная схема построения интеллектуального датчика давления, может быть применима к любым типам пьезоэлектрических датчиков. Рассмотренный способ коррекции температурной погрешности и нелинейности обладает высокими метрологическими характеристиками. Основная погрешность систем, построенных по предложенной схеме, не превышает величины 0,1%. Реализация цифрового интерфейса датчика обеспечивает возможность построения современных высокоточных распределённых систем сбора информации

Литература

1. Шахнов В.А., Власов А.И. Проектирование наносенсоров. – Электронный ресурс. Режим доступа: <http://nanolab.iu4.bmstu.ru/course/view.php?id=22>. - Проверено 23.02.2012.
2. MEMS Mechanical Sensor/ Stephen Beedy, Graham Ensell, Micheal Kraft, Neil White // – Microelectromechanical Systems Series, Artech House. – 2004. – С.124–145.
3. ВЧ МЭМС и их применение/ В. Варадан, К. Виной, К. Джозе// Мир электроники. – 2004. – С.70–74.
4. Катков А. Н. Алгоритмы коррекции погрешностей тензометрических датчиков давления цифровыми вторичными преобразователями [Текст] / А. Н. Катков // Молодой ученый. — 2011. — №8. Т.1. — С. 58-60.
5. Земельман М.А. Автоматическая коррекция погрешностей измерительных устройств / М.: Изд-во стандартов, 1972 г. – 199 с.

ВНЕШНИЙ ОТЛАДОЧНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ В МЕХАТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ

Пашинский И.О.

Научный руководитель: Юдин А.В.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

EXTERNAL DEBUGGING SET FOR MOTION CONTROL SYSTEMS IN MECHATRONIC DEVICES

Pashinskiy I.O.

Supervisor: Yudin A.V.

BMSTU, Moscow, Russia

Аннотация

Работа посвящена вопросам проектирования обкаточного стенда для ходовой части робота с дифференциальным приводом. Описаны структурная, принципиальная электрическая схемы. Выполнены чертежи конструкции стенда. Разработаны математическая модель стенда и необходимое программное обеспечение. Особое внимание уделено цифровой обработке множественной внешней информации, диагностированию. Проведены испытания работы системы робот-стенд в конкретных режимах. Изготовлен действующий макет стенда.

Abstract

This article is devoted to design of a break-in stand used for running a mobile robot with differential drive. Structural and electrical schemes are described. Drawings of the stand's design are presented. A mathematical model of the stand and necessary software were developed. Particular attention is paid to digital processing of multiple external information, diagnosis. Tests of the system-robot complex were carried out in specific modes on the stand. The first version of the stand was constructed.

Введение

Инженерные разработки практически в любой области техники, в конце концов, связаны с движением. Иногда это движение привычное, непосредственно механическое, как в случае с автомобилем, мобильным роботом или даже потоком воды, а иногда это движение принимает форму сигналов (электронных и не только), потока байт информации, без которого, например, не мыслима сеть Интернет. Несмотря на видимые различия, с технической точки зрения подобные явления являются объектами управления. Именно управление позволяет направить движение, как универсальный объект, в нужном нам направлении, а в некоторых случаях и использовать одинаковый математический аппарат при решении, казалось бы, различных задач.

Поиск единых законов управления приводит нас к интеллектуальным мехатронным системам, которые способны не только реагировать по заранее заданному алгоритму, но и учиться, накапливая опыт в активном взаимодействии с окружающей средой. Такие мехатронные системы в некотором смысле являют искусственный аналог естественных биологических организмов в живой Природе. Каждый элемент этих систем вносит свой вклад в общий результат управления, но вклад этот носит синергетический характер и многократно превосходит возможности каждого элемента в отдельности. Изучение подобных эффектов представляет особый интерес.

Современные разработки в таких областях как: военное дело, производство, наука, медицина и даже образование, уже неотделимы от понятия мехатронных систем или модулей. Такие системы помимо прочего должны иметь подвижные элементы, исполнительные механизмы, основой которых являются двигатели различной физической природы. Стоит отметить, что независимо от типа двигателя в любой системе встает вопрос о точности позиционирования во времени и, соответственно, управления.

Актуальность поиска оптимального управления и минимизации ошибок позиционирования мобильных объектов не вызывает вопросов. Об этом докладывали на конференциях в 1995 году [1], не угасал интерес к этой теме и в 2007 [2].

Авторы статей описывают причины возникновения систематических и несистематических ошибок при движении мобильного робота по плоской поверхности, а также способы их устранения. Предлагаются типичные процедуры оценки ошибок в общем виде. Слабой в данных работах видится лишь возможность технически точно отслеживать положение робота на плоскости, т.к. авторы не предлагают никакой приборной базы для этого. Кроме того, некоторые методы предполагают наличие значительного свободного пространства (например, квадрат 5х5м), что не всегда достижимо в условиях университетских лабораторий.

Немаловажно будет отметить и предыдущие работы авторов [4, 5], в которых описана система управления электроприводом мобильного робота на плоскости, выполненная в рамках подготовки к соревнованиям мобильных роботов Евробот 2011 [6]. При дальнейшем проведении исследований в сфере управления объектом неминуемо встает необходимость обкатки робота в различных условиях, для оценки применимости тех или иных алгоритмов работы системы управления. Решить поставленные задачи позволяет обкатка непосредственно на тестовом полигоне, либо на специализированном стенде. Выполнить это на тестовом полигоне проблематично, т.к. на площадке размером более 2х2м тяжело обеспечить разнообразие покрытий, рельефа и внешних воздействий на объект, поэтому для обкатки и настройки систем робота целесообразно применять стенд.

В данной работе делается попытка обобщить результаты, описанные в статьях [1,2], и дополнить их, создав универсальный обкаточный стенд для мобильных роботов с дифференциальным приводом, что позволит упростить исследования систем управления движением и продолжить работу [4].

Предлагаемый обкаточный стенд предоставляет все необходимые возможности для проведения испытаний. Это и возможность простой смены покрытий поверхности для движения робота, и широкий диапазон регулирования форм поверхности для движения и значений внешних механических воздействий на ходовую часть робота.

Стенд универсален: можно проводить испытания роботов с различными межколесными расстояниями, габаритами, массами, с различными мощностями маршевых двигателей, а также с различными моментами инерции относительно центра масс робота.

Основная задача стенда обеспечить наиболее качественное и реалистичное моделирование движения объекта управления в различных условиях. Используя комплекс «стенд-робот-компьютер» можно получить высокоточную систему управления, обеспечивающую движение по желаемым траекториям в заданном диапазоне внешних воздействий. Рассмотрим комплекс подробнее.

1 Структурно-функциональное построение отладочного комплекса

Общая структурная схема отладочного комплекса показана на рис. 1.



Рисунок 1 - Общая структурная схема отладочного комплекса

Структурно комплекс представлен тремя большими блоками: персональный компьютер (ПК), робот, и непосредственно обкаточный стенд. Схема показывает взаимодействие между составляющими комплекса. С ПК оператор управляет процессом обкатки: задает настройки системы автоматического управления, задает траектории

движения робота, форму и величину внешнего воздействия. Оператор также может вручную менять покрытия валиков, задавая поверхность движения, также вручную можно менять моменты инерции валиков. Обкаточный стенд выполняет все команды, поступающие с ПК, обеспечивая все необходимые условия моделирования движения.

2 Структурная схема обкаточного стенда

Структурная схема обкаточного стенда показана на рис. 2.



Рисунок 2 – Структурная схема обкаточного стенда

Находясь на стенде, робот опирается каждым колесом на два валика: основной и дополнительный (соответственно ОВ и ДВ). Активные колеса робота, соприкасаясь с ОВ и ДВ, приводят их во вращение. ДВ служит для поддержки колеса робота и регулировки расстояния r (далее подробнее), ОВ поддерживает колесо робота, а также служит для передачи внешнего воздействия (от блока ЭП). Инерционный валик (ИВ) обладает существенно большим моментом инерции, чем ОВ и ДВ. Момент инерции ИВ переменный, за счет этого можно уравнивать момент инерции ведомого звена с моментом инерции робота относительно вертикальной оси, проходящей через центр масс робота, чтобы добиться большей достоверности испытаний. Частоту вращения колеса робота (через ОВ) измеряет датчик частоты вращения (ДЧВ). Показания с ДЧВ поступают в микроконтроллер (МК) для анализа и передачи результатов через преобразователь уровней (ПУ) в ПК. Электромагнитный привод (ЭП) изменяет внешнее воздействие на ОВ, т.е. меняет нагрузку, прилагаемую к колесам робота. Сигнал на ЭП поступает с МК через преобразователь сигнала (ПС). Задача ПС: увеличить мощность сигнала от МК.

Конструкция обкаточного стенда состоит из двух частей: механической и электрической.

3 Механическая подсистема

К механической части относятся блоки ДВ, ОВ, ИВ, ЭП. Сборочный чертеж обкаточного стенда представлен на рис. 3. (показана половина стенда - для 1 колеса испытываемого робота, для второго колеса блок аналогичен в силу симметрии рассматриваемого дифференциального привода робота).

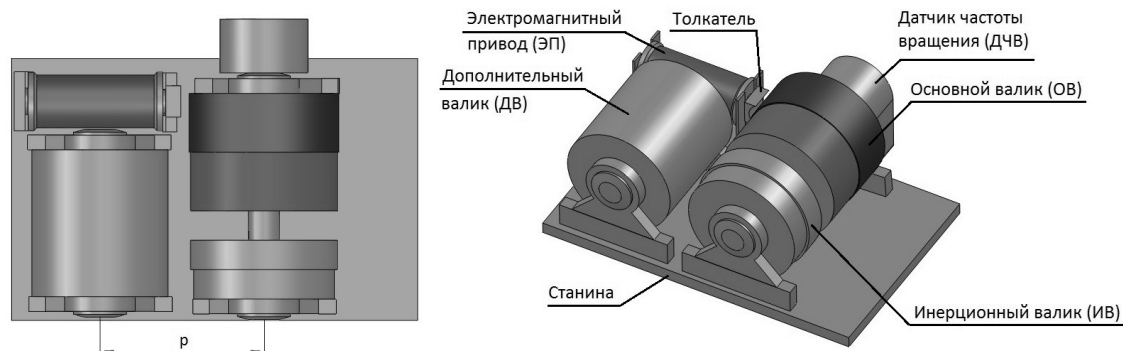


Рисунок 3 – Сборочный чертеж обкаточного стенда

ОВ - набор дисков с разными покрытиями (для отработки маневров на различных поверхностях). Оператор меняет покрытия вручную. Опоры ОВ неподвижно закреплены на станине, а опоры ДВ могут перемещаться по направляющим. За счет этого регулируется расстояние между осями валиков p (для разных диаметров колес). ИВ - набор дисков различной массы для уравнивания моментов инерции (оператор меняет их вручную). Блок ЭП – линейный соленоид, на подвижном сердечнике которого закреплен толкатель. Толкатель, прижимаясь к ОВ, создает дополнительный момент сопротивления вращению.

4 Электрическая подсистема

К электрической части относятся блоки: ДЧВ, ПУ, ПС, МК. Блоки ДЧВ, ПУ подробно описаны в [4]. В этой работе они выполнены аналогично. ПС представляет собой транзисторный каскад. Блок МК – микроконтроллер ATMEL AVR ATmega32A. Задача МК: обеспечить взаимодействие между ПК и исполнительными устройствами стенда. МК передает через ПУ на ПК данные о частотах вращения, и принимает от ПК данные о нагрузке, которую необходимо приложить к колесам робота, т.е. режиме обкатки. Блок МК генерирует ШИМ сигнал, поступающий на блок ПС. ПС усиливает принятый сигнал, и, далее, он поступает на обмотку соленоида (ЭП), который меняет силу прижима толкателя – меняется нагрузка на маршевые электродвигатели.

5 Расчетная схема стенда

На рис. 4 показана расчетная схема обкаточного стенда.

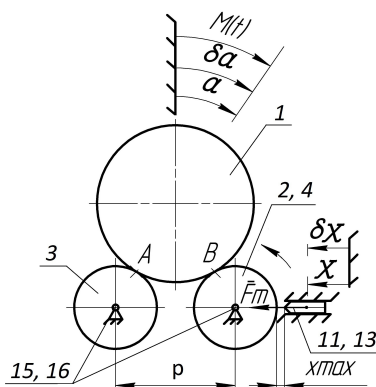


Рисунок 4 – расчетная схема обкаточного стенда

Обобщенные координаты: a и x . Соответственно характеризуют угол поворота колеса робота и смещение толкателя ЭП. Начальные условия: при $t=0$, $x=0$, $a=0$, дано x_{max} . Используя уравнения Лагранжа II – рода, получили систему ДУ, описывающую законы движения частей стенда. Анализ динамики стенда проводится в 3 этапа:

- 1) До соприкосновения толкателя и колеса;
- 2) В момент соприкосновения;
- 3) После соприкосновения (возврат толкателя в исходное положение).

Здесь J – момент инерции ротора маршевого двигателя, J_5 – момент инерции ДЧВ, A – общий момент инерции ведомых звеньев. Массы соответствуют звеньям расчетной схемы (например, m_1 - соответствует массе 1-го звена на расчетной схеме).

$$A := \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot [(R_1)^2 - r^2] + J + \frac{1}{2} \cdot m_3 \cdot [(R_3)^2 - r^2] \cdot \left(\frac{R_1}{R_3}\right)^2 + \frac{1}{2} \cdot m_{16} \cdot r^2 \cdot \left(\frac{R_1}{R_3}\right)^2 + \frac{1}{2} \cdot m_{15} \cdot r^2 \cdot \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2 + \frac{1}{2} \cdot m_4 \cdot [(R_4)^2 - r^2] \cdot \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot [(R_2)^2 - r^2] \cdot \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2 + J_5 \cdot \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2$$

$$A \cdot \frac{d^2}{dt^2} a(t) = M(t) - R_1 \cdot \mu \cdot K \cdot F(t) - ДУ, \text{ описывающее движение колеса}$$

$$\frac{d^2}{dt^2} x(t) = \frac{1}{(m_{11} + m_{13})} \cdot F(t) - ДУ, \text{ описывающее движение толкателя ЭП.}$$

Коэффициент K на этапах 1 и 3 равен 0, т.е. нет момента сопротивления, на этапе 2 равен 1. Решение системы зависит от F(t) и M(t).

6 Программное обеспечение

На рисунке 5 представлен общий вид управляющей программы.

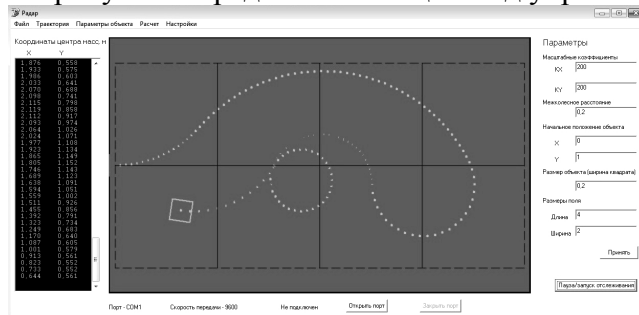


Рисунок 5 – Общий вид программы управления стендом

Она создана на языке Object Pascal в среде Delphi 7.0. Программа служит для визуализации движения робота, т.е. она показывает как робот с текущими настройками САУ, при данных нагрузках двигался бы по тестовому полигону. С помощью данной программы можно менять нагрузку на ходовую часть робота, посылая сигнал на ЭП (через цепочку ПУ-МК-ПС). Она также позволяет записывать всю необходимую информацию о поведении объекта для последующей обработки и анализа.

7 Проведение испытаний на стенде

На рисунках 6 и 7 показаны результаты проведения испытаний на стенде.

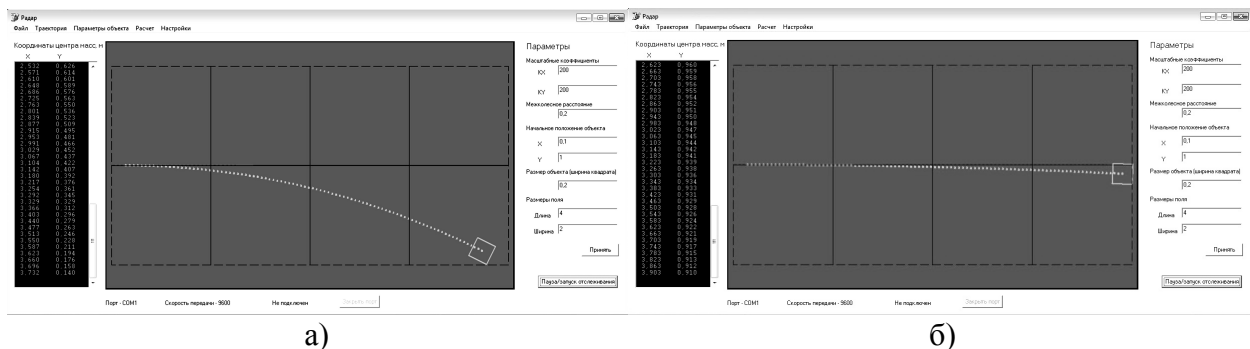


Рисунок 6 – Движение робота по прямой: а) – без САУ, б) – с применением САУ

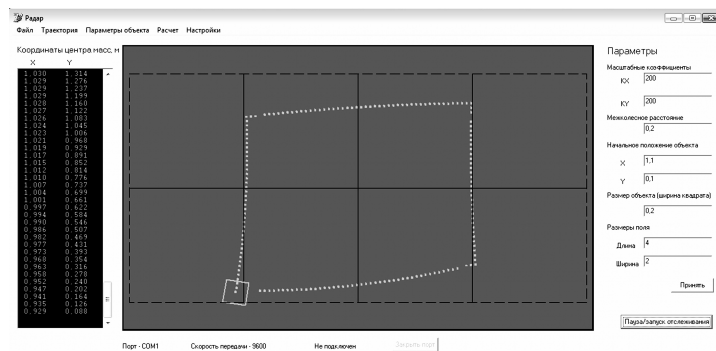


Рисунок 7 – Движение робота по заданной траектории – квадрат

Стенд позволяет проводить два вида испытаний: отработка алгоритмов для движения по определенной траектории (например, квадрат) и движение в сложных условиях, т.е. когда ходовая часть робота подвергается дополнительным нагрузкам. Проведя необходимые испытания, можно судить о качестве алгоритмов управления, качестве изготовления механики ходовой части робота, о ходовых характеристиках объекта в целом. Опираясь на полученные результаты, можно улучшить маневренность робота, его скоростные качества.

Заключение

В ходе проведенной работы были разработаны обкаточный стенд, необходимое программное обеспечение, изготовлен действующий макет системы. Проведены испытания комплекса «робот-стенд-компьютер», протестирована работа ПО на практике. Данный стенд обладает хорошими эксплуатационными характеристиками, универсален. Позволяет производить качественную настройку САУ для движения по заданной траектории и при различных внешних нагрузках. При использовании обкаточного стенда значительно сокращается время настройки САУ, но окончательные испытания и приемку объекта управления рекомендуется проводить в необходимых режимах движения в реальных условиях эксплуатации.

Литература

1. Borenstein, J., Liqiang, F.: Correction of Systematic Odometry Errors in Mobile Robots. IROS '95, Pittsburgh, Pennsylvania, August 5-9, pp. 569-574.
2. Ivanjko, E., Komsic, I., Petrovic, I.: Simple Off-Line Odometry Calibration of Differential Drive Mobile Robots. RAAD '2007, Zagreb, Croatia, June 7-9.
3. А.Е. Аверьянихин, А.И. Власов, Л.В. Журавлева, Л.А. Зинченко, В.А. Соловьев ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА для оформления конструкторско-технологической документации при выполнении домашних заданий, курсовых работ и проектов / под ред. В.А. Шахнова. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. - 53 с.: ил.
4. И.О. Пашинский, А.В. Юдин Интеллектуальная система управления электроприводом в задачах навигации мобильного робота // Сборник научных трудов. 13-ая Молодежная международная научно-техническая конференция «Научное и интеллектуальные системы». - Москва. 27-28 апреля 2011 г.- с. 257-261.
5. Kuturov, A., Yudin, A., Pashinskiy, I., Chistyakov, M.: Team Development of an Autonomous Mobile Robot: Approaches and Results. Technical report, 4th International Conference on Research and Education in Robotics, Prague, Czech Republic, June 15-17, 2011, pp. 187-201.
6. Молодежные соревнования мобильных автономных роботов Евробот. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.eurobot.org>, <http://www.eurobot-russia.ru> — Проверено 31.01.2012.

ОПТИМИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА ПРИ ПОМОЩИ МЕТЕОИНФОРМАЦИИ ПО GRIB

Ривкин А.М., Арутюнян Д.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Власов А.И.

Россия, Москва, МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ4

OPTIMIZATION OF USE AIRSPACE BY GRIB'S METEOROLOGICAL INFORMATION

Rivkin A.M., Arutyunyan D.V.

Supervisor: the senior lecturer, Cand.Tech.Sci. Vlasov A.I.

Russia, Moscow, MSTU named after N.E.Bauman, faculty IU4

Аннотация

В работе проведен анализ текущей системы управления воздушным движением, выявлены слабые стороны этой системы и предложены варианты их решения. Также рассмотрен метод оптимизации использования воздушного пространства при помощи метеопрогнозов, распространяемых в специальном формате - GRIB.

Abstract

The paper analyzes the current air traffic control system, identified weaknesses in the system and suggest options for solving them. Also, the method of optimizing the use of airspace with weather forecasts, distributed in a special format - GRIB.

Введение

Управление воздушным движением (УВД) в нашей стране — организация, планирование, координирование движения воздушных судов, выполняющих полёты или движущихся по аэродрому в связи с совершением взлётно-посадочных операций. Конечная цель УВД — обеспечение безопасности, регулярности и эффективности полётов. Согласно Воздушному кодексу СССР УВД было возложено на органы Единой системы управления воздушным движением (ЕС УВД) и ведомственные органы управления в пределах установленных для них районов и зон. В действующей системе управления ведущая роль принадлежит ЕС УВД. Она создана в начале 70-х гг. К этому времени плотность и интенсивность воздушного движения в стране достигли такого уровня, что управление полётами гражданских и военных воздушных судов, которые выполняются практически в одном и том же воздушном пространстве, их согласование и координация с пунктов управления, принадлежащих различным ведомствам, стали затруднительными. Интересы безопасности требовали объединения гражданских и военных органов УВД, что и было осуществлено в рамках ЕС УВД.

На органы ЕС УВД была возложена организация использования воздушного пространства для полётов гражданских и военных воздушных судов и других видов деятельности, связанной с использованием воздушного пространства, включая определение в нём воздушных трасс, местных воздушных линий (МВЛ), районов аэродромов и др. элементов структуры воздушного пространства для обеспечения единой технической политики УВД, внедрение автоматизированных систем и др. Оперативные органы — центры ЕС УВД (главный, зональные, районные), состоящие из гражданских и военных секторов, осуществляют планирование, координирование воздушного движения, а районные, кроме того, — непосредственное управление воздушным движением. При этом гражданские сектора управляют полётами всех воздушных судов по воздушным трассам страны и МВЛ первой категории, а военные сектора — полётами воздушных судов по маршрутам, проложенным вне воздушных трасс и МВЛ.

Ведомственные гражданские и военные органы УВД (диспетчерские и командные пункты различного назначения), не входящие в ЕС УВД, действуют в тесном взаимодействии с оперативными органами ЕС УВД. Они управляют воздушным движением в районах аэродромов (аэроузлов), включая подход и посадку воздушных судов, их взлёт и выход из районов аэродромов (аэроузлов) на воздушные трассы страны, МВЛ или на другие маршруты. К компетенции ведомственных органов УВД относится также УВД при полётах на МВЛ второй категории, в районах авиационных работ и др.

Анализ текущей системы управления воздушным движением

Процесс оперативного управления включает планирование, координирование и непосредственное УВД. Планирование воздушного движения производится с учётом пропускной способности воздушного пространства, аэродромов и возможностей органов УВД в обеспечении управления. Различают планирование предварительное — за несколько суток до дня полёта для составления расписаний полётов, потоков движения воздушных судов, графиков использования аэродромов и т. д., суточное — накануне дня полётов и текущее — в процессе выполнения суточного плана полётов для корректировки условий полётов отдельных воздушных судов. Координирование заключается в согласовании полётов воздушных судов с другими видами деятельности в воздушном пространстве, одновременных полётов воздушных судов различных ведомств в соответствующих районах и зонах, включая перераспределение потоков движения воздушных судов по воздушным трассам страны, МВЛ и др.

Непосредственное УВД начинается с момента пуска двигателей воздушного судна (начала руления, буксировки) и продолжается до их выключения после заруливания на стоянку. Непосредственное УВД включает:

1) информацию экипажей воздушных судов о метеоусловиях и воздушной обстановке в районе полёта, о состоянии аэродромов, работе средств связи и радиотехническом обеспечении полётов и посадки, передачу других данных, необходимых для безопасного выполнения полёта;

2) предотвращение опасных сближений и столкновений воздушных судов в полёте и с препятствиями на аэродроме посредством их эшелонирования (расщепления) в движении на безопасные интервалы, установленные правилами УВД;

3) принятие своевременных мер по оказанию помощи экипажу воздушного судна, терпящему бедствие или встретившемуся в полёте с особыми случаями, угрожающими его безопасности;

4) извещение органов, осуществляющих поисково-спасательные и аварийно-спасательные работы, о воздушных судах, терпящих или потерпевших бедствие.

Непосредственное УВД в зависимости от технической оснащённости осуществляется: при наличии непрерывного радиолокационного контроля за полётами — с соблюдением принципа «вижу, слышу — управляю», а при отсутствии такого контроля — с соблюдением принципа «слышу — управляю». Без радиосвязи полёты не разрешаются. Поддержание воздушными судами постоянной радиосвязи с органами УВД является обязательным. При нарушении связи командир воздушного судна и орган УВД обязаны принять неотложные меры к её восстановлению. При невозможности восстановления связи они должны действовать в соответствии с установленными для таких случаев правилами, соблюдение которых обеспечивает предупреждение столкновения данного воздушного судна с другими воздушными судами и его посадку на основном или запасном аэродроме. Непосредственное УВД всеми воздушными судами в определённом районе, зоне осуществляет только один орган УВД. Передача непосредственного УВД от одного органа УВД другому производится на установленных рубежах, определяемых, как правило, на границах их соответствующих районов и зон.

Обеспечение порядка и безопасности в воздушном движении достигается посредством передачи командирам воздушных судов диспетчерских разрешений и указаний,

касающихся курса, высоты (эшелона) и скорости полёта. Они обязательны для исполнения. В случае явной угрозы безопасности полёта, а также в целях спасения жизни людей, находящихся на борту воздушного судна, его командир может принимать решения, касающиеся продолжения полёта, с отступлением от диспетчерских указаний и разрешений. О предпринятых действиях он обязан немедленно сообщить органу УВД, под непосредственным управлением которого находится воздушное судно [1].

Анализ ситуации с подачей планов полётов и сообщений о движении воздушных судов (ВС) позволяет выявить ряд негативных сторон:

- не поступление в главный центр (ГЦ) на регулярной основе значительной доли планов полётов и сообщений о движении ВС, выполняющих международные полёты, существенно затрудняет реализацию разрешительного порядка использования воздушного пространства (ИВП) Российской Федерации (РФ);
- в органы ОВД и Военно-Воздушные Силы (ВВС) плановая информация поступает не всегда удовлетворительного качества, требующая значительных усилий по обработке телеграмм одновременно во всех органах, затрагиваемых полётом;
- имеет место множество случаев непоступления планов полётов и сообщений, касающихся их обновлений, в необходимые адреса. Одновременно с этим из-за ошибок адресования в органы ОВД поступает требующая обработки информация о полётах, их не затрагивающих;
- отсутствует механизм влияния со стороны центров Единой системы организации воздушного движения (ЕС ОрВД) на поступающую в органы ОВД плановую информацию, что не позволяет добиваться их корректности, полноты и своевременности.

Централизованная служба обработки планов полетов

Централизованная служба обработки планов полетов (ЦСОПП) создаётся на двух основных принципах:

- принципе централизации сбора и распространения плановой информации по всей зоне ответственности ГЦ,
- принципе реализации обратной связи с органом, подающим сообщения.

Все пользователи воздушного пространства (ВП) РФ будут подавать планы полётов фактические планы полета (ФПЛ) и сообщения, касающиеся их обновления, только в единственный адрес-ГЦ ЕС ОрВД (принцип централизации сбора плановой информации). При этом, если полёт затрагивает пространство за пределами ВП РФ, дополнительные адреса будут указываться подателем сообщений самостоятельно.

ЦСОПП, получив план полёта, анализирует его на синтаксис/семантику, соответствие действующей аэронавигационной информации, ограничениям (отсутствие долгов по оплате аэронавигационного обслуживания (АНО), соответствие свидетельству эксплуатанта и т.п.), установленным нормативам пропускной способности органов ОВД, соблюдение установленной последовательности и сроков подачи сообщений и, при положительном результате, будет направлять подателю плана полёта сообщения о принятии плана (принцип обратной связи). При наличии в плане незначительных ошибок, поддающихся автоматическому исправлению, ЦСОПП будет исправлять их и текст исправленного плана полёта будет включаться в ответное сообщение подателю для извещения его о том, в каком виде его план принят системой ОВД РФ. Пользователю будет предоставляться право несогласия с исправлениями. При этом он будет должен отменить план полёта и представить новый. В случае, когда ошибки в принятом плане носят критический характер, или не будут поддаваться автоматическому исправлению, ЦСОПП будет направлять подателю сообщение о непринятии плана полёта (сообщения) с указанием ошибок для исправления. При этом податель может заказать у ЦСОПП услугу на ручное исправление ошибок.

Во исполнение принципа централизации распространения плановой информации, получение сообщения о принятии плана полёта будет означать, что в установленные сроки план полёта и сообщения о движении ВС будут направлены ЦСОПП в необходимые адреса

на территории РФ, которые ЦСОПП определит самостоятельно, а также в адреса, указанные подателем сообщения дополнительно.

Создание централизованной службы обработки планов полетов (ЦСОПП) позволит создать и вести в одном - Главном оперативном органе системы ОрВД – единый план воздушного движения по воздушным трассам, включающий информацию о планах полетов гражданской, государственной и экспериментальной авиации.

Оптимизация использования воздушного пространства

Для оптимизированного использования воздушного пространства нашей страны необходимо учитывать метеоусловия на всех этапах УВД. Для достижения этой цели требуется иметь прогноз погоды для каждого ВС на всей протяженности его полета. Прогноз погоды складывается из трех неразрывно связанных между собой этапов.

Первый из них — сбор данных наблюдений за погодой. Необходимо собрать в одно место сведения о состоянии атмосферы от наземных и радиозондирующих станций, пунктов штормооповещаний, оборудованных радиолокаторами, метеорологических спутников, самолетов и т. д. Это сложная оперативная задача, требующая применения современных средств связи. Основные исходные данные, которые используются для составления прогноза погоды, — различные характеристики давления, температуры, влажности, ветра, облачности и их изменения за определенный промежуток времени.

Второй этап — обработка и анализ полученных данных, т. е. составление и анализ карт погоды: выявление областей низкого и высокого давления (циклонов и антициклонов), проведение линий атмосферных фронтов, с которыми обычно связаны наиболее резкие изменения погоды, определение районов дождей, туманов, гололедов, гроз, градов, шквалов, пыльных бурь, сильных ветров и т. д.

Третий этап наиболее трудный — составление прогноза погоды. Качество и полнота наблюдений за погодой зависят от новой техники наблюдательных станций, от разработки новых и совершенствования действующих приборов, от методики наблюдений. Скорость обработки данных наблюдений и анализ их обеспечиваются применением электронно-вычислительных машин, автоматизацией всех звеньев, передающих сведения о погоде. Чтобы достичь более высокого качества и полноты наблюдений за погодой, теперь обычные наблюдательные метеорологические станции заменяют автоматическими, которые включены в общую систему сбора и обработки первичной информации. Кроме того, широко используется информация с искусственных спутников Земли.

Метеоинформация передается в электронном виде, в специальном формате GRIB, который заменил Aeronautical Data Format (ADF) - аэронавигационный формат данных. GRIB (GRIdded Binary) — математический формат сжатых данных, обычно используемый в метеорологии для хранения исторических и прогнозируемых данных о погоде. Он был стандартизирован комиссией по основным системам Всемирной метеорологической организации, известен под номером GRIB FM 92-IX и описан в 306 номере руководства ВМО по кодам [2].

Расчет 4D-траектории

Для учета метеоинформации при управлении воздушным движением, в современных автоматизированных системах управления воздушным движением большое внимание уделяется расчету 4D-траектории ВС по данным плана полета.

Собственно, под расчетом 4D-траектории понимается вычисление времени прохождения ВС последовательных точек маршрута и соответствующих высот от начала до окончания полета на основании данных плана полета, причем под началом полета понимается начало руления, поскольку по правилам заполнения плана полета в нем указывается расчетное время уборки колодок, и именно от этого времени начинается отсчет при расчете 4D-траектории, а под окончанием полета понимается момент освобождения взлётно-посадочной полосы, связанный с завершением пробег.

При проведении расчетов полет принято рассматривать в последовательном прохождении следующих фаз:

- руление,
- разбег,
- набор высоты до занятия запрошенного эшелона с выходом в крейсерский режим полета,
- полет на эшелоне,
- снижение до захода на посадку (до точки входа в глиссаду),
- посадка,
- пробег.

Поскольку на каждой из перечисленных фаз имеются свои особенности с точки зрения используемых параметров и учитываемых факторов. Наиболее продолжительная по времени фаза – полет на эшелоне [3].

Существует 3 метода расчета продолжительности полета на эшелоне с учетом ветра:

- Статистический метод расчета продолжительности полета на эшелоне с учетом эквивалентного ветра
- Метод расчета через определение угла сноса
- Метод, учитывающий взаимное расположение участка трассы и скорости ветра по GRIB

В данной статье будет рассмотрен расчет только одного метода – учитывающего взаимное расположение участка трассы и скорости ветра по GRIB, поскольку данный метод наиболее точный. При полете на эшелоне для расчета траектории используются крейсерская скорость и крейсерский эшелон полета (параметры описываются в плане полета), а расчет производится с учетом ветра.

Входными данными для расчета служат значения скорости и направления ветра, передаваемые различными центрами (Вашингтон, Брекнелл, Москва) в кодах GRIB на уровнях от 1000 до 100 гПа, (в крайнем случае, это могут быть и аэрологические данные, но их слишком мало).

Маршрут полета, описанный в плане полета, и его изменения представляет собой заранее рассчитанную четырехмерную пространственную траекторию полета ВС в виде связанных отрезков линии пути, каждый из которых задан координатами, высотой (эшелон) и временем прохода пунктов маршрута, в том числе и пунктов изменения профиля полета. На каждом участке скорость ВС раскладывается на составляющие u_c и v_c (с учетом расположения участка на карте). Далее определяется средний ветер на этом участке, с учетом выбранного эшелона полета, причем учитывается ветер в начале, середине и в конце участка ($u_1, v_1, u_2, v_2, u_3, v_3$). Для нахождения скорости ветра на эшелоне (уровне полета P), не совпадающем с уровнями отбора данных, применяется логарифмическая интерполяция:

$$u = (u_1(p + p_1)(p_2 - p) + u_2(p + p_2)(p - p_1)) / 2p(p_2 - p_1);$$

$$v = (v_1(p + p_1)(p_2 - p) + v_2(p + p_2)(p - p_1)) / 2p(p_2 - p_1),$$

где u_1, p_1, v_1 и u_2, p_2, v_2 - составляющие ветра и давление на уровнях выше и ниже интерполируемого.

Для нахождения скорости ветра на конкретном уровне, но в произвольной точке применяется билинейная интерполяция:

$$u = u_a + (u_d - u_a)Dx + (u_b - u_a)Dy + (u_a - u_b + u_c - u_d)DxDy,$$

$$v = v_a + (v_d - v_a)Dx + (v_b - v_a)Dy + (v_a - v_b + v_c - v_d)DxDy,$$

где u_i, v_i - значения составляющих скорости ветра в узлах регулярной сетки, Dx, Dy - шаги сетки.

Средний ветер на участке трассы:

$$v_{1ср} = (v_1 + v_2 + v_3) / 3;$$

$$u_{1ср} = (u_1 + u_2 + u_3) / 3.$$

Путевая (суммарная) скорость ВС с учетом ветра:

$$v_{св} = v_c + v_{1ср};$$

$$u_{св} = u_c + u_{1ср},$$

где $v_{св}, u_{св}$ - составляющие скорости ВС с учетом ветра. Путевая (итоговая) скорость ВС (W) определяется как квадратный корень из суммы квадратов $v_{св}$ и $u_{св}$. Зная длину участка S (в км), определяется время в пути:

$$W^2 = v_{св}^2 + u_{св}^2,$$

$$W = \sqrt{v_{св}^2 + u_{св}^2}.$$

Таким образом, на каждом заданном участке трассы определяются истинные скорости ВС.

Литература

1. Гальков М.А., Рудельсон Л.Е., Тверитнев М.М. Имитационная модель использования воздушного пространства. // Известия Академии Наук, Теория и системы управления, 2003, № 4.
2. - GRIB - Wikipedia, the free encyclopedia // <http://en.wikipedia.org/wiki/GRIB>
3. – Ривкин А.М. Модель полета воздушных судов на эшелоне // Наука и Образование, 2011, №11

ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА И ОПТИМИЗАЦИИ ЗАГРУЗКИ СЕКТОРА ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА

Новиков П.В., Арутюнян Д.В.
Научный руководитель: к.т.н., доцент, Власов А.И.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, Москва, Россия

PRINCIPLES OF CONSTRUCTION INTELLECTUAL SYSTEM OF ANALYSIS AND OPTIMIZATION LOAD OF SECTOR AIRSPACE

Novikov P.V., Arutjunjan D.V.
Supervisor: Ph.D., associate professor, Vlasov A.I.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация

В статье рассматриваются основные факторы, воздействующие на загрузку секторов воздушного пространства, которые лежат в основе интеллектуальной системы оптимизации загруженности сектора воздушного пространства. Подробно исследованы причины и методы, влияющие на загруженность секторов. Кратко представлено архитектура построения современного воздушного пространства полетов ВС. В заключении даны рекомендации по дальнейшему развитию и применению данной системы.

Abstract

The paper examines the main factors affecting the loading of the sectors of airspace, which form the basis of optimizing the utilization of intellectual vozdushongo sector of space. Studied in detail causes and methods of influencing the utilization sectors. Briefly presents the architecture of building a modern air space flights Sun Finally, recommendations are given for further development and application of this system.

Введение

В настоящее время количество воздушных средств в воздушном пространстве Российской Федерации неуклонно растет, что вызывает высокую загруженность как воздушного пространства, включающего сектора, участки трасс и точки пролета, так и диспетчерский персонал, обслуживающий полеты ВС.

Данная система позволит нормализовать загруженность всех секторов, что приведет к понижению загруженности обслуживающего диспетчерского персонала.

Структура воздушного пространства Российской Федерации

Структура воздушного пространства включает в себя следующие элементы [1]:

- а) зоны и районы (зоны и районы Единой системы, районы полетной информации, диспетчерские районы, диспетчерские зоны);
- б) маршруты обслуживания воздушного движения;
- в) районы аэродромов (аэроузлов, вертодромов);
- г) специальные зоны (зоны отработки техники пилотирования, пилотажные зоны, зоны испытательных полетов, зоны полетов воздушных судов на малых и предельно малых высотах, зоны полетов воздушных судов на скоростях, превышающих скорость звука, полетов воздушных судов на дозаправку топливом в воздухе, полетов воздушных судов с переменным профилем и т.д.);
- д) маршруты полетов воздушных судов;
- е) запретные зоны;
- ж) опасные зоны;
- з) зоны ограничения полетов;
- и) другие элементы, устанавливаемые для осуществления деятельности в воздушном пространстве.

Границы элементов структуры воздушного пространства устанавливаются по географическим координатам и высотам.

Из которых можно выделить основные наиболее атомарные объекты:

- Зоны;
- Воздушные трассы;
- Точки ВП;



Рисунок 1 – Графическое отображение структуры ВП РФ [2]

Таким образом, основными объектами для анализа системы оптимизации загрузки являются те же самые атомарные объекты описанные выше.

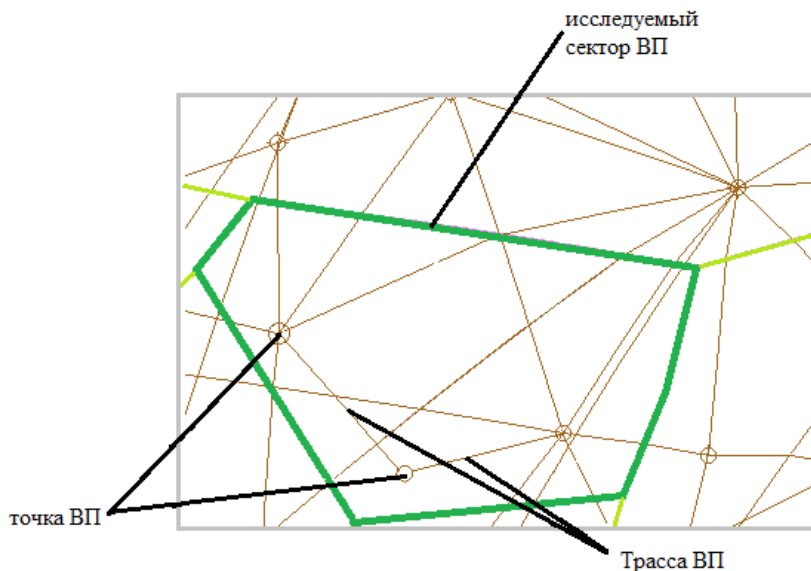


Рисунок 2 – Объекты ВП рассматриваемы в данной системе

Декомпозиционная модель исследуемых элементов

Представим декомпозицию воздушного пространства Российской Федерации для определения взаимодействия элементов воздушного пространства между собой.

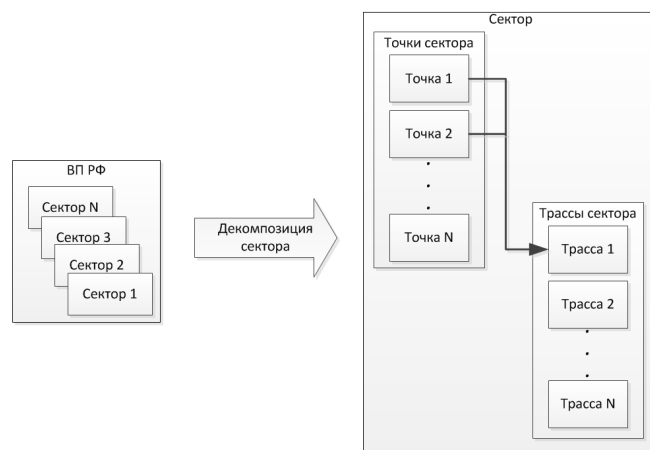


Рисунок 3 – Декомпозиция ВП РФ до атомарного уровня

Таким образом, для проведения оптимизации, возможно, взять сектор, являющейся наиболее неделимой единицей воздушного пространства, на котором возможно рассматривать загруженность.

Представим сектор в виде модели «черный ящик» с использованием метода абстрагирования [3]. Слева расположим факторы, влияющие на загруженность сектора, справа выходные данные по расчету загрузки, сверху управляющие воздействия, способствующие изменению обстановки в секторе, снизу способы отображения и моделирования обстановки.



Рисунок 4 – используемая модель «черный ящик»

На рисунке 5 представлена разработанная модель, по управлению загруженностью сектора, на который выявлены основные факторы способные внести изменения в загруженность сектора и основные управляющие воздействия, при помощи которых возможно оптимизировать загрузку сектора.

Управляющий Фактор	
Изменение таймслота	Изменение времени вылета судна
Изменение 4D траектории	Изменение как пространственного положения судна так и временного
Изменение 2D траектории	Изменение траектории полета судна в горизонтальном профиле
Изменение скорости	Изменение скорости судна для изменения временного позиционирования
Изменение эшелонирования	Изменение высоты полета судна

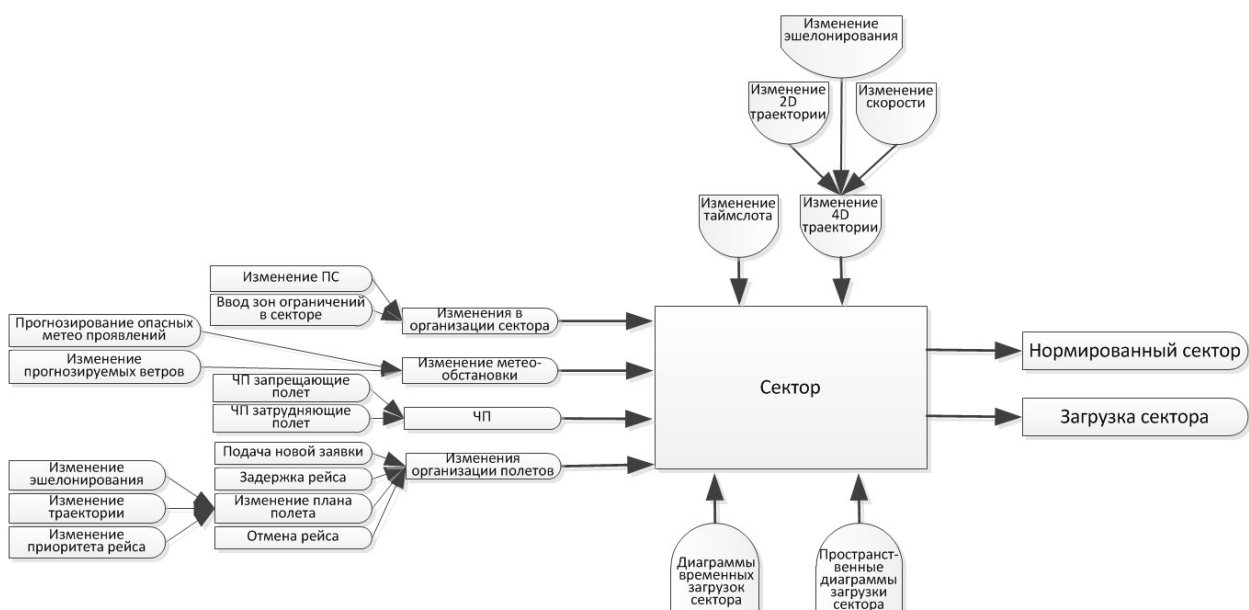


Рисунок 5 – Используемая модель «черный ящик»

Таким образом, с использованием разработанной модели возможно создание автоматизированной интеллектуальной системы, которая на основе планируемой воздушной обстановки на этапе тактического планирования способна при помощи управляющих воздействий влиять на отдельные планы полетов, тем самым оптимизируя загруженность сектора и тем самым уменьшая загруженность диспетчера в данном секторе.

Заключение

Разработка автоматизированной интеллектуальной системы позволит повысить пропускную способность сектора, тем самым возможно повысить пропускную способность ВП РФ, а так же снижение загрузки секторов и их нормализация приведет к снижению стрессовых ситуаций диспетчера

Литература

15. "ВОЗДУШНЫЙ КОДЕКС РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ" от 19.03.1997 N 60-ФЗ
16. Казарьян Б., Об одной проблеме развития систем с БЛА, – Электронный ресурс. Режим доступа: http://uav.ru/articles/org_flight.pdf - Проверено 29.02.2012.
17. Игнатьева А.В., Максимцов М.М. Исследование систем управления: Учеб. пособие для вузов. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. - 157 с.

МЕХАТРОННЫЙ МОДУЛЬ С ОРГАНОМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

Григорьев П.В., Егоркин К.С., Кириллов А.В., Костюченко С.В., Лобанов В.С.

Научный руководитель: Юдин А.В.

МГТУ им. Н.Э.Баумана, Москва, Россия

MECHATRONIC MODULE WITH TECHNICAL VISION

Grigoriev P.V., Egorkin K.S., Kirillov A.V., Kostyuchenko S.V., Lobanov V.S.

Supervisor: Yudin A.V.

BMSTU, Moscow, Russia

Аннотация

В статье обобщена работа команды студентов 1 курса МГТУ им. Н.Э. Баумана по созданию универсального мехатронного модуля для мобильного робота. Подробно рассмотрена общая постановка задачи, структура системы, представлены решения в области электромеханики, электроники и программирования.

Abstract

The article summarizes work of creating a universal mechatronic module for a mobile robot by a team of 1st year students at BMSTU. General problem definition, system structure, solutions in the such fields as electromechanics, electronics and programming are discussed in detail.

Введение

Современные автономные, да и автоматические системы все чаще становятся интеллектуальными и мехатронными, т.е. приобретают возможность не только получать сигналы и их обрабатывать, но и воздействовать на источник сигналов – окружающую среду. При этом, говоря о мехатронной системе или более узко – о мехатронном модуле или узле, имеется в виду не только возможность воздействовать на физический мир, лежащий вне границ устройства, но и о повышенной его надежности в сравнении с обычными, классическими системами. Это становится возможным из-за уменьшения общего количества интерфейсов между отдельными элементами устройства, за счет своего рода «сращивания» отдельных его частей, в том числе частей различной физической природы (например, серводвигатель).

Говоря о мехатронике, как о наиболее общей дисциплине, невозможно обойти ее связь с робототехникой. Так европейские ученые уже не первый год работают над универсальной робототехнической платформой EUROP [1], которая в недалеком будущем позволит реализовывать проекты промышленного, военного и потребительского направления различной сложности. Суть же проекта сводится к выделению и реализации таких мехатронных модулей, которые затем, как конструктор, будут служить основой для вновь разрабатываемых систем.

Ежегодные соревнования автономных мобильных роботов Евробот [2], по сути, предъявляют к постоянным участникам похожие требования к выделению отдельных модулей на роботе, которые можно было бы использовать без каких-либо доработок в последующие годы. В данной статье описан один из подобных интеллектуальных мехатронных модулей.

Постановка задачи

В ежегодно меняющихся правилах Евробот обычно бывает не меньше 3 новых для команд задач, не стал исключением и 2012 сезон [3]. Новые задачи чаще носят механический характер и требуют разработки исполнительных механизмов и соответствующих систем управления к ним.

Одной из таких задач является задача поиска и нажатия кнопок (рис.1), расположенных на вертикальной стене. Мобильный робот должен самостоятельно найти кнопку определенного цвета и нажать на нее. Задача осложняется тем, что заранее

неизвестно где расположена кнопка, а также имеются помехи в виде идентичных по размеру кнопок, но цвета отличного от заданного. На рисунке кнопки помечены цифрами 1, 2, 3, 4.

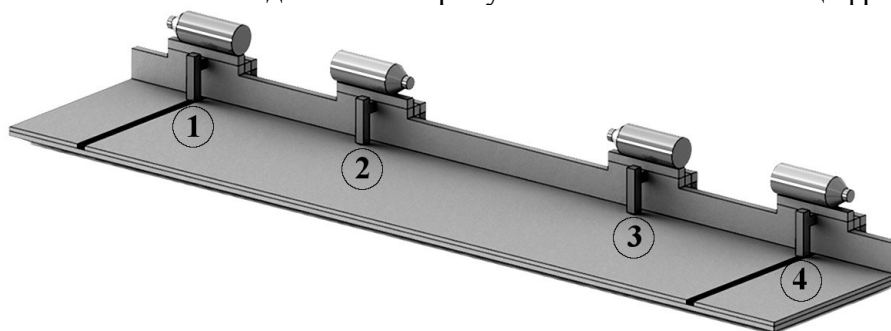


Рисунок 1 – Задача нажатия на кнопку, общий вид

Как можно видеть, кнопки располагаются вдоль борта рабочей площадки, по которой может перемещаться робот. Всего кнопок 4: две из них имеют один цвет, а оставшиеся две – другой. Геометрические размеры кнопок и их положение относительно борта и рабочей площадки представлены ниже на рис. 2. Темно-серым цветом выделена кнопка, а также ее разрез в виде справа, светло-серым цветом показаны разрезы рабочей площадки и борта.

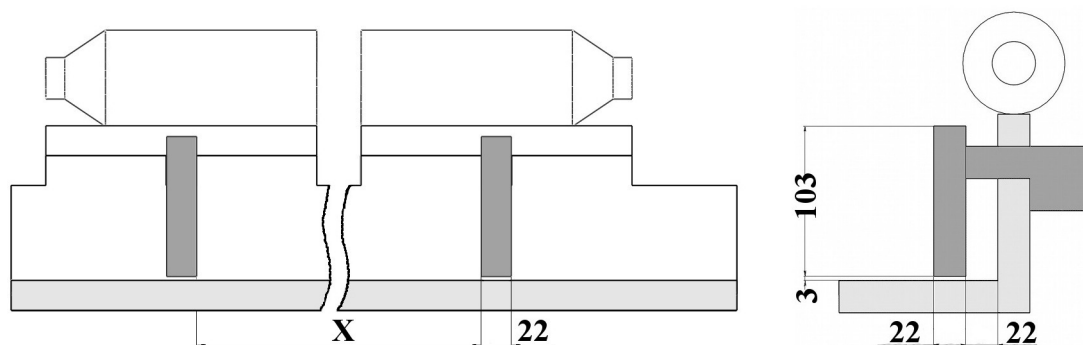


Рисунок 2 – Геометрия и расположение кнопок на рабочей площадке

Мы сознательно несколько усложнили задачу, по сравнению с той, что представлена в правилах соревнований тем, что заранее не знаем, где вдоль борта расположена кнопка (на рис.2 это обстоятельство показано в виде расстояния X между кнопками; X заранее неизвестно). Это изменение требует от разрабатываемого устройства максимальной автономности, независимости от других подсистем робота.

Также, следует отметить, что существует ограничение на размер устройства: периметр не более 1200 мм, а высота не более 300 мм. Кроме того, исходя из правил Евробот 2012, система не должна повреждать ни кнопки, ни рабочую площадку, ни борт, а также следует учитывать ограничения на мощность пневматических систем, на использование некоторых видов энергии и на использование «стреляющих» механизмов.

Таким образом, разрабатываемый мехатронный модуль должен обладать:

- органом технического зрения – для формирования кадров с информацией о цвете, форме и пространственном положении кнопки;
- исполнительным устройством – для нажатия на кнопку;
- интеллектуальной системой распознавания и управления – для распознавания нужных кнопок на кадре и управления приводом, но в т.ч. для реализации возможности обучения в других задачах распознавания.

Решение задачи в общем виде

Для реализации модульного подхода и возможности повторного использования разработанного устройства в будущих проектах, в работе делается больший акцент именно на подсистему технического зрения, и на подсистему интеллектуального распознавания и управления. Кроме того, для увеличения повторного использования модуля в других

проектах немаловажным оказывается требование его автономной работы (но не в смысле источника питания, а в смысле функциональных возможностей).

Стоит отметить, что описываемый модуль является лишь одним из элементов более сложной системы управления робота. С некоторыми из таких элементов он связан наиболее тесно, например, с модулем движения, задача которого – доставить все остальные модули в определенное место на рабочей площадке. Поэтому предполагается, что разрабатываемый модуль хоть и должен быть автономным, но не должен обладать возможностью перемещения в пространстве. Если провести аналогию с человеческим телом его задача – обеспечить «рефлекс» нажатия на правильную кнопку, т.е. безусловное выполнение нажатия в случае, когда нужная кнопка находится в нужном месте.

Исходя из всего перечисленного, была выбрана архитектура, имеющая следующие свойства: за каждую функцию модуля отвечает отдельный узел, при этом общее количество узлов должно быть минимально возможным, так как в этом случае система получается наиболее простой и эффективной. Структурная схема модуля, представлена на рис.3.



Рисунок 3 – Структурная схема мехатронного модуля

Задача Датчика (узел 1) получить кадр, изображающий окружающую среду и, преобразовав его в массив бит по определенному стандарту, послать на узел 2 по шине связи. В рассматриваемом случае Датчик также можно назвать органом технического зрения модуля.

Вычислитель (узел 2) осуществляет управление исполнительным устройством и обработку кадров от узла 1. Вычислитель может быть как мощным компьютером, так и специализированным контроллером. Именно благодаря этому узлу модуль самостоятельно ориентируется в среде и является полностью автономным. В случае необходимости в него могут быть также включены функции обучения.

Исполнительное устройство (узел 3) является основной механической частью модуля. Оно воздействует на внешнюю среду нажатием на кнопку. Механика в данном случае оказывает значительное влияние на быстродействие всего модуля в целом, т.к. в отличие от других узлов работает последовательно и поисковые функции прочих узлов оказываются бесполезными до тех пор, пока не отработает механика данного узла.

Внешняя среда. С ней модуль информационно связан через узел 1 и на нее он может воздействовать через узел 3. В данном случае среда представляет собой рабочую площадку с бортом, на котором расположены кнопки. Включая внешнюю среду в описание мехатронного модуля, следует подчеркнуть ее важность в случае разработки интеллектуальной системы управления, которая способна учиться воздействовать на среду путем сопоставления активных влияний на нее и результатов этих влияний, получаемых через орган зрения.

Орган технического зрения

Одним из основных элементов системы технического зрения является фотодатчик. В данной задаче в качестве фотодатчика было выбрано устройство COMedia C328. Основная задача этого устройства – захват и передача по шине по запросу компьютера текущего кадра на фотоматрице (рис.4). Компьютер в дальнейшем отвечает за обработку полученного

Видимое многообразие последовательностей команд на рис.5 можно условно разделить на 7 этапов:

1. установка связи между модулем и компьютером (SYNC);
2. инициализация (INIT);
3. Установка размера пакета (SPS);
4. Команда «сделать снимок» (SSHOT);
5. Команда «получить изображение» (GET);
6. Передача данных (DATA,PACK1, PACK2... PACKn)
7. Завершение передачи (ACK F0F0h).

Принцип работы вычислителя

Вычислитель (компьютер или микроконтроллер) имеет возможность запросить и получить изображение с узла 1, но основная его задача – распознать на полученном кадре нужный объект (кнопку), определить его координаты и размеры, а впоследствии, когда объект будет находиться в нужном месте – подать управление на узел 3.

Принципиально поиск объекта сводится к работе с текущим кадром и шаблоном (рис.6), который для разных реализаций мехатронного модуля будет разным, но в рамках конкретной конфигурации узлов он будет постоянным.

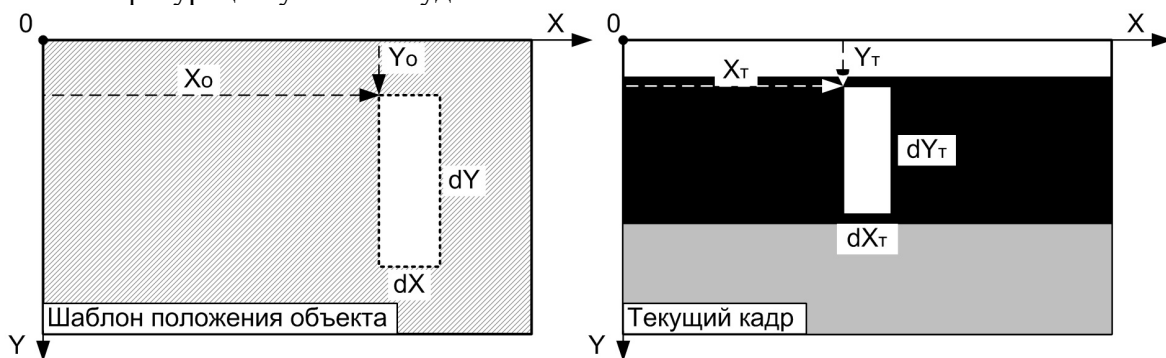


Рисунок 6 – Представление шаблона и текущего кадра с фотодатчика

На рис.7 представлен простой алгоритм, который поясняет принцип работы вычислителя.

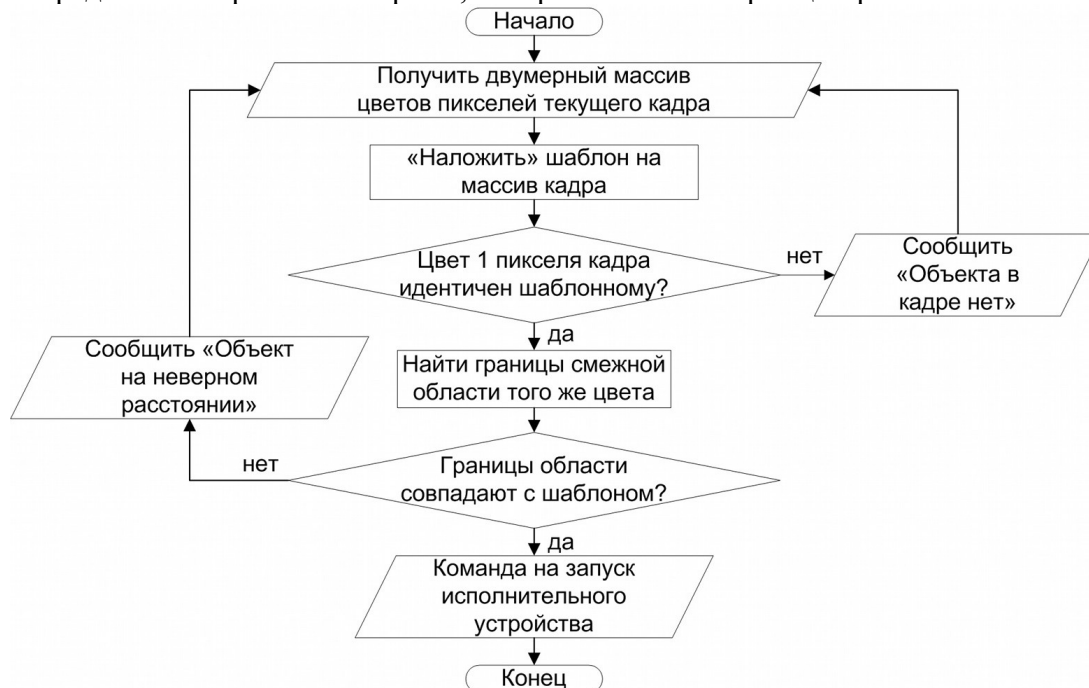


Рисунок 7 – Алгоритм работы вычислителя

В сердце данного алгоритма задействован обычный пороговый фильтр, который позволяет достаточно точно определить момент, когда нужный объект находится в нужном месте. Но, к сожалению, такой подход с шаблоном обладает рядом недостатков: не позволяет полноценно распознать (а также получить его координаты и размер) объект в любом месте кадра, предполагает аккуратную процедуру калибровки всего мехатронного модуля.

К числу достоинств данного подхода следует отнести высокую скорость работы, т.к. объем информации для обработки ограничен лишь частью кадра, а также относительную простоту реализации в сравнении с другими методами, о которых речь ниже. В силу сказанного подход к распознаванию с шаблоном был выбран для реализации на вычислителе-микроконтроллере.

Помимо рассмотренного, естественно существуют и другие более совершенные способы распознавания. Хорошим примером реализации подобных методов можно назвать библиотеку OPEN CV [5], изначально рассчитанную на более сложные задачи распознавания изображений. Данный подход был выбран для реализации на вычислителе-компьютере.

Библиотека позволяет разобраться, как подойти к построению интеллектуальных программных систем, которые в свою очередь приводят нас к более «натуральному» нейросетевому подходу. Именно нейросетевое распознавание предполагается развивать в работе в дальнейшем.

Исполнительный механизм

После обработки картинки и получения координат искомого объекта (кнопки) компьютер передаёт команду на исполняющее устройство. Тем самым отдавая команду нажать кнопку.

Основным двигателем исполняющего устройства является линейный электромагнитный привод – линейный соленоид. Такое техническое решение позволит производить взаимодействие с объектом с большей скоростью, по сравнению с линейными передачами на основе электромоторов. Кроме того, избавит разработчиков от исполнения сложных механических систем преобразования вращательного движения в поступательное. Структурная схема исполнительного механизма на основе линейного электромагнитного двигателя представлена на рис.8.

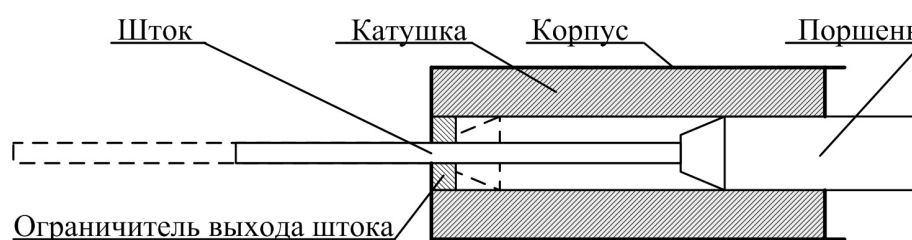


Рисунок 8 – Структурная схема исполнительного механизма

Длина выдвижного штока таких соленоидов колеблется от 10 до 100 мм. Этого достаточно чтобы производить нажатие кнопки на расстоянии, с учётом хода самой кнопки во время нажатия. Управление соленоидом будет осуществляться непосредственно с вычислителя через коммутатор, в качестве которого может использоваться реле, транзисторный каскад либо оптрон. Рабочее напряжение данного электромагнитного привода – 12V.

Заключение

Разработка мехатронных модулей позволяет существенно уменьшить трудоемкость проектов, в которых они применяются, что в свою очередь ведет к общему снижению стоимости работ и конкурентноспособному продукту. Ведущие научные и инженерные центры мира ведут работу в направлении формирования минимально необходимой базы подобных модулей для использования в ближайшем и отдаленном будущем.

Разработанный модуль будет полезен как в автономной мобильной робототехнике, так и для стационарных автономных систем, но в особенности для соревнований Евробот.

В статье обобщена работа команды студентов 1 курса МГТУ им. Н.Э. Баумана, которая позволяет для каждого из авторов определить темы дальнейшей научной работы. С этой точки зрения, она также может быть полезна в качестве методического материала.

Литература

1. EUROP European Robotics Technology Platform. Электронный ресурс. Режим доступа: http://www.robotics-platform.eu/cms/upload/SRA/2010-06_SRA_A4_low.pdf — Проверено 31.01.2012.
2. Молодежные соревнования мобильных автономных роботов Евробот. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.eurobot.org>, <http://www.eurobot-russia.ru> — Проверено 31.01.2012.
3. Правила молодежных соревнований роботов Евробот 2012: «Остров сокровищ»: Пер. с англ. С дополнениями НОК Евробот России./ Общ. Ред. А.В. Юдина. Изд. 2-е., испр — М.: Национальный организационный комитет Евробот России, 2011. — 39с., ил. Электронный ресурс. Режим доступа: http://www.eurobot-russia.ru/images/upload/file/2012/EA2012_rules_RU_2.pdf — Проверено 31.01.2012.
4. COMedia Ltd. C328-7640 User Manual. — Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.kosmodrom.com.ua/pdf/C328-7640.pdf> — Проверено 31.01.2012.
5. Open Source Computer Vision Library — Электронный ресурс. Режим доступа: <http://opencv.willowgarage.com/wiki/> — Проверено 31.01.2012.
6. Дж. Ту, Р. Гонсалес. Принципы распознавания образов. — М.: Мир, 1978 — 414 с.
7. Афонин В.Л., Макушкин В.А. Интеллектуальные робототехнические системы. — М.: Интернет-университет информационных технологий - ИНТУИТ.ру, 2005 — 208 с.
8. Щучинский С.Х. Электромагнитные приводы исполнительных механизмов. — М.: Энергоатомиздат, 1984 — 152 с.
9. А.Е.Аверьянихин, А.И.Власов, Л.В.Журавлева, Л.А.Зинченко, В.А.Соловьев ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА для оформления конструкторско-технологической документации при выполнении домашних заданий, курсовых работ и проектов / под ред. В.А.Шахнова. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. - 53 с.: ил.
10. Практические работы по курсу «Системы искусственного интеллекта» — Электронный ресурс. Режим доступа: <http://oracle.iu4.bmstu.ru/expert/lec> — Проверено 31.01.2012.

ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГРАФОВЫХ МОДЕЛЕЙ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ТОПОЛОГИИ СБИС ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ ДВОЙНОГО ШАБЛОНА

Верстов В.А.

Научный руководитель Зинченко Л.А., д-р техн. наук, профессор

МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра ИУ4, г. Москва, Россия

HIGH-PERFORMANCE ALGORITHM FOR GENERATING GRAPH MODELS OF VLSI LAYOUT FOR DOUBLE PATTERNING

Verstov V. A.

Advisor: Zinchenko L. A., D.Sc., professor

BMSTU n.a. N.E. Bauman, Moscow, Russia

Аннотация

Одним из основных направлений развития литографии согласно документам ITRS [4] является технология двойного шаблона. Для использования технологии двойного шаблона необходимо провести декомпозицию исходного топологического слоя на два новых. Однако сложность расчетов при проектировании и производстве СБИС увеличивается с переходом к меньшим топологическим нормам. В настоящий момент для производства шаблонов необходимо обрабатывать файлы описания топологии объемом в десятки гигабайт. Этот факт приводит к необходимости эффективно использовать вычислительные ресурсы высокопроизводительных вычислительных систем.

Abstract

Double Patterning is one of the main ways of developing lithography according to ITRS [4] documents. Double Pattern technology requires the decomposition of the single layer in two new ones. But the complexity of the calculation during design process of VLSI is increasing according to design rules. Manufacturing patterns requires processing files representing planar geometric shapes, text labels, and other information about the layout. Because of this fact it is useful to design special algorithms for high-performance computer systems.

Введение

Основная идея технологии двойного шаблона базируется на последовательном применении двух шаблонов во время прожига резиста для получения рисунка с размерами элементов, не достижимыми с помощью традиционных методов литографии. Декомпозиция топологии СБИС для технологии двойного шаблона заключается в разделении исходного топологического слоя на два новых. Наиболее распространенный способ решения задачи декомпозиции топологии – использование графовых моделей, в частности – графа ограничений и графа противоречий. Вершины графа ограничений представляют собой геометрические объекты, рёбра – ограничения на расстояния между ними. Вершины графа противоречий представляют собой геометрические объекты, рёбра – противоречия, возникающие из-за ограничений технологии двойного шаблона.

В такой постановке задача декомпозиции сводится к задаче раскраски вершин графа ограничений. Для технологии двойного фотошаблона граф должен быть двуцветным, иначе топологический слой невозможно разделить на два новых.

Построение графа ограничений и графа противоречий является наиболее трудоемкой задачей при декомпозиции топологии СБИС для технологии двойного фотошаблона.

Проблемы обработки входной топологической информации рассмотрены в работе [1]. В работе [2] предложен параллельный алгоритм декомпозиции топологии СБИС на основе графовых моделей. В данной статье будет рассматриваться процесс перехода к графовым моделям представления топологии СБИС.

возможность разделить исходный топологических слой на горизонтальные полосы и обрабатывать их на отдельных процессорах. Особое внимание следует уделить граничной области, как видно из рис. 2, получаемые при разделении полосы перекрывают друг друга, тем самым гарантируя то, что не будет упущен конфликт на границе между двумя полосами.

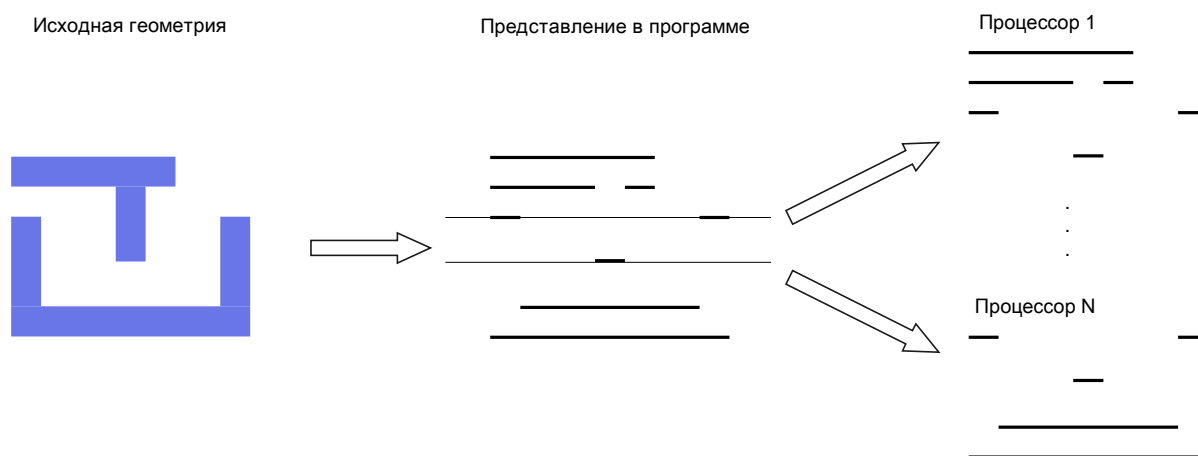


Рисунок 2 – Распределение задач между процессами при обработке геометрии в параллельном режиме

При составлении графа ограничений и графа противоречий используется модифицированный алгоритм сканирующей прямой [3], приведенный на рис. 3. Предложенный алгоритм применяется к каждой полосе, полученной при разделении геометрии, и выполняется для каждой полосы независимо от других в параллельном режиме на разных процессорах многопроцессорной системы. На вход алгоритма поступают упорядоченные массивы полигонов, отрезков их составляющих, причем к координате x крайних правых точек отрезком прибавляется расстояние, являющиеся ограничением технологии двойного шаблона, и точек-событий. В ходе работы алгоритма используются два набора данных:

- состояние относительно сканирующей прямой, которое описывает отношения между объектами, пересекаемыми выметающей прямой;
- массивом точек-событий – координатных точек, упорядоченных по координате x , которые являются крайними левыми и правыми точками отрезков, составляющих полигоны. Состояние относительно сканирующей прямой определяется только в точках событий.

Отрезки в состоянии относительно сканирующей прямой сортируются по координате y . При прохождении точки-события, которая является крайней левой точкой отрезка, отрезок добавляется в состояние относительно сканирующей прямой, а так же вычисляется расстояние до ближайших к нему отрезков по координате y . Следует отметить, что, поскольку координаты x крайних правых точек отрезков увеличены на ограничение технологии двойного шаблона, нет необходимости проверять расстояние между отрезками по координате x . Если полученное расстояние меньше ограничения технологии двойного шаблона в граф противоречий добавляется ребро между вершинами, которые являются отображением полигонов, к которым принадлежат данные отрезки.

При прохождении точки события, которая является крайней правой точкой отрезка, отрезок удаляется из состояния относительно сканирующей прямой.

После того как будут рассмотрены все точки-событий работа алгоритма будет завершена и будет получен граф противоречий.

Работа предложенного алгоритма представлена на рис. 4. Пунктирной линией показаны положение сканирующей прямой.

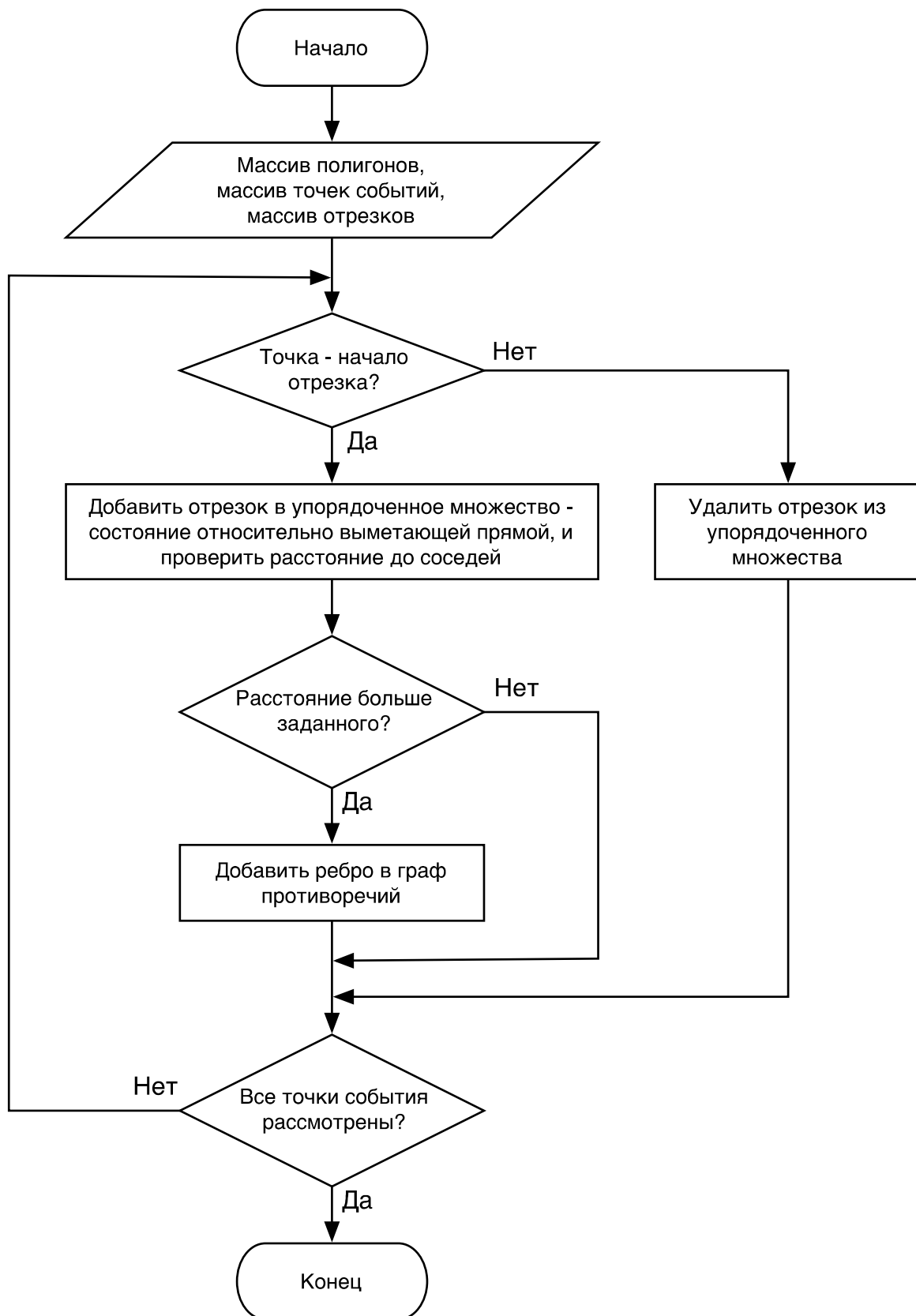


Рисунок 3 – Модифицированный алгоритм сканирующей прямой

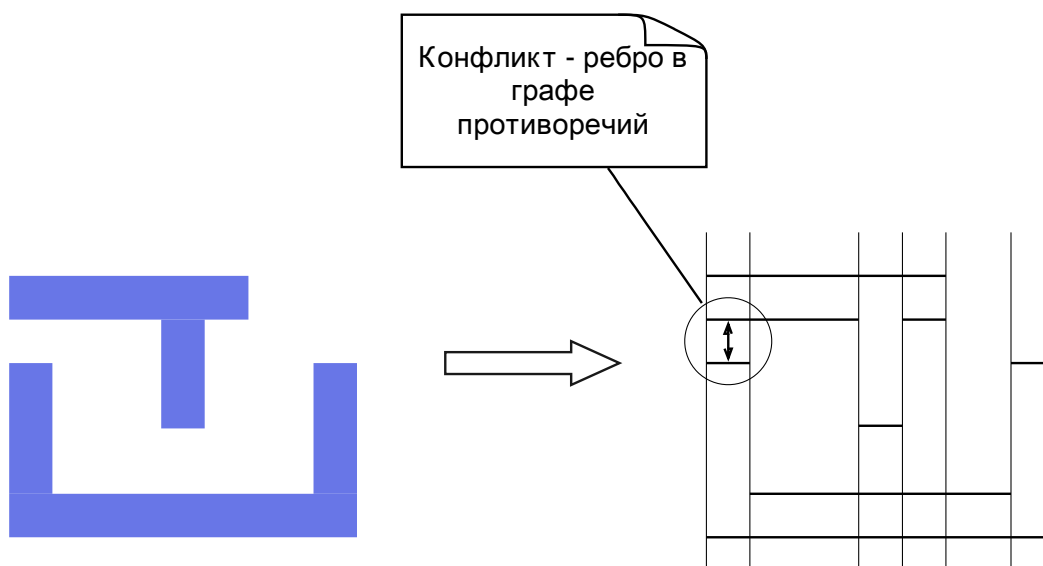


Рисунок 4 – Составление графа противоречий и графа ограничений

В случае если расстояние между отрезками меньше минимального расстояния, воспроизводимого по технологии двойного шаблона, - добавляется ребро в граф противоречий.

Заключение

В статье предложена специальная структура данных, которая предоставляет широкие возможности для параллельной обработки геометрии топологии СБИС и генерации графа ограничений и графа противоречий, предложен алгоритм составления графа ограничений и графа противоречий в параллельном режиме на нескольких процессорах многопроцессорной системы. Предложенное разделение геометрии обеспечивает корректность проверки конструкторско-технологических ограничений, так как в граничных областях между полосами обеспечивается необходимый нахлест полос друг на друга. Задача составления графа противоречий и графа ограничений является наиболее трудоемкой в процессе трансформации топологии СБИС для технологии двойного шаблона, именно поэтому на данном этапе трансформация имеет смысл эффективно использовать вычислительные ресурсы многопроцессорных вычислительных систем.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта Президента РФ по государственной поддержке ведущих научных школ, грант НШ-1152.2012.9.

Литература

1. Верстов В.А. Особенности обработки входной топологической информации в САПР СБИС для различных архитектур вычислительных систем // Сборник трудов XIII научно-технической конференции «Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы 2011». – Москва.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011.
2. Верстов В.А. Разработка высокопроизводительных алгоритмов трансформации топологии СБИС для технологии двойного шаблона // Сборник трудов четвертой всероссийской школы-семинара студентов, аспирантов и молодых ученых по направлению «Наноинженерия» - Москва.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011.
3. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ, 2-е издание. : Пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2011. – 1296 с.
4. Материалы сайта <http://www.itrs.net/> (дата обращения 14 февраля 2012 г.)

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛООВОГО МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО АКТЮАТОРА

Бойко А. О.¹⁾, Козлов Д. В.^{1,2)}

¹⁾МГТУ им. Н.Э. Баумана, ²⁾ОАО «Российские космические системы»

Аннотация

В статье представлены результаты исследования динамических характеристик теплового микроактюатора. Проведены испытания по определению зависимости температуры на поверхности устройства и деформационных характеристик во времени при различных электрических напряжениях, подаваемых на испытуемый образец. Исследована способность актюатора выдерживать длительные нагрузки и стабильность его параметров.

Введение

Тепловой микроэлектромеханический актюатор - устройство, преобразующее энергию в управляемое движение или механическое перемещение и имеющее размеры от нескольких квадратных микрометров до нескольких квадратных сантиметров. Эти устройства занимают одну из главенствующих позиций среди всех микроэлектромеханических изделий, ввиду широкого разнообразия выполняемых ими функций и возможности их использования во многих областях современной науки, техники и быту [1].

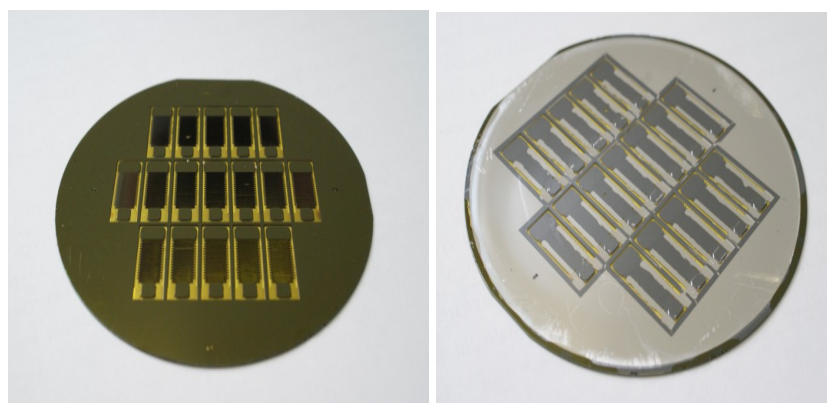


Рисунок 1 - Пластина с микроэлектромеханическими актюаторами.

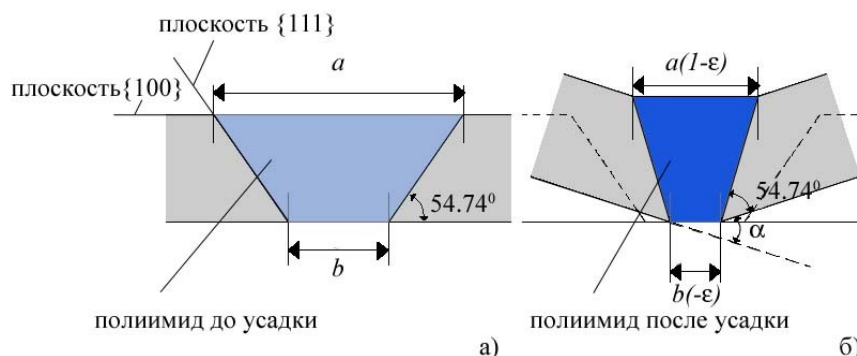


Рисунок 2 - Конструкция (а – до деформации, б – после деформации) актюатора с V-образными полиимидными канавками [2]

В исходном состоянии микроэлектромеханический актюатор представляет собой изогнутую консольную биморфную балку, выполненную в монокристаллической кремниевой пластине (рис. 1), со сформированными V-образными канавками, заполненными полиимидом (рис.2). При подаче разности потенциалов на алюминиевые проводники, имеющие с

кремнием электрический контакт, за счет теплового расширения кремния и полиимида, различий в их ТКЛР, актюатор отклоняется от исходного положения, причем угол отклонения тем больше, чем выше температура. [3] В связи с этим важной задачей является определение точной зависимости угла отклонения от температуры на поверхности устройства, а также температуры от времени.

Исследование динамических характеристик теплового микроэлектромеханического актюатора

Представлены результаты исследования динамических характеристик микроэлектромеханического актюатора. Экспериментально установлена зависимость изменения температуры на поверхности устройства и угла его отклонения во времени при различных электрических напряжениях. Измерения выполнялись с использованием стенда на основе высокоточного пирометра, гониометра и установки, генерирующей входной сигнал на актюаторе. В течение двух минут на актюатор поочередно подавались напряжения в 3, 6, 9, 12 и 15 В. и измерялись температурные временные зависимости. Графические зависимости представлены на рисунке 2.

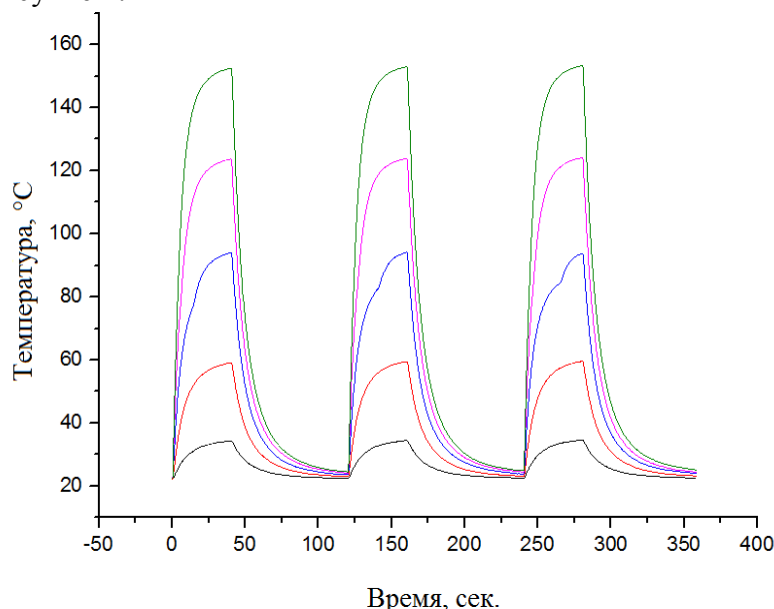


Рисунок 2 - Зависимость температуры на поверхности актюатора во времени

Как видно, с увеличением значения электрического напряжения, подаваемого на актюатор, происходит рост температуры на устройстве. Начало каждого измерения проходило при нормальных условиях (22-23 °C). В зависимости от величины подаваемого на устройство напряжения, температура поднималась в течении 40 секунд эксперимента, причем, чем выше это напряжение, тем выше температура. Установлены максимумы нагрева актюатора при напряжениях 3, 6, 9, 12 и 15 В. Этим значениям соответствуют величины температур 35, 59, 94, 124 и 153 °C. Погрешность характеристик отклика системы на рост напряжения при повторных испытаниях минимальна (меньше 0,5 %), что говорит о высокой точности испытываемого образца.

На основе методики измерения термодформационных характеристик тепловых актюаторов [4] установлены зависимости изменения угла, на который отклонялся микро актюатор, во времени при воздействии электрического напряжения в 20 В. Результаты испытаний представлены на рис. 3.

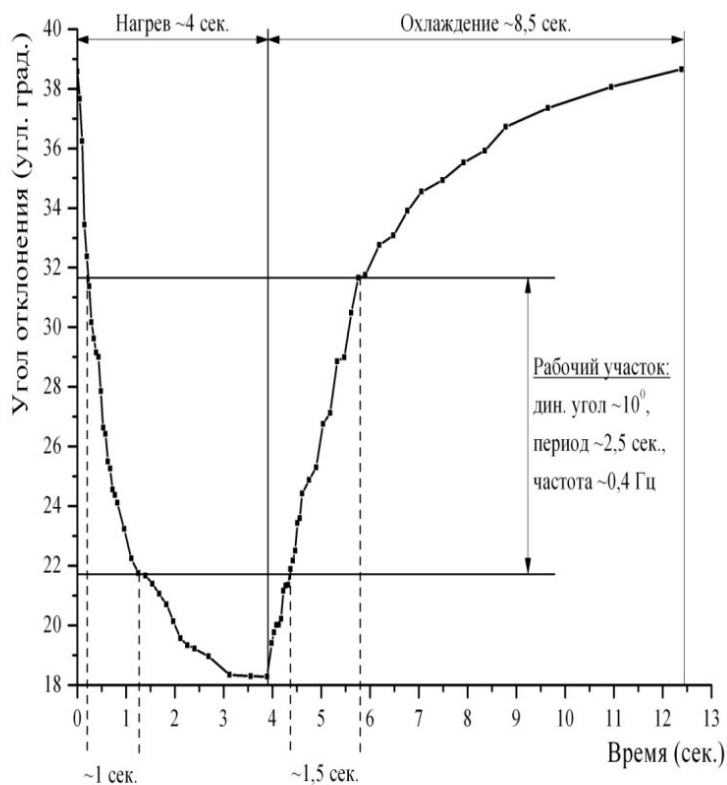


Рисунок 3 - Зависимость угла отклонения актюатора от времени

Как видно, нагрев структуры длится в течение 4 секунд (после состояния актюатора стабилизируется и угол отклонения, как и температура, не меняются), а на остывание устройства до исходной температуры после снятия напряжения требуется не менее 8,5 секунд. Полученные значения являются принципиальными при использовании устройства в системах микроперемещений, так как скорость перемещения объекта, обусловленная динамическими характеристиками исполнительного элемента, — один из наиболее важных параметров системы. Для оптимизации работы устройства предлагается использовать суженный рабочий диапазон, обеспечивающий более высокую скорость отклика системы на воздействие электрического напряжения. Так, время на нагрев снижается до 1 секунды (в 4 раза меньше), а остывание происходит за 1,5 секунды (в 6 раз меньше), при этом динамический угол по сравнению с вариантом с полным диапазоном уменьшается всего лишь в 2 раза и составляет величину 10 угловых градусов. Частота работы оптимизированной системы составляет 0,4 Гц. Негативным эффектом от использования суженного рабочего диапазона кроме уменьшения динамического угла также является увеличение энергопотребления вследствие необходимости поддерживать начальное положение актюатора даже в моменты «простоя» системы, когда действия по перемещению объекта не производятся. Но, тем не менее, это остаётся одним из наиболее эффективных приёмов для регулирования частоты работы системы без изменения конструкции и технологии изготовления исполнительных элементов. Таким образом, задаваясь значением динамического угла, необходимого для конкретных условий применения актюатора, возможно установить оптимальный параметр частоты его работы.

В ходе эксперимента проверена стабильность характеристик актюатора при многоцикловой работе. В течение двух минут на объект исследования подавалось электрическое напряжение 15 В, что соответствовало 300 циклам его работы. После было произведено сравнение характеристик актюатора с результатами первоначальных измерений.

Погрешность составила менее 0,5%. Таким образом, актюатор показал способность выдерживать циклические нагрузки и сохранять свои свойства.

Заключение

Испытания показали, что тепловой микроэлектромеханический актюатор является высокоточным устройством, способным выдержать циклические нагрузки. В ходе проведённых исследований установлены основные динамические характеристики актюатора: время нагрева, остывания и максимальная температура на устройстве при воздействии различных управляющих сигналов. Доказано, что регулирование рабочего диапазона актюатора может обеспечить более высокую скорость отклика системы на воздействие управляющего сигнала, значительно снизив время на нагрев и остывание, что позволяет установить оптимальную частоту работы устройства. Актюатор является устройством, сохраняющим динамические температурные характеристики при непрерывной работе. Стабильность изменения максимальной температуры после 300 циклов подачи напряжения оценена погрешностью характеристик, составляющей менее 0,5%, что во многом обусловлено инструментальной погрешностью измерительных средств.

Литература

1. А.А.Жуков, А.С.Корпухин, Е.А. Гринькин. Микросистемный биморфный привод устройств космической робототехники. – Труды 19-й Всероссийской НТК "Экстремальная робототехника". – Санкт-Петербург: ГНЦ «Центральный научно-исследовательский институт робототехники и технической кибернетики (ЦНИИ РТК)», 2008
2. T.Ebefors. [Polyimide V-groove Joints for Three-Dimensional Silicon Transducers](#). PhD thesis. Royal Institute of Technology. Stockholm. 2000. 144 p.
3. С.П.Тимошенко, А.А.Жуков, А.А. Захаров. Биморфный балочный актюатор с V-образными полиимидными канавками. Нано - и микросистемная техника. 2007. № 7. С. 60-64
4. А.А. Жуков, А.С. Корпухин, Д.В.Козлов, И.П.Смирнов. Методика измерений деформационных характеристик микроактюаторов. Сборник статей Второй Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы ракетно-космического приборостроения и информационных технологий». М., Изд-во «Радиотехника». 2010, с.228-233

МОДЕЛИРОВАНИЕ И СИНТЕЗ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МЕМБРАННЫХ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЭМС

Андреев К.А., Руткевич А.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент, Власов А.И.

МГТУ им. Н.Э.Баумана, Москва, Россия

Введение

Давление является одной из переменных величин описывающих явления, связанные с поведением жидких или газообразных сред. Большинство всех измерений, выполняемых в науке, промышленности и технике, связаны с измерениями давления, расхода, количества и уровня веществ.

Датчики давления предназначены для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами, приборах измерения уровня, расхода и обеспечивают непрерывное преобразование значения измеряемого параметра – давления, в унифицированный сигнал дистанционной передачи.

При управлении современными сложными техническими объектами невозможно обойтись без методов и технологий искусственного интеллекта, как средства контроля в условиях дестабилизирующих факторов.

Быстрое развитие интегральных микро и нанотехнологий позволило создавать принципиально новые измерительные приборы и преобразователи интеллектуальных датчиков, содержащих в корпусе датчика преобразователь и микропроцессор, что позволяет производить операции измерения и проверки достоверности полученных данных.

1 Функциональность интеллектуальных датчиков

Использование интеллектуальных датчиков дает возможность перераспределить функции между первичными элементами измерения и средствами контроля и управления. Тем самым освободить центральную вычислительную систему измерительной сети от обработки информации полученной от первичного преобразователя.

Согласно ГОСТ Р 8.673-2009 [2] интеллектуальный датчик это - адаптивный датчик с функцией метрологического самоконтроля (рис. 1), т.е. датчик, параметры и алгоритмы работы которого в процессе эксплуатации могут изменяться в зависимости от сигналов первичного преобразователя. Датчик должен обладать способностью автоматической проверки исправности, с использованием некоторого опорного значения (встроенный в датчик эталон или дополнительный выходной сигнал).

Изменение параметров работы датчика в процессе эксплуатации осуществляется с целью повышения точности и достоверности результатов измерений. В случае датчиков давления используются функции подстройки диапазонов измерения с целью снижения суммарной погрешности.

Интеллектуальный датчик, как правило, имеет цифровой выход и может обеспечивать передачу информации о метрологической исправности через интерфейс.

При этом, обладая микропроцессорной системой, интеллектуальный датчик позволяет осуществлять:

1. автоматическую коррекцию погрешности, появившейся в результате воздействия внешних факторов (температура, магнитные поля) или старения компонентов;
2. самовосстановление при возникновении единичного дефекта в датчике, т.е. автоматическое исправление последствий возникновения дефекта, например при воздействии давления превышающее максимальное на измеряемом диапазоне (при условии конструктивной защиты от перегрузок).
3. самообучение, включающее автоматическую оптимизацию параметров и алгоритмов работы.



Рисунок 1 – Функциональность интеллектуальных датчиков

Интеллектуальный датчик представляет собой совокупность программно-аппаратных средств, включающих чувствительный элемент (тензопреобразователь давления), схему преобразования сигналов и средства микропроцессорной обработки (рис. 2).

Конструктивно датчик может быть представлен штуцером для соединения с сетью измеряемой среды, и корпусным элементом обеспечивающим герметизацию микропроцессорных модулей [4]. При необходимости штуцер может быть модифицирован под любое посадочное место.

2 Реализация чувствительных элементов датчиков

Чувствительный элемент располагается на подложке из боросиликатного стекла для развязки от металлических конструктивных элементов и отделен от измеряемой среды металлической мембраной, обеспечивающей защиту от агрессивных сред.

Чувствительный элемент соединен с микропроцессорной схемой через гермоввод. Плата устанавливается на стойки в корпусе и распаивается с гермовыводами через соединительные провода. В отверстие в крышке может быть установлен необходимый разъем для подключения к измерительной сети. Как видно рис. 2, для обеспечения, работы схемы (схема на базе специализированной микросхемы zmd 31050, обеспечивает необходимые интеллектуальные функции) достаточно небольшого числа дополнительных компонентов, что позволяет разместить в сравнительно небольшом корпусе дополнительные элементы (например, модули цифровой радиосвязи по протоколу ZigBee для организации беспроводной сенсорной сети).

Чаще всего в измерительных сетях требуются не одиночные интеллектуальные датчики, а группа датчиков объединенных в микропроцессорный кластер. Это позволяет производить перераспределение сенсорной сети в случае выхода из строя одного из элементов и для проверки достоверности данных от отдельных датчиков кластера.

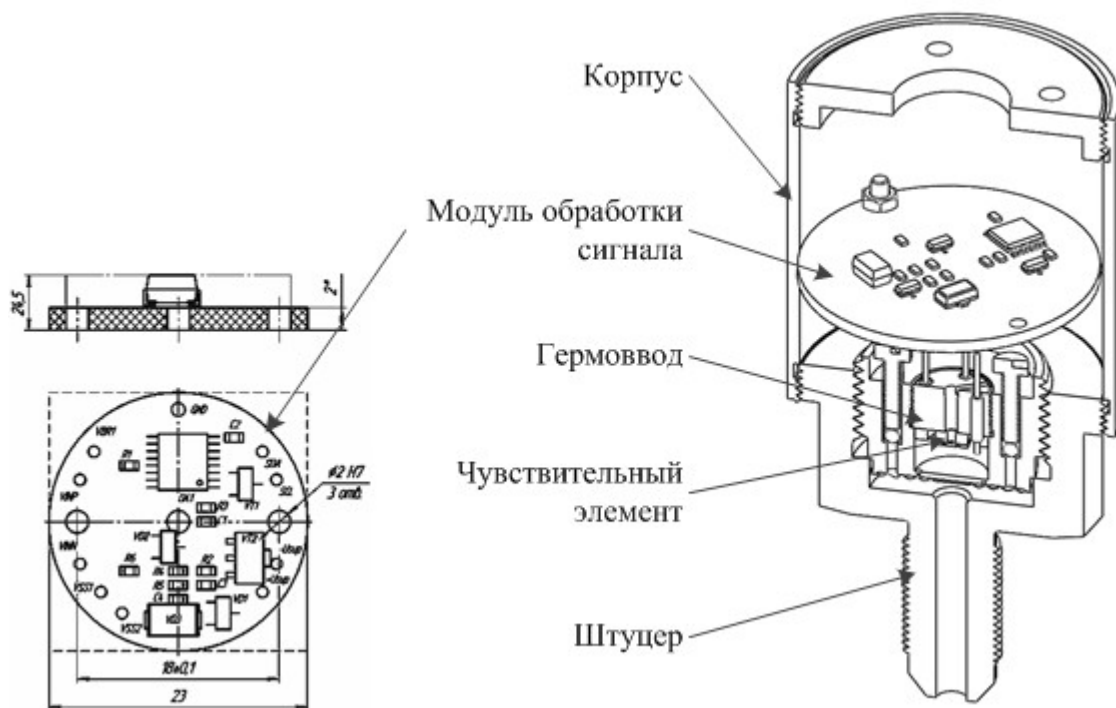


Рисунок 2 – Конструктив датчика давления

Рис. 2 представляет собой эскиз твердотельной модели датчика с точным соблюдением пропорций каждого элемента. Расчет конструктивных элементов на прочность и их моделирование достаточно успешно выполняется с использованием САПР основанных на методе конечных элементов: ANSYS, SolidWorks.

Что касается моделирования микромеханической подсистемы (рис. 3), то могут быть использованы следующие системы автоматизированного проектирования [3]:

- САПР Tanner Pro, предназначена для проектирования интегральных схем и компонентов микросистемной техники. Система содержит библиотеки компонентов, схемный и топологический редактор и систему схмотехнического моделирования;

- CoventorWare, позволяет выполнять проектирования МЭМС систем по двум принципам как сверху вниз, так и снизу вверх. В первом случае вначале разрабатывается общий вид устройства и создается его структурная схема. Затем производятся уточнения решения для реализации подсистем и выполняется оптимизация. Далее выполняется электромеханическое моделирование и проект переходит на стадию технологической разработки. Во втором случае проектирование является более полным и позволяет создавать модели элементов не входящих в состав встроенных библиотек.

- ANSYS, является многоцелевым программным комплексом для решения сложных проблем физики и механики, позволяет использовать одну модель при расчетах на прочность при тепловом нагружении, влиянии магнитных полей и др.

На кристалле чувствительного элемента помимо тензопреобразователя, могут располагаться дополнительные элементы расширяющие функционал датчика и позволяющие контролировать дополнительные параметры при микропроцессорной обработке:

- Терморезистор, используемый при температурной компенсации;
- Дополнительный тензомост, позволяющий компенсировать ошибки измерений вызванные напряжениями в материале корпусных элементов.

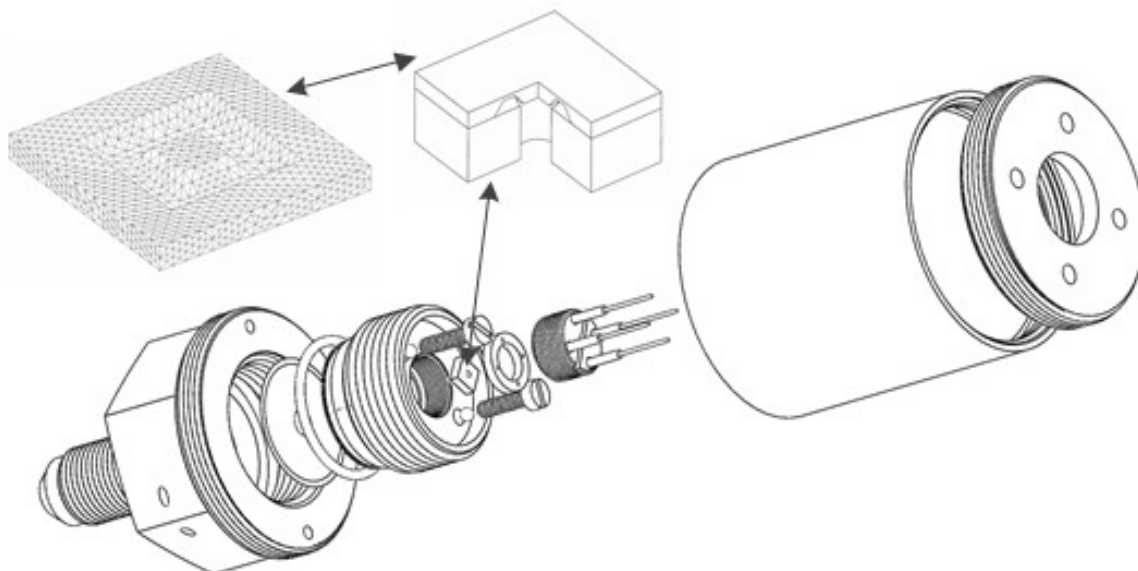


Рисунок 3 – Многомасштабное моделирование датчиков давления

В условиях, когда в состав датчика входит множество компонентов различных типов, для повышения эффективности проектирования интеллектуальных датчиков необходимо создание обобщенной модели всего устройства, позволяющей синтезировать конструкцию, используя базы данных, включающих:

- Физико-химические процессы производства и работы чувствительных элементов;
- Отдельные топологические компоненты;
- Базовые компоненты конструктивных элементов;
- Схем усиления и обработки сигнала, которые могут быть интегрированы с чувствительным элементом;

Также необходима интеграция в общую модель методов метрологического диагностирования и накопленных метрологических данных для организации интеллектуальных систем.

Литература

1. Ваганов, В.И. Интегральные тензопреобразователи [Текст] / В.И. Ваганов. - М.: Энергоатомиздат, 1983. – 136 с.
2. ГОСТ Р 8.673-2009. Датчики интеллектуальные и системы измерительные интеллектуальные. Основные термины и определения [Текст]. – М.: Стандартинформ, 2010. – 8 с.
3. Лысенко, И.Е. Проектирование сенсорных и актюаторных элементов микросистемной техники. Учебное пособие [Текст]. – Таганрог.: Изд-во ТРТУ, 2005. – 103 с.
4. Распопов, В.Я. Микромеханические приборы: учебное пособие [Текст]. – М.: Машиностроение, 2007. – 400с.

ОЧИСТКА ВОЗДУХА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ ТОКСИЧНЫХ ГАЗОВ С ИОНАМИ МЕДИ (II)

Гончаренко А.М.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Журавлева Л.В.

МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия

Аннотация

В настоящей работе поставлена задача разработки простой и доступной в быту технологии эффективной очистки воздуха, основанной на образовании устойчивых комплексных соединений катионов металлов, а в перспективе и их атомов, с токсичными газами, являющимися основными или побочными продуктами химических производств. При этом главным требованием к реагентам являлась высокая поглотительная способность, позволяющая быструю и эффективную очистку больших объемов воздуха минимальным количеством реагента.

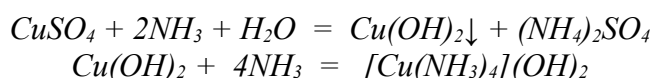
В современных условиях существует постоянная потребность в совершенствовании и создании новых мобильных и стационарных систем очистки воздуха. Неблагоприятные погодные явления, техногенные катастрофы приводят к появлению в воздухе таких токсичных примесей и в таких концентрациях, против которых современные системы очистки не всегда эффективны. Зачастую они довольно громоздки, к тому же дороги при поставке и в эксплуатации.

Поэтому задачи работы включали:

- создание лабораторной установки, позволяющей получать высокие концентрации токсичных газов без нарушения техники безопасности лабораторного эксперимента,
- выбор и получение токсичного газа – продукта крупнотоннажных химических производств
- поиск и синтез модельных реагентов на основе комплексных соединений ионов металлов,
- проведение наблюдений и измерений процессов поглощения, позволяющих оценить эффективность методики,
- анализ результатов с использованием литературных данных, прогноз возможных применений результатов работы.

В работе использовали лабораторную установку, позволяющую моделировать процесс очистки воздуха как от стационарных вредоносных примесей, так и от повышенных концентраций газообразных токсикантов в случае техногенных катастроф (рис. 1). Например, исследована очистка воздуха от высоких концентраций аммиака. Последние создавали в колбе для образования газовой смеси (1) нагреванием 25%-ного раствора аммиака. В качестве реагента и поглотителя в U-образную трубку (2) поместили 3 мл 10%-ного раствора сульфата меди, полученного растворением расчетного количества пятиводного гидрата $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ в воде. Аммиак поступал в одно из входных отверстий U-образной трубки и вступал в реакцию с сульфатом меди, о которой свидетельствовало сначала выпадение голубого осадка, затем его растворение с изменением окраски раствора от бледно-голубой до интенсивно темно-синей. Момент насыщения поглотителя определяли по покраснению раствора фенолфталеина на выходе из установки (3).

Полученные результаты. Связывание аммиака раствором сульфата меди происходит благодаря следующим реакциям:



О протекании первой реакции свидетельствует образование голубого осадка $\text{Cu}(\text{OH})_2$. Вторая реакция проявляется в растворении осадка и появлении интенсивной темно-синей окраски. Насыщение реакционной смеси в U-образной трубке наступает при поглощении около 0,1 г аммиака. Добавление целлюлозы в реакционную смесь с образованием медно-аммиачного волокна существенно не изменяет поглотительную ёмкость.

Количество аммиака, удаленного из газовой фазы, определяется тем, что один катион Cu^{2+} суммарно способен связать 6 молекул аммиака. Таким образом, расчетная масса аммиака, который способен прореагировать с 3 мл 10%-ного раствора составляет около 0,2 г. Из литературы известно, что предельно допустимая концентрация (ПДК) аммиака в жилых районах не должна превышать 0,04 мг/м³. Если ПДК превышена в 1000 раз, то использованного количества реагента достаточно для очистки 5 м³ воздуха.



Рисунок 1 – Структурная схема установки

Концепция создания промышленной установки. Очищенный воздух засасывается в камеру смешения за счёт инжекции, предварительно проходя через ультрафиолетовое излучение. Когда воздух проходит через ультрафиолет, в нём образуется озон, который сам по себе является очень сильным окислителем и позволяет дезинфицировать воздух. Далее воздух попадает в камеру смешения, где смешивается с тонкодисперсной активированной водой. Это смешение происходит под действием ультрафиолета, который в данном случае является катализатором химических реакций. Затем данная смесь попадает в электролизёр (электролизёр является гибридом электролизёра и циклона).



Рисунок 2 – Фотография лабораторная установка для изучения химического связывания газов: 1) колба для получения газа, 2) U-образная трубка, содержащая реагент-поглотитель, 3) контрольный реагент для определения момента насыщения поглотителя.

В данном устройстве происходит разделение газовой и жидкой фаз, а также нейтрализация не вступившего в реакцию озона, за счёт выделяющегося на электродах водорода. Затем очищенный воздух поступает потребителю, а загрязнённая вода проходит через систему фильтрации и, засасываемая насосом, попадает в кавитатор, где активируется, чтобы затем через форсунку попасть в камеру смешения, где цикл повторяется.

Заключение

Процесс комплексообразования может быть эффективно использован для снижения высоких концентраций загрязнений в воздухе до уровня ПДК. В предполагаемой промышленной установке загрязнённый аммиаком воздух должен быть пропущен через слой водного раствора сульфата меди. Более перспективно применение изученного процесса в индивидуальных средствах защиты.

В условиях техногенной катастрофы многослойная ватно-марлевая повязка, у которой внутренние слои смочены раствором технического медного купороса, предположительно способна защитить от отравления аммиаком в случае его аварийного выброса в атмосферу. По аналогии, возникшая в течение прошедшего лета задача снижения концентрации оксида углерода (II) в воздухе Московской и других областей, страдавших от лесных пожаров, может решаться пропусканием воздуха через слой наночастиц железа или даже его мелкодисперсного порошка. Можно ожидать, что оксид углерода будет химически связываться за счет образования карбонила железа $\text{Fe}(\text{CO})_5$.

Литература

1. Штокман Е.А. Очистка воздуха. Учебное пособие для вузов. Изд-во АСВ, 2007, 312 с.
2. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. М.: Высшая школа, 1998, 743 с.
3. Гроссе Э., Вайсмантель Х. Химия для любознательных. Основы химии и занимательные опыты. М.: Химия, 1985, 159 с.

РАЗРАБОТКА АППАРАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ КОНВЕРТИРОВАНИЯ 3D СТЕРЕО НА ОСНОВЕ ВЫДЕЛЕНИЯ СИНХРОИМПУЛЬСОВ

Кишиневский А. Г.

Научный руководитель: д. т. н., профессор Зинченко Л. А.
МГТУ им. Баумана, Москва, Россия

HARDWARE DEVELOPMENT SYSTEM FOR CONVER TING 3D STEREO ON THE BASIS OF SYNC PULSES

Kishinevskiy A. G.

Supervisor: Dr, Prof., Zinchenko L. A.
MSTU, Moscow, Russia

Аннотация

В статье рассматривается разработка аппаратного обеспечения для системы конвертирования 3D стерео изображения на основе выделения синхроимпульсов из сигнала стандарта HDMI с дальнейшей его трансляцией в том же формате. Подробно рассматривается принцип выделения синхроимпульсов, а также схмотехническое решение. Параллельно освещаются принципы создания трехмерного изображения, их плюсы и минусы. В конце статьи даются рекомендации по применению данного обеспечения.

Abstrakt

Dieser Artikel beschreibt die Entwicklung von Hardware für das System zur 3D-Stereo-Bilder auf der Basis der Auswahl des Taktsignals aus dem HDMI, um die Übersetzung im gleichen Format weiter umwandeln. Detailaufnahme der Grundsatz der Trennung Uhr und Schaltung Lösung. Parallel dazu Hervorhebung der Grundsätze der Erstellung von dreidimensionalen Bildern, ihre Vor- und Nachteile. Am Ende des Artikels bietet Empfehlungen für den Einsatz dieser Software.

Введение

В настоящее время индустрия нанотехнологий шагнула далеко вперед. Каждый день появляются все более технологичные решения. Но на сегодняшний момент наномир изучен далеко не полностью. При технологиях, размеры достижений в которых соизмеримы с размерами атомов, действуют уже другие законы физики, динамики, света и прочих наук. И для исследования этих новых явлений и фактов необходимо применения уже других оптических аппаратов. Ведь человеческий глаз видит максимум 400 нм длину волны[9] и для того, чтобы рассмотреть все процессы в этом удивительном мире были придуманы специальные микроскопы и спектрометры. Но все эти аппараты дают только двумерную картинку, а человек привык видеть предметы объемными. Поэтому с недавнего времени активно начали развиваться технологии, позволяющие увидеть наномир в трехмерном измерении.

Трехмерные технологии предлагают широкий спектр своей реализации. В данной статье предлагается технология, которая позволит сделать реализацию трехмерного измерения более простой и дешевой.

1 Классификация 3D технологий

3D технология – способ создания изображения, при котором картинка получается объемной. Применяется это и в компьютерных технологиях, и в кинематографе, телевидении, архитектуре и т. д. Общая суть заключается в том, что картинка дублируется небольшим смещением относительно своего первоначального положения. В каждый глаз пользователя транслируется только для него предназначенное изображение, а в голове у человека две картинки соединяются и получается объемное изображение. Обычно это реализуют с помощью активного или пассивного стерео [1-10].

Активное стерео - способ создания объемного изображения, при котором используется один специальный проектор(частота прорисовки по вертикали у него 120Гц), специальный экран с серебристым покрытием и специальные очки для просмотра. Суть заключается в попеременной трансляции на экран изображения для определенного глаза, а специальные очки закрывают шторки на линзах, когда проецируемое изображение не предназначено для этого глаза [2, 3, 8]. Это показано на рисунке 1.

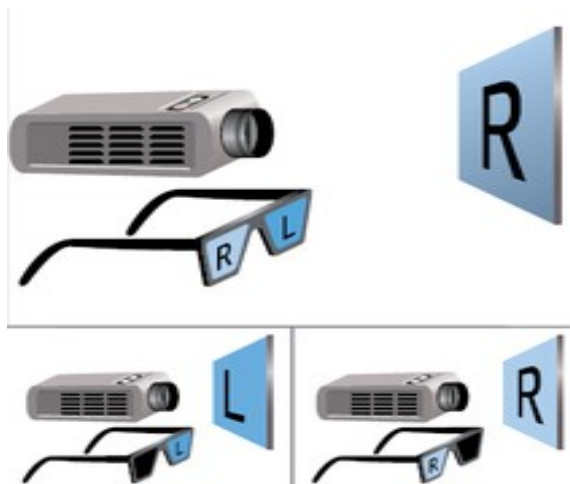


Рисунок 1 - Активное стерео 3D

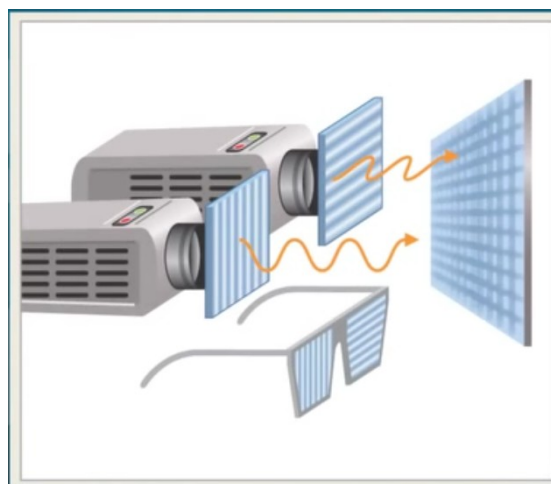


Рисунок 2 - Пассивное стерео 3D

Эта технология дает достаточно реалистичное изображение, но слишком вредна для зрения, да и стоит она очень дорого. Одни очки являются очень дорогой аппаратурой, а если эту технологию использовать для большой аудитории, то это обойдется реализаторам в крупную сумму денег.

Пассивное стерео - технология создания объемного изображения при помощи двух проекторов. Стереопара изображений транслируется с помощью обычных проекторов одновременно на экран. На линзы проекторов надеты специальные фильтры поляризационные, которые поляризуют проходящий через них свет в нужном направлении. Наблюдатель просматривает изображение в специальных очках, линзы которых точно так же, каждая в своем направлении. Вот и получается, что одна линза пропускает изображение, поляризованное в горизонтальном направлении, а другая в вертикальном [2, 3, 8]. Структурная схема этой технологии показана на рисунке 2.

В этой технологии тоже есть свои минусы: явно прослеживается потеря яркости изображения, потом проекторы должны быть точно настроены, чтобы изображение получалось правильным. Но плюсов все таки у неё больше, чем у технологии активного стерео. И для применения в широкой аудитории этот способ более простой, дешевый и гораздо менее вредный.

Но проблема заключается в том, что создать программный продукт для активного стерео гораздо проще. Поэтому практически все компании, которые пишут софт для программных продуктов в сфере нанотехнологий, чаще всего пишут его для активного стерео. Автором статьи предлагается устройство, которое позволит на входе в проектор подавать активное стерео, а на выходе получать пассивное.

2. Устройство преобразования

В перечисленных выше технологиях изображение передается по кабелю стандарта HDMI. Обычно все используют именно этот стандарт, потому что с помощью него можно передать изображение высокой четкости и высокой частоты. По сути, он ничем не отличается от стандарта DVI в части передачи видеоизображения, но по HDMI еще можно передать и звуковую дорожку, поэтому технологи используют этот стандарт при трансляции на экран [11, 12].

HDMI сигнал представляет собой последовательность видеоимпульсов в цифровом виде. Но перед каждой сменой изображения в этой последовательности образуется синхроимпульс, он показан на рисунке 3 и обозначен как sync pulses.

В докладе рассматривается устройство, работающее по этому синхроимпульсу – оно способно выделять его из видеосигнала. Выделение происходит по нижеприведенной структурной схеме на рисунке 4.

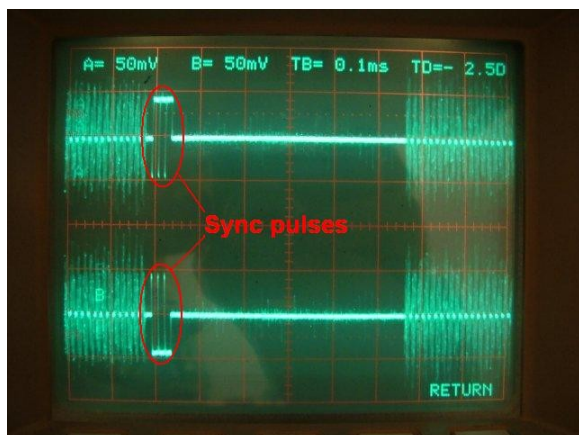


Рисунок 3 - Импульс сигнала HDMI с синхроимпульсом

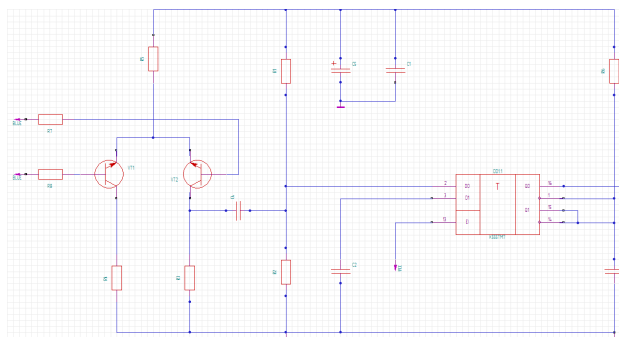


Рисунок 4 - Блок извлечения синхроимпульсов

Синхроимпульс извлекается из сигнала BLUE, поступающего на дифференциальный усилитель. Затем сигнал сдвигается с помощью транзистора C3 и двух резисторов R4 и R11 чуть выше 555 уровня триггера. Во время синхронизации импульса, сигнал падает ниже VCC и стабилизируется. В результате получаем положительный импульс (сигнал B). Этот положительный импульс транслируется на драйвер поляризационной пленки, которая меняет ориентацию пропускаемого через неё света. В результате на выходе при смене изображения получается смена и поляризации света, то есть картинка. Смена происходит с частотой 120 Гц, то есть каждые 8 мс.

Заключение

В работе было проведено исследование технологий реализации 3D реальности. Автором было предложено решение проблемы перехода из одного вида в другой без потери качества, с небольшой добавкой в стоимости.

Литература

1. Spielberg, Steven Allan. Современные технологии в кинематографе(Today cinema) // 3D технологии(3D technology). - 2011. - с. 50-102.
2. Norling, John A. Basic Principles of 3-D Projection // New Screen Techniques. – 2010. - с. 48
3. Zone, Ray. Stereoscopic cinema & the origins of 3-D film (University Press of Kentucky)// ISBN 0-8131-2461-1 . – 2007. - р. 110
4. http://ru.wikipedia.org/wiki/Трёхмерная_графика
5. <http://ru.wikipedia.org/wiki/3D-дисплей>
6. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Стереопара>
7. http://ru.wikipedia.org/wiki/Виртуальная_реальность
8. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Параллакс>
9. http://ru.wikipedia.org/wiki/Бинокулярное_зрение
10. http://ru.wikipedia.org/wiki/Кора_головного_мозга
11. <http://www.3dexperience.co.uk/RotatorScreens.html>
12. <http://www.nomobile.ru/texts/116701.html>

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КУРСОВЫХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ВЗВЕШЕННЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ

Рузанова А.А., Шишкунова Е.В.
Научный руководитель: доцент, к.т.н. Журавлева Л.В.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

COMPLEX ESTIMATION OF COURSEWORK USING A METHOD OF WEIGHTING FACTOR

Ruzanova A.A., Shiskunova E.V.
Advisor: Ph.D. Juravleva L.V.
BMSTU, Moscow, Russia

Аннотация

В данной работе представлено решение проблемы комплексной оценки курсовых работ с использованием метода взвешенных коэффициентов для оценки вклада критериев оценки в общую отметку. Приведено применение метода экспертных оценок для расчета весовых коэффициентов.

Abstract

In this paper we present a solution to a comprehensive assessment of coursework using the weighted coefficients to estimate the contribution of evaluation criteria in the overall mark. Application of the method of expert estimates for the calculation of weighting coefficients is given.

Место оценивания в развитии образовательной системы уникально, так как именно оно является наиболее очевидным показателем уровня образования, основным индикатором диагностики проблем обучения и средством осуществления обратной связи. Система оценивания и самооценивания – это естественный механизм саморегуляции образовательного процесса, что определяет его исключительную важность.

Кафедра ИУ4 МГТУ им. Н.Э.Баумана практикует использование курсовых работ и проектов в процессе обучения учащихся. По мере их выполнения получают значительное развитие навыки самостоятельной учебной, исследовательской и научной работы студентов.

Выполнение курсовой работы (проекта) имеет целью обогащение знаний студентов, обучение методам теоретического анализа явлений и закономерностей науки, выработку навыков применения теоретических знаний к комплексному решению профессиональных задач, использования справочной литературы, методов математической обработки экспериментальных данных, компьютерных технологий. Системой курсовых работ (проектов) студент подготавливается к выполнению выпускной квалификационной работы (дипломного проекта).

Введение качественно новых подходов в обучении (система бакалавриата и магистратуры) требует современного подхода к оцениванию курсовой работы в соответствии с принципами объективности, последовательности и прочности обучения. Переход от качественной субъективной оценки преподавателя к количественным мерам выражения критериев успеваемости позволяет системно охватить все поставленные перед образовательной работой задачи.

Объективность оценки курсового проекта должна быть обеспечена системой критериев, которые варьируются в зависимости от вида курсовой работы. Применимо к оцениванию курсовой работы (проекта) можно ввести следующие критерии:

1. Сроки выполнения запланированных календарным планом задач. Проверка и оценка знаний, умений и навыков учащихся является важным структурным компонентом процесса обучения и должна осуществляться регулярно.

2. Оформление работы - соответствие представленной текстовой и графической информации требованиям внутреннего регламента кафедры, а также ГОСТ, ЕСКД и т.д.

3. Коэффициент сложности – поправка на уровень наукоемкости исследовательских задач.

4. Анализ реализации целей и задач исследования, оценка проработки теоретической и экспериментальной частей.

Итоговую оценку K_T (1) можно представить как отношение суммы произведений коэффициентов K_i на соответствующие весовые коэффициенты E_i , к общей сумме весовых коэффициентов:

$$K_T = \frac{\sum_{i=1}^n K_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}, \quad (1)$$

где: K_i – частный коэффициент - оценка по критерию;

W_i – соответствующий весовой коэффициент;

n – количество критериев.

Все частные коэффициенты имеют предел, равный пределу выставляемой оценки, соответственно K_T имеет предел, равный этой оценке. Весовые коэффициенты характеризуют удельный вес частных коэффициентов - критериев.

Основная задача, стоящими на данном этапе, оптимальный расчет значений весовых коэффициентов. Существует целый ряд методов расчета весовых коэффициентов, как-то: статистический, сравнение с аналогами и т.д. Учитывая выбранную область исследования, оптимально использовать метод экспертных оценок.

Под экспертными оценками понимают комплекс логических и математических процедур, направленных на получение от специалистов информации, ее анализ и обобщение с целью подготовки и выработки рациональных решений. Эксперты в данной области - преподаватели кафедры, обладающие методическим опытом и научной квалификацией.

Один из методов определения весов состоит в следующем. Пусть X_{ij} – оценка фактора i , данная j -ым экспертом, n – число сравниваемых объектов, m – число экспертов. Тогда вес i -го объекта, подсчитанный по оценкам всех экспертов (W_i), равен:

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^m X_{ij}}{m}, \quad i=1\dots n \quad (2)$$

где
$$W_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^n X_{ij}}, \quad i=1\dots n, j=1\dots m$$

Выставление рейтинга выделенным критериям необходимо осуществлять эксперту-преподавателю в зависимости от поставленных перед данным видом учебной работы задач.

Заключение

В статье рассмотрен метод критериального оценивания курсовых работ, представлен способ использования метода взвешенных коэффициентов для оценки вклада каждого из критериев в общую оценку, предложен вариант расчета весовых коэффициентов при помощи метода экспертных оценок

Литература

1. Оценка и отметка в современных образовательных системах [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kursavik.ru/pedog-ociotm.php>. Проверено 30.01.2012.
2. Экономико-математические методы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://emm.ostu.ru/lect/lect7.html>. Проверено 30.01.2012.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В РАМКАХ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО УЧЁТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ (АСТУЭ)

Мадумаров В.Ш.

Научный руководитель: к.т.н., доцент, Камышная Э.Н.

МГТУ им. Н.Э.Баумана, Москва, Россия

INCREASING ENERGY EFFICIENCY BY AUTOMATED SYSTEMS OF TECHNICAL ENERGY MONITORING

Madumarov V.S.

Supervisor: Candidate of technical science, reader, Kamishnaya E.N.

MSTU, Moscow, Russia

Аннотация

В статье рассматривается автоматизированная система технического учёта электроэнергии. Подробно исследованы возможности АСТУЭ для повышения энергоэффективности. Разработан сервер отчётов о потреблении электроэнергии. В заключении даны рекомендации по повышению энергоэффективности.

Abstract

In the article the automated system of technical energy monitoring is described. The possibilities of system to increasing energy efficiency are described in details. The reports of energy consumption are designed. In conclusion there are recommendations of increasing energy efficiency.

Автоматизированный учёт электроэнергии является необходимым элементом управления процессами энергосбережения. Применение АСТУЭ позволяет снизить трудозатраты на сбор и обработку показаний приборов учета и повысить достоверность получаемой информации.

Существующие системы коммерческого учета используются для расчетов между поставщиками и потребителями энергоресурсов. Они непригодны для анализа потребления энергии подразделениями предприятия. АСТУЭ позволяет провести внутренний аудит и контроль энергоресурсов в местах их потребления - отдельные производства, цеха, участки, отдельные виды продукции и т.д.

Полученная с помощью АСТУЭ информация позволяет выявить нерациональное использование электрической энергии, включая факты кражи энергоресурсов, и даёт основания для замены оборудования на более энергоэффективное, изменения графика определённого вида работ и смены тарифа с целью снижения энергозатрат. АСТУЭ расширяет возможности анализа финансово-экономической деятельности предприятия (при расчёте себестоимости продукции, затрат на хозяйственные нужды и т.д.) и облегчает планирование потребления электроэнергии.

Аппаратный уровень АСТУЭ представляет собой сеть цифровых счётчиков электроэнергии, установленных на местах потребления, которые передают информацию о электропотреблении на сервер. На рисунке 1 представлена структурная схема АСТУЭ. Промышленные счётчики электроэнергии передают информацию по интерфейсам RS232 или RS485. Далее для передачи по сети используется Ethernet-шлюз, который из последовательных данных, получаемых по RS232/RS485, формирует Ethernet-пакеты. Затем информация о потреблении передаётся серверу, на котором установлено специализированное программное обеспечение, необходимое для доступа пользователей к данным. В случае крупных систем также могут использоваться рабочие станции, связанные с сервером по локальной компьютерной сети. Кроме того, на сервере предусмотрена возможность отправки данных на удалённый сервер.

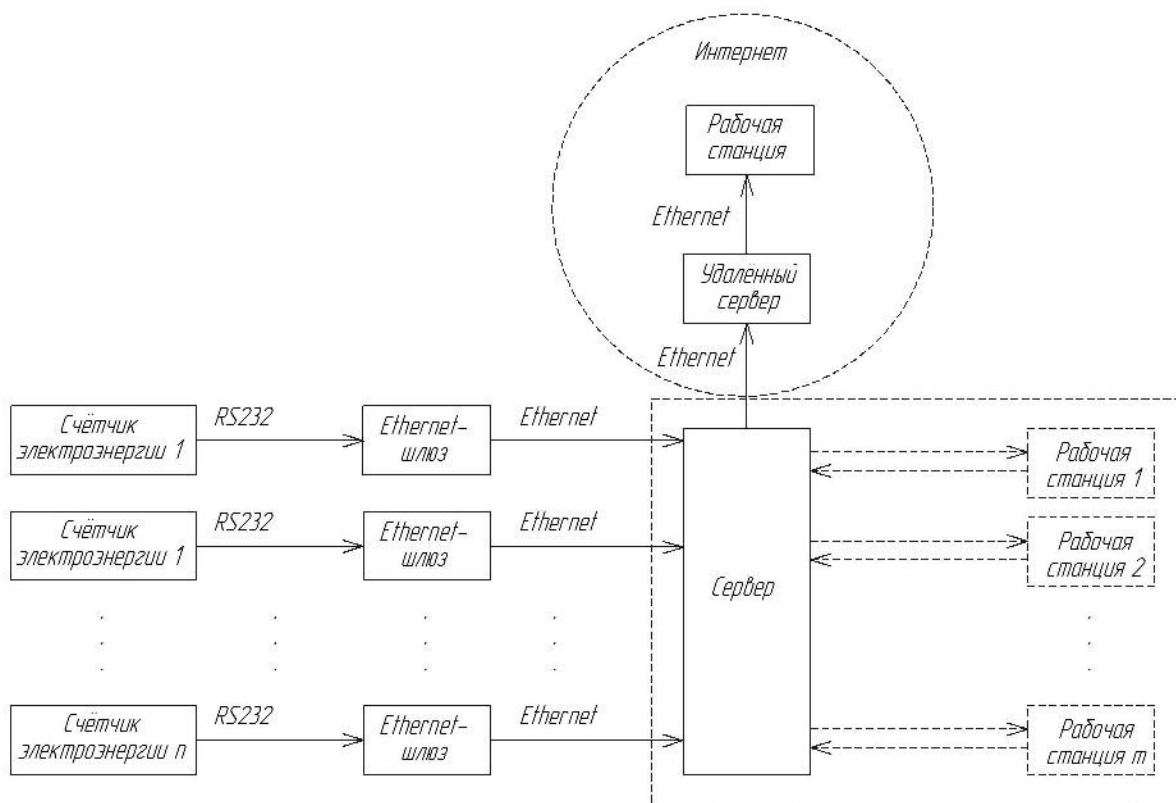


Рисунок 1 – Структурная схема централизованной АСТУЭ

Помимо централизованных также существуют распределённые АСТУЭ. На рисунке 2 приведена структурная схема распределённой АСТУЭ. В этом случае информация о потреблении хранится на удалённом сервере, обслуживаемом сторонней организацией.

В централизованной АСТУЭ представлен модуль пересылки данных на удалённый сервер. Он необходим для обеспечения передачи информации от локального сервера к удалённому. В случае распределённой АСТУЭ локальный сервер базы данных отсутствует, и пересылка данных на удалённый сервер осуществляется непосредственно Ethernet-шлюзом.

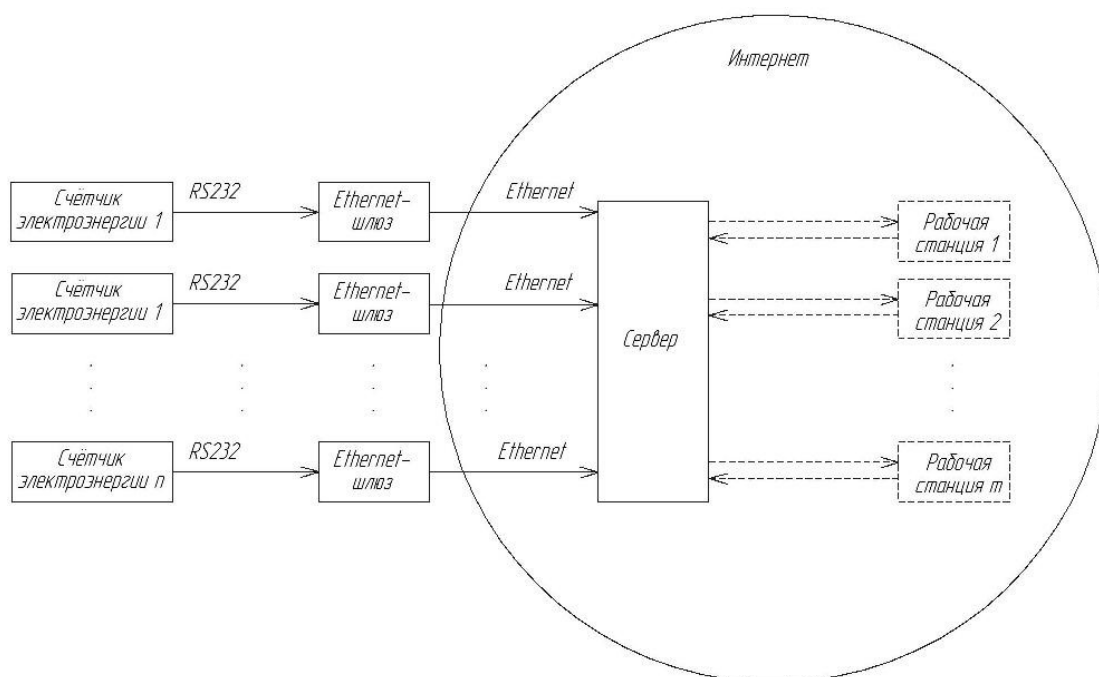


Рисунок 2 – Структурная схема распределённой АСТУЭ

Программная часть АСТУЭ приведена на рисунке 3. Как показано на данном рисунке сетевые службы преобразуют поступающую информацию для хранения в базе данных. Настройка сетевых служб для применяемых в системе счётчиков происходит с использованием конфигуратора устройств. Конфигуратор структуры БД совместно с конфигуратором устройств обеспечивают одинаковую структуру в АСТУЭ всех предприятий. Архивирование и резервирование базы данных осуществляется архиватором БД. Интерфейс пользователя реализован в виде тонкого клиента, который использует web-сервер. Доступ к интерфейсу осуществляется через web-браузер.

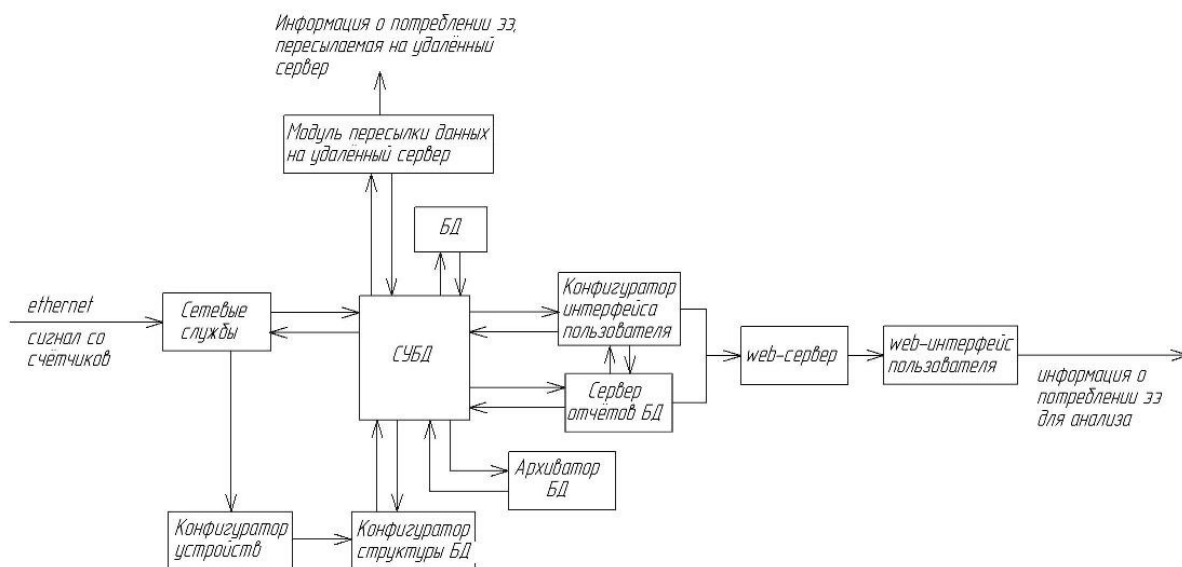


Рисунок 3 – Структура программного комплекса АСТУЭ

Информация в базе данных представлена в ненаглядном виде. Для анализа и мониторинга текущего состояния энергопотребления необходимо обеспечить формирование отчётов. Для этого в системе использовался сервер отчётов, который позволял представлять информацию по готовым шаблонам, которые не всегда соответствуют потребностям предприятия и не обладают достаточной гибкостью. С целью исправления данного недостатка системы было предложено создать сервер отчётов, который позволит формировать любые требуемые отчёты.

Сервер отчётов построен на базе служб Microsoft Reporting Services. Отчёты описываются при помощи Report Definition Language (RDL) на языке разметки XML. Отчёты проектируются в среде Microsoft Visual Studio с дополнением Business Intelligence Projects. Есть возможность создавать отчёты во множестве различных форматов, включая Excel, PDF, CSV, XML, TIFF и других графических форматах, а также HTML Web Archive. Сервер отчётов запрашивает в базе данных информацию согласно SQL-запроса, встроенного в отчёт, и формирует графическое отображение данных согласно сконфигурированному визуальному представлению.

На рисунке 4 представлен алгоритм формирования отчёта. Сначала задаётся источник данных путём указания базы данных и строки подключения к ней. Затем формируется SQL-запрос к базе для получения данных, на основании которых будет строиться отчёт. После этого настраивается визуальное представление данных. На следующем этапе сформированный в виде .rdl файла отчёт публикуется на сервере. Далее производится его настройка.

На основе программно-аппаратного комплекса АСТУЭ с применением разработанного сервера отчётов была создана необходимая структура базы данных и созданы отчёты на основе данных из БД, которые позволяют получить наглядное представление о потреблении электроэнергии.



Рисунок 4 – Алгоритм формирования отчёта

В качестве примера рассмотрено четырёхэтажное офисное здание на 500 человек.

Применение разработанного сервера отчётов позволяет отобразить потребление электроэнергии по часам в заданный промежуток времени. На рисунке 5 приведена подобная диаграмма. Также разработанная диаграмма позволяет одновременно рассматривать потребление с различных вводов (подстанций).

Из рисунка 5 видно, что в ночное время потребление энергии заметно сокращается, что отражает характер деятельности предприятия. Здание питается от двух подстанций, причём соотношение потребления по этим вводам меняется.

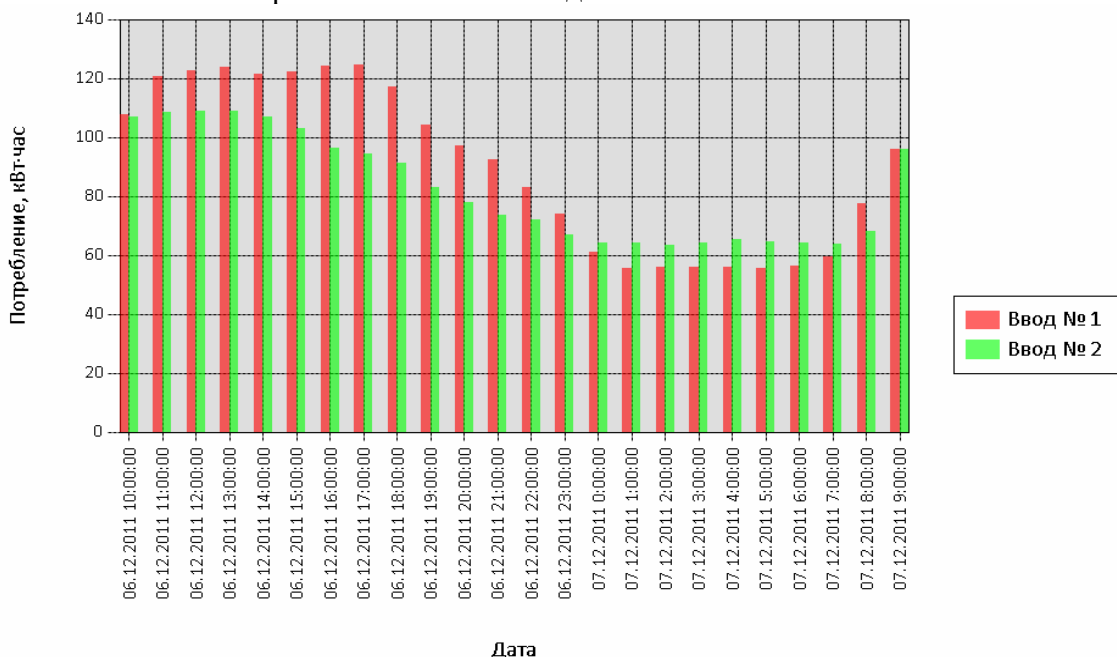


Рисунок 5 – Диаграмма «Потребление за сутки»

Используя разработанный сервер отчётов можно изменять шкалу отображения в широких пределах от секунд до сотен лет, что ещё раз продемонстрировано на рисунке 6, где изображена диаграмма расхода электроэнергии за неделю.

Характерно, что в выходные 3 и 4 декабря потребление энергии не сократилось значительно.

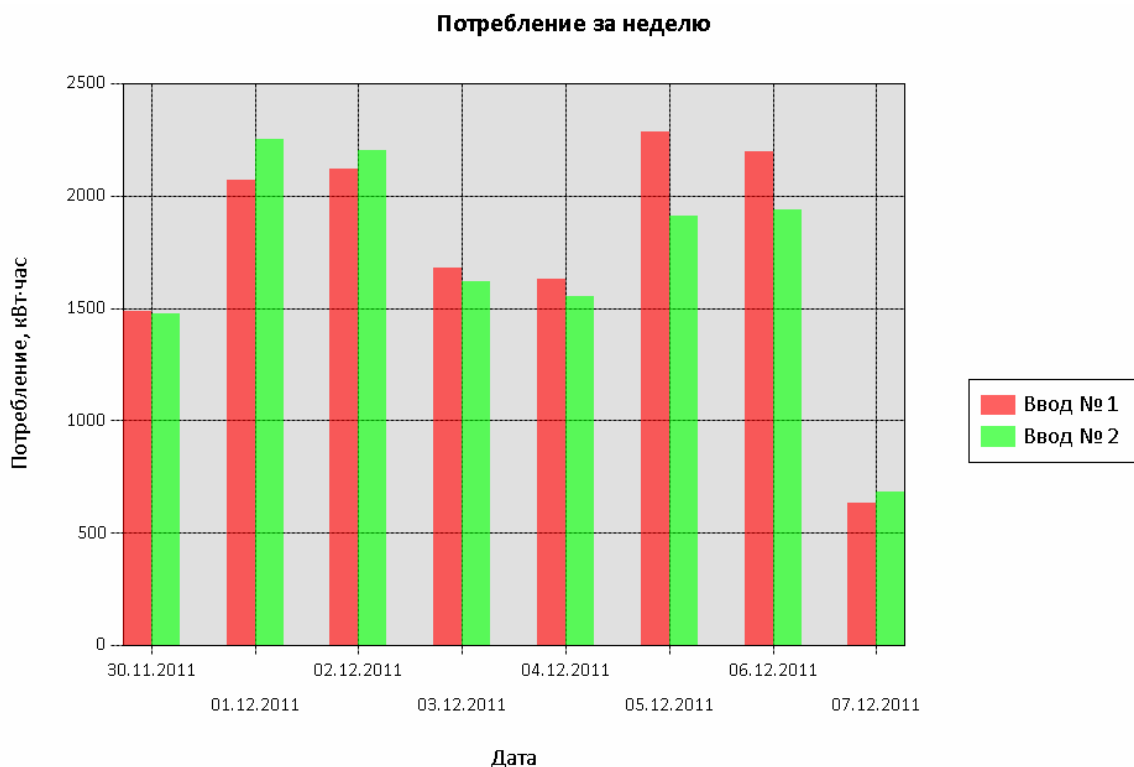


Рисунок 6 – Диаграмма «Потребление за неделю»

Структура данных и разработанный сервера отчётов позволяет формировать широкий спектр отчётов. На рисунке 7 изображена диаграмма пиковых мощностей.

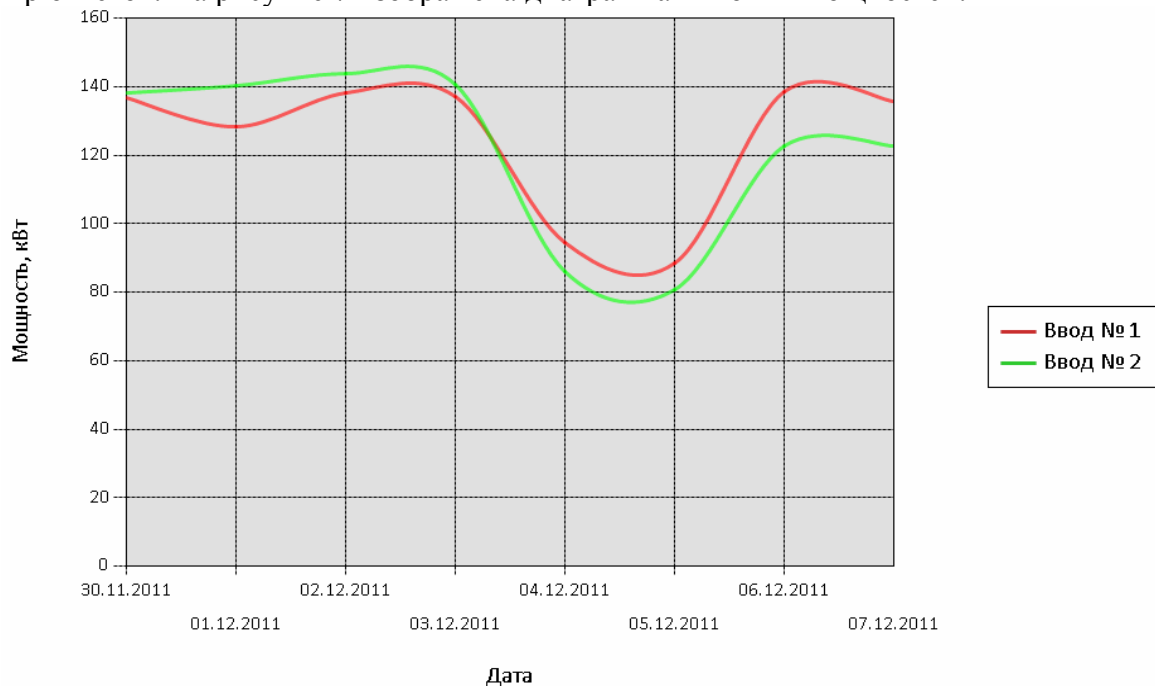


Рисунок 7 – Диаграмма «Пиковые мощности»

Как видно из приведённых выше рисунков 5,6,7, сервер отчётов позволяет наглядно представить необходимо информацию.

Заключение

АСТУЭ позволяет собирать и обрабатывать информацию о потреблении электроэнергии. Рассмотрено 2 вида АСТУЭ – распределённая и локальная, позволяющие реализовать систему в любом необходимом для предприятия виде. Система состоит из счётчиков, передающих элементов, области хранения данных, области передачи данных, а также из сервера отчётов.

Разработанный сервер отчётов позволяет наглядно и гибко представить информацию. На основе этой информации можно проводить анализы электроэнергии, используя обширные данные, хранящиеся в БД.

Централизованные АСТУЭ применяется, например, в офисах Schneider Electric, на заводе «Потенциал» в г. Козьмодемьянске. Удалённые АСТУЭ внедрены в арт-салоне Tesli, в автосалонах Rolf, а также на других объектах.

В рассмотренном примере офисного здания необходимо обратить внимание на незначительное сокращение электропотребления в выходные. В офисном здании основные затраты электроэнергии приходятся на отопление, освещение и работу электронной техники. Так как рассматривается зимний период, осуществляется активное отопление помещений. Поэтому можно предложить уменьшение отопления в выходные до уровня, необходимого для функционирования аппаратуры.

Литература

1. Кошкин А.Н. Электроснабжение и электрооборудование промышленных предприятий: учебно-методическое пособие. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2010. – 101 с.
2. Кошкин А.Н. Энергосбережение, аудит электрооборудования: учебное пособие. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2010. – 150 с.
3. Вагин Г.Я., Лоскутов А. Б. Экономия энергии в промышленности. – Н. Новгород: НГТУ, 1998. – 231 с.
4. Виейра Р. Программирование баз данных Microsoft SQL Server 2005 для профессионалов. – М: Вильямс, 2008. – 1072 с.

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ СИНТЕЗА МЕМБРАННЫХ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ НИМЭМС

К.А. Андреев

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.И. Власов
Московский государственный технический университет
им. Н.Э. Баумана, Москва

Аннотация

В работе рассмотрены принципы синтеза мембранных датчиков давления на основе НИМЭМС

Введение

Микромеханический датчик давления в общем случае состоит из чувствительного элемента, преобразователя давления, схемы обработки сигнала (электронный преобразователь) и различных по конструкции корпусных деталей.

Практически все электронные технологии работают по принципу измерения перемещения мембраны, вызванного давлением с одной стороны. Датчики дифференциального давления имеют две мембраны или одну, перемещающуюся в обе стороны. Форма и компоновка мембран зависит от производителя, так же как и способы измерения перемещения.

Тензометрический метод [1]. Основная масса датчиков давления в нашей стране выпускаются на основе чувствительных элементов, принципом которых является измерение деформации тензорезисторов, сформированных в эпитаксиальной пленке кремния на подложке из сапфира (КНС), припаянной твердым припоем к титановой мембране. Иногда вместо кремниевых тензорезисторов используют металлические: медные, никелевые, железные и др.

Принцип действия тензопреобразователей основан на явлении тензоэффекта в материалах. Чувствительным элементом служит мембрана с тензорезисторами, соединенными в мостовую схему. Под действием давления измеряемой среды мембрана прогибается, тензорезисторы меняют свое сопротивление, что приводит к разбалансу моста Уинстона. Разбаланс линейно зависит от степени деформации резисторов и, следовательно, от приложенного давления.

Емкостной метод [1]. Чувствительными элементами емкостных преобразователей давления являются мембраны и диафрагмы, преобразующие измеряемое давление в перемещение. При этом они могут быть одновременно использованы в качестве подвижного электрода. При изменении давления мембрана с электродом деформируется и происходит изменение емкости.

Мембрана подвергается воздействию измеряемой среды и располагается напротив одной или нескольких неподвижных пластин с зазором. При перемещении мембраны емкость между пластинами изменяется. Мембраны могут быть металлическими или керамическими. Емкостные приборы потребляют относительно небольшой ток, поэтому могут использоваться в беспроводных приложениях с питанием от батареи. Присущая им возможность измерения температуры часто может использоваться для получения дополнительного показателя измеряемого процесса.

Резонансный метод [2]. В основе метода лежат волновые акустические или электромагнитные процессы: Это объясняет высокую стабильность датчиков и высокие выходные характеристики прибора.

Частным примером может служить кварцевый резонатор. При прогибе мембраны, происходит деформация кристалла кварца, подключенного в электрическую схему и его поляризация. В результате изменения давления частота колебаний кристалла меняется. Подбрав параметры резонансного контура, изменяя емкость конденсатора или индуктивность катушки, можно добиться того, что сопротивление кварца падает до нуля – частоты колебаний электрического сигнала и кристалла совпадают - наступает резонанс.

Чаще всего мембрану выполняют из n-кремния в плоскости (100), прямоугольной формы, а диффузионные (имплантированные) или эпитаксиальные тензорезисторы – р-проводимости. С такими ЧЭ возможно построение датчиков для измерения абсолютных, избыточных и разностных давлений. С корпусными деталями ЧЭ соединяют посредством промежуточных боросиликатных стеклянных пластин диффузионной сваркой в электрическом поле.

Принципы реализации чувствительного элемента

Мембрана (диафрагма) может изготавливаться по технологии объемной микромеханики. Вначале формируется интегральная схема обработки, которая представляет собой тензорезистивную структуру, внедренную, например, методом ионной имплантации на "прямой" стороне кремниевой пластины. При этом сцепление тензорезисторов с мембраной происходит на молекулярном уровне, затем на обратной стороне пластины формируется маска и проводится анизотропное травление.

Традиционно, все преобразователи, основанные на тензорезистивном эффекте, имеют на кристалле резистивный мост Уинстона и транзисторную схему температурной компенсации чувствительности (рис. 2).

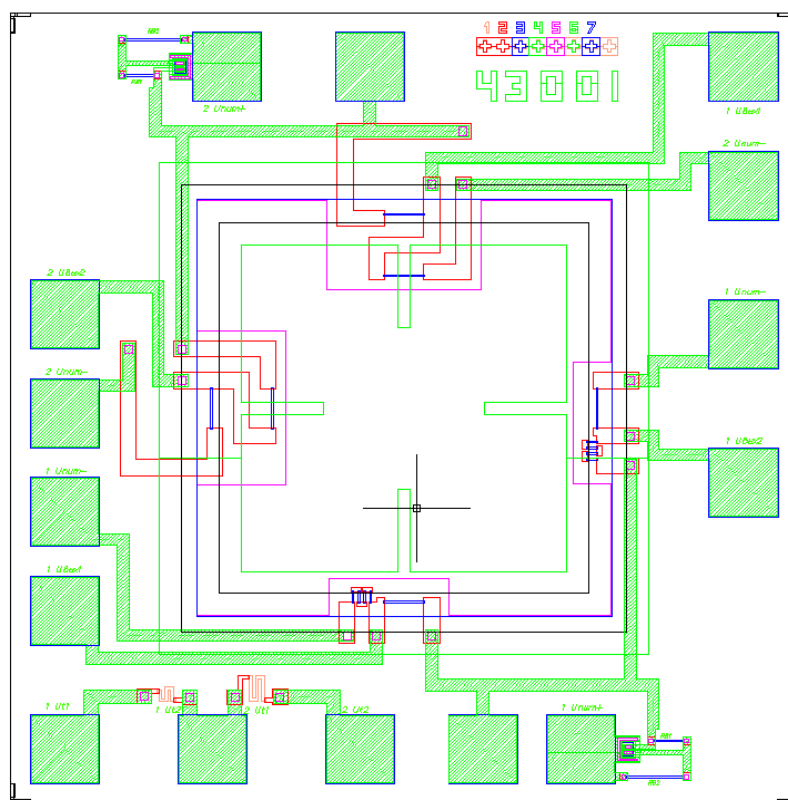


Рисунок 1 - Совмещенный топологический чертеж преобразователя давления и расположение элементов на мембране

Рассмотрим вопросы математического моделирования чувствительного элемента датчика давления. Уравнение движения плоской мембраны можно представить следующим образом [2]:

$$\omega(x, z) = \Lambda \left(1 - \cos \frac{2\pi x}{A} \right) \left(1 - \cos \frac{2\pi z}{A} \right), \quad (1)$$

Где $\Lambda = \frac{\Delta p A^4}{32 \pi^4 D}$; Δp – действующее давление, Па; A – сторона квадратной мембраны, м;

$D = \frac{E c_{II}^3}{12(1-\nu^2)}$ – цилиндрическая жесткость пластины; ν – коэффициент Пуансона; E – модуль упругости, c_{II} – толщина мембраны, м.

Графическое представление моделируемого процесса представлено на (рис. 2).

В точках с максимальной относительной деформацией мембраны необходимо располагать (имплантировать) резисторы, включаемые, как правило, в мостовые схемы. В точках с координатами $x = A/4, z = A/2$ и $x = A/2, z = A/4$, а также $z = A/2, x = 3A/4$ и $z = 3A/4, x = A/2$ деформации нулевые, и в этих местах следует располагать резисторы для температурной компенсации.

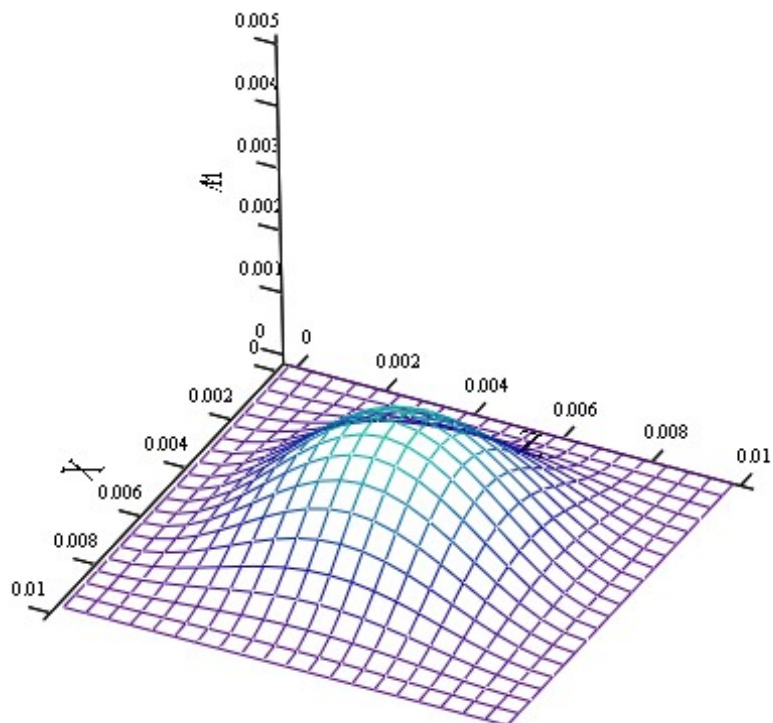


Рисунок 2 - Деформация средней плоскости заземленной по контуру мембраны

Известно, что одним из способов повышения чувствительности и улучшения ряда других характеристик ЧЭ является создание концентраторов механических напряжений на мембране в местах расположения тензорезисторов. С этой целью можно создавать не плоские, а профилированные мембраны, например с одним или несколькими центральными выступами (жёсткими центрами), что позволяет получить более высокую чувствительность при сохранении собственной резонансной частоты, либо увеличить резонансную частоту при сохранении чувствительности и значительно увеличить прочность мембраны. Помимо указанных преимуществ преобразователи с концентраторами напряжений обладают лучшей линейностью и существенно большим диапазоном линейного преобразования по сравнению с преобразователями на основе плоских мембран. Использование только поперечного пьезоэффекта во всех плечах моста позволяет взаимно скомпенсировать нелинейности зависимостей относительного изменения сопротивлений тензорезисторов от давления или деформации [3].

Посредством введения в конструкцию мембраны ЧЭ центрального выступа можно попытаться ограничить её прогибы, если на некотором расстоянии от поверхности жёсткого центра разместить упор (рис 3).

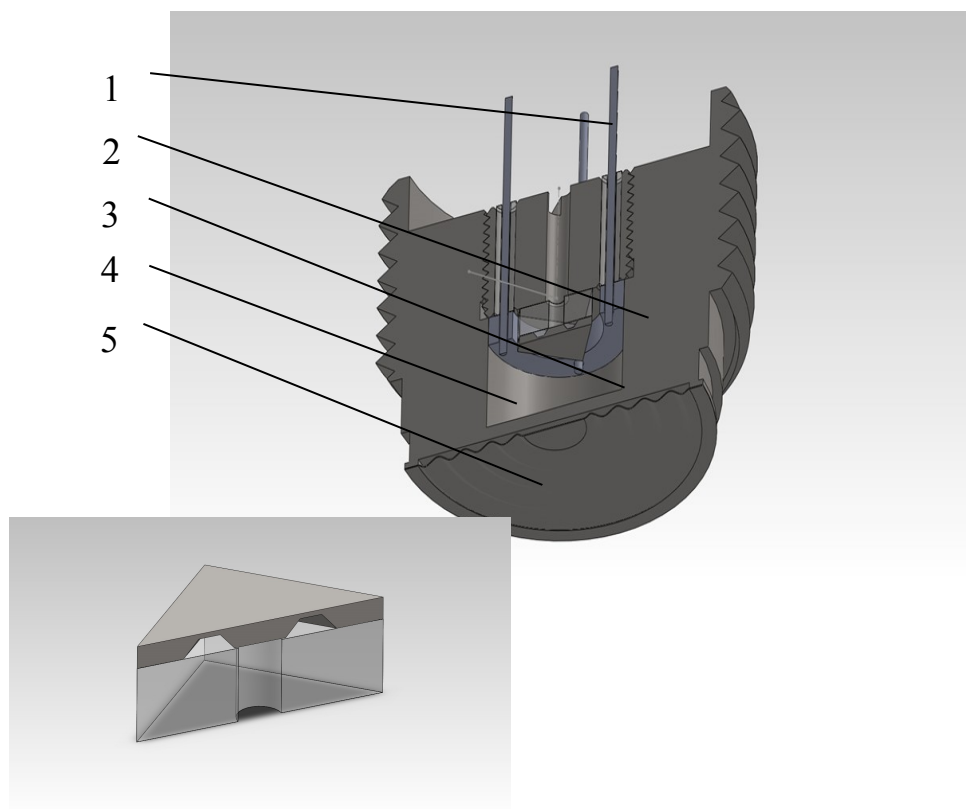


Рисунок 3 - Конструкция датчика давления и мембрана с жестким центром и упором в виде стеклянной подложки:

1 - гермовывод; 2 - чувствительный элемент; 3 – подмембранная полость; 4 – корпус;
5 – защитная мембрана

Подмембранная полость между мембраной и чувствительным элементом заполняется жидкостью. Такая мембрана позволяет уменьшить влияние измеряемой среды на ЧЭ (развязка) и снизить давление.

Литература

1. Ваганов, В.И. Интегральные тензопреобразователи // В.И. Ваганов. - М.: Энергоатомиздат, 1983. – 136 с.
2. Распопов, В.Я. Микромеханические приборы: учебное пособие // В.Я. Распопов. – М.: Машиностроение, 2007. – 400с
3. Ушков, А.В. Разработка конструктивно-технологических методов производства кремниевых чувствительных элементов давления с повышенной стойкостью к перегрузкам: дис. канд. техн. наук: 05.27.06 // Ушков Александр Викторович; Место защиты: Моск. гос. техн. ун-т им. Н.Э. Баумана. – Москва, 2008. – 161 с.

Результаты работы получены при частичной поддержке проекта №7.6161.2011