

СЕКЦІЯ 1

ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА НАВІГАЦІЙНИХ ПРИЛАДІВ І СИСТЕМ

УДК : 681.513.6

СИНТЕЗ ЦИФРОВОЇ СИСТЕМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ МІКРОСУПУТНИКА З ГАРАНТОВАНИМ РЕЗУЛЬТАТОМ

*Бублик Г.Ф., Мелашенко О.М., Цисарж В.В., Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Особливості експлуатації мікросупутників (МС), які зумовлені специфікою середовища та задачами, які ставляться перед встановленим на борту обладнанням, вимагають застосування прогресивних методів синтезу систем керування МС задля досягнення прийнятних тактико-технічних характеристик цих систем. Для окреслення кола розв'язуваних задач, які виникають при побудові системи керування МС достатньо вказати на наступні чинники – це по-перше, варіація в досить широких межах моментів інерції МС внаслідок орієнтації його сонячних батарей на Сонце; по-друге, широкий спектр діючих на МС збурень, зумовлених технологічними дефектами виготовлення виконавчих органів – двигунів-маховиків (динамічний та статичний дебаланс, неточність встановлення в корпусі); по-третє, неточність задання параметрів МС (тензора інерції, сталих часу та коефіцієнтів передачі). При такій кількості змінних застосування звичайних методів оптимального керування виявляється малоефективним. У зв'язку з цим постає нагальна потреба розвитку та запровадження в практику таких алгоритмів та методів синтезу систем, які б за мінімуму апріорної інформації про об'єкт керування дозволяли б отримати максимально можливу якість керування. До таких методів відносяться методи синтезу робастних систем керування.

У доповіді розглянуто робастну цифрову систему стабілізації кутового положення МС у вибраній системі координат. Синтез регулятора здійснений для w - перетвореного об'єкта за виконання умови $\mu_{\Delta}(M) < 1$, де $\mu_{\Delta}(M)$ - *структуроване сингулярне значення*. При синтезі регулятора мультиплікативну невизначеність об'єкта, наявність шуму ПМВ та бажані характеристики замкненої системи враховано відповідними ваговими функціями, а також враховано варіацію моментів інерції МС шляхом задання меж цієї варіації.

Аналіз замкненої системи на ЕОМ дозволяє зробити наступні висновки:

- розрахований дискретний регулятор забезпечує замкненій системі прийнятну якість та тривалість перехідного процесу при відповідному обмеженні на величину керуючої дії;
- синтезована система володіє властивістю робастності згідно прийнятого критерію.

Моделювання проводилось в середовищі MatLab з застосуванням пакету Simulink.

Ключові слова: структуроване сингулярне значення, робастність, апіорна невизначеність.

УДК 681.586.5; 531.768.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИФРОВОГО ВОЛОКОННО-ОПТИЧНОГО АКСЕЛЕРОМЕТРА

*Бублик Г.Ф., Дем'яненко П.О., Сморгевський Г.В. Національний технічний університет
України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна*

Основою розглянутого цифрового волоконно-оптичного акселерометра (ВОА) є сферичний маятник, який складається з консольно закріпленого оптичного волокна (передавача світлового сигналу) та інерційної маси, прикріпленої до вільного кінця оптичного волокна. Приймачем світлового сигналу є фотоприймач круглої форми, розділений на чотири сектори. Маятник здійснює круговий рух над площиною фотоприймача [2]. Круговий рух забезпечується електродвигуном.

Принцип дії ВОА полягає у наступному. Через волокно подаються високочастотні імпульси. Кількість імпульсів, що попадають на сектори фотоприймача при відсутності діючих на акселерометр прискорень, однакова у всіх секторах фотоприймача. При дії на акселерометр прискорення a_x або a_y стан рівноваги маятника зміщується і таким чином реєструється величина відповідного прискорення. При дії на акселерометр прискорення a_z , зміниться період обертання маятника T .

Була досліджена дія на ВОА теплових факторів, нестабільності швидкості обертального руху акселерометра. Виявлено суттєвий вплив (діапазон вимірювань ВОА зменшується з 10^7 до 10^4) теплового розширення робочої частини маятника на результати вимірювань. Цей вплив можна врахувати впровадженням у програму обробки сигналу блоку обробки теплового впливу та введенням у конструкцію ВОА прецизійного вимірювача температури. Нестабільність періоду обертання ВОА знешкоджується усередненням результатів вимірювань за 10-15 періодів.

Для перевірки попередніх досліджень руху ВОА була складена на основі теореми про кількість руху математична модель системи [3]. Рівняння у кутових величинах мають вигляд:

$$\begin{cases} J_x \left[\ddot{\chi}_2 + \frac{d}{dt}(u_\zeta \chi_1) \right] - (J_z - J_y) \cdot [u_\zeta \dot{\chi}_1 + u_\xi u_\eta \chi_1 + (u_\eta^2 - u_\zeta^2) \chi_2] + ml \cdot (W_\zeta + g_o) \chi_2 + b \dot{\chi}_2 = J_x \dot{u}_\xi + (J_z - J_y) u_\eta u_\zeta + m l a_y \cos \varphi \\ J_y \left[\ddot{\chi}_1 - \frac{d}{dt}(u_\zeta \chi_2) \right] + (J_x - J_z) \cdot [-u_\zeta \dot{\chi}_2 + u_\xi u_\eta \chi_2 + (u_\xi^2 - u_\zeta^2) \chi_1] + ml \cdot (W_\zeta + g_o) \chi_1 + b \dot{\chi}_1 = -J_y \dot{u}_\eta - (J_x - J_z) u_\xi u_\zeta + m l a_x \cos \varphi \\ J_{oe} \dot{\omega} = M_{oe} \end{cases}$$

де χ_1, χ_2 – кути відхилення маятника по осям X, Y ;

Наведені рівняння моделювалися на ПЕОМ. При моделюванні досліджувалась динаміка відпрацювання акселерометром прискорень a_x, a_y, a_z при різних видах складного руху системи. Змінними параметрами були: діаметр волокна d , маса маятника m , радіус обертання маятника R , довжина маятника l .

Література

1. Демьяненко П.А., Зиньковский Ю.Ф., Прокофьев М.И. Прецизионный цифровой акселерометр с волоконно-оптическим датчиком. // Радиоэлектроника. - 1997. - Т.40. - №1. - С.39-47. (Изв. высш. учеб. заведений).
2. Лойцянский Л.Г., Лурье А.И. Курс теоретической механики. Т.2. Динамика. – М.: Наука, 1974.

УДК 629.78.083

ПРО ДИНАМІКУ І ТОЧНІСТЬ СИСТЕМИ ЗАСПОКОЄННЯ, ОРІЄНТАЦІЇ ТА СТАБІЛІЗАЦІЇ КОСМІЧНОГО АПАРАТА З ВІБРОІЗОЛЬОВАНИМИ ДВИГУНАМИ-МАХОВИКАМИ

*Ларіончик В.М., Цисарж В.В., Марусик П.І. Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Метою роботи є дослідження впливу на динаміку і точність прецизійної системи керування орієнтацією і стабілізацією космічного апарата віброізоляції її виконавчих елементів – двигунів-маховиків.

Застосування віброізоляції дозволяє зменшити амплітуди вібраційних збуджень корпусу космічного апарата з боку двигунів-маховиків при обертанні їхніх роторів, які мають залишкові статичні і динамічні дебаланси.

Представлено розроблену математичну модель керованого руху космічного апарата, що описує його просторове (6 ступенів волі, з урахуванням поступальних складових вібраційного руху) рух. Кожний із чотирьох реверсивних двигунів-маховиків може мати довільний напрям кінетичного моменту та установлюється на віброізоляторі, котрий має в загальному 6 ступенів волі. Математична модель являє собою систему 27 диференціальних рівнянь з нелінійними членами, що описують залишковий статичний і динамічний дебаланс роторів двигунів-маховиків, перехресні зв'язки руху космічного апарата, відхилень осей обертання двигунів-маховиків та осей чутливості вимірювачів від проектних положень, структуру каналів системи керування, збуджуючи моменти та ін.

На основі математичної моделі було розроблено програмне забезпечення для проведення моделювання керованого руху космічного апарата.

У якості основних використовувалися дискретні алгоритми керування, ідентичні для трьох каналів системи керування орієнтацією і стабілізацією космічного апарата в орбітальній системі координат. Для формування сигналів керування двигунами-маховиками використовувалася інформація про кутові

швидкості космічного апарата в зв'язаній системі координат і кутові відхилення між зв'язаною й орбітальною системами координат.

Наведено результати моделювання руху космічного апарату в режимах орієнтації та стабілізації в умовах дії зовнішніх збуджень. Проведено дослідження впливу параметрів віброізоляторів на динаміку та точність системи керування орієнтацією і стабілізацією космічного апарата. Показано, що застосування віброізоляції дозволяє суттєво зменшити динамічні похибки системи керування, що обумовлені статичними і динамічними дебалансами двигунів-маховиків, а негативний вплив віброізоляторів виявляється при зменшенні власних частот віброізоляторів до 5...7 Гц.

Ключові слова: віброізоляція, математична модель, космічний апарат, система керування, дебаланс, двигун-маховик, точність.

УДК 621.375

ПРО ВИБІР ВЛАСНИХ ЧАСТОТ КОЛИВАНЬ СКЛАДЕНОГО РЕЗОНАТОРА ХВИЛЬОВОГО ТВЕРДОТІЛЬНОГО ГІРОСКОПА

*Бакалор Т.О. Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

В даній роботі було проведено дослідження для визначення геометричних параметрів складеного резонатору хвильового твердотільного гіроскопа (ХТГ) з метою його максимального віброзахисту від зовнішніх збурень механічного характеру. Складений резонатор являє собою напівсферичну оболонку та кріпильний стержень, які з'єднані за допомогою глибокого оптичного контакту по конструктивній схемі типу “парасоля”. Досягнення цього потребує виконати умови по рознесенню власних частот коливань нижчих форм напівсферичної оболонки та кріпильного стержня.

З цією метою були розраховані власні частоти коливань нижчих форм напівсферичного резонатора та кріпильної ніжки, як функції від заданого середнього радіуса напівсферичної оболонки. При цьому розглядався варіант жорстко защемленого стержня на одному кінці. Отримані аналітичні залежності для власних частот коливань стержня (першої та третьої моди), що враховують наступні особливості динамічної системи оболонка – кріпильний стержень:

- інерцію обертання та зсув самого стержня;
- наявність зконцентрованої маси, яка дорівнює масі напівсферичної оболонки;
- вплив інерції обертання напівсферичної оболонки.

Виходячи з вимог рознесення власних частот коливань нижчих форм напівсферичної оболонки та кріпильного стержня отримані залежності для визначення конструктивних параметрів резонатора. Ці співвідношення дозволяють розрахувати товщину напівсферичного резонатора та діаметр і довжину

кріпильної ніжки для забезпечення робочої моди коливань та габаритних розмірів резонатора.

УДК 531.383

АНАЛІЗ ВАРІАНТІВ ПОБУДОВИ КОНТУРІВ КЕРУВАННЯ КОРЕКТОВАНИМИ ГІРОКОМПАСАМИ

*Нестеренко О.І., Клочко М.М. Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, України*

Необхідність безперервної інформації з високим ступенем вірогідності про поточний курс рухомого об'єкту, надійну і точну навігацію, наприклад судна, обумовлює актуальність вирішення спеціальних задач теорії функціонування гіроскопічних компасів.

Гірокомпас дозволяє визначити дійсний (географічний) курс об'єкта. Відповідно до міжнародної конвенції SOLAS-74 судна водотоннажністю понад 500 тонн обов'язково оснащуються гірокомпасами. Серйозна увага до цих приладів обумовлена тим, що для надійної і точної навігації, вирішення інших спеціальних задач необхідна безперервна і достатньо точна інформація про поточний курс судна.

Гіроскопічною елементною базою сучасних гірокомпасів є триступеневі поплавкові гіроскопи (ТПГ) і, останнім часом, динамічно настроювані гіроскопи (ДНГ). Перевага останніх полягає у високій стабільності характеристик, низькій вартості, малій потужності споживання, малій чутливості до зміни навколишньої температури, меншому часі готовності.

В роботі виведені базові рівняння руху коректованого гірокомпаса (КГК). При цьому за основу взято схему КГК “Круїз” (КДЗА, Україна).

Проведено аналіз поведінки КГК з різними законами керування: пропорційним, з аперіодичним фільтром у контурі керування, з інтегральним і змішаним законами керування. Для кожного з законів керування отримано умови стійкості і вирази для похибок КГК при стаціонарному русі судна, а також при його маневруванні і хитавиці. Показано, що при пропорційному законі керування і при використанні аперіодичного фільтру, похибки КГК в умовах стаціонарного руху судна співпадають. Введення аперіодичного фільтру дозволяє знизити динамічні похибки КГК при маневруванні і хитавиці судна.

Для усунення девіацій КГК при маневруванні і хитавиці судна може бути використаний інтегральний закон керування. Однак, як показали проведені дослідження, КГК при цьому втрачає стійкість. Компромісним рішенням може бути використання змішаного закону керування, при якому в каналі основного (маятникового) каналу керування застосовується інтегральна корекція, а в допоміжному каналі демпфування використовується пропорційний закон керування.

В роботі також розглянута схема контуру керування КГК «Гюйс-М», яка за своєю суттю є змішаною інтегрально-пропорційною. Показано, що при такому керуванні виключається шкідливий вплив прискорення, завдяки чому при маневруванні судна зберігається висока точність визначення кута курсу.

Для підтвердження теоретичних досліджень було розроблено програмне забезпечення, виконане з використанням пакету MathLab. Результати комп'ютерного моделювання підтвердили теоретичні розрахунки.

Моделювання довело, що позаяк при розрахунках здійснено низку спрощень, розрахункова похибка відрізняється від дійсної та перевищує її, при маневрі на 3-4%, при качці на 1%. Розрахункові значення виразів для балістичної девіації вірно для малого часу маневру.

Ключові слова: гірокомпас, контур керування, моделювання.

УДК 62-752.4: 528.521

НАЗЕМНАЯ МАЯТНИКОВАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ГИРОСКОПИЧЕСКАЯ НАСАДКА К ТЕОДОЛИТУ

*Машинистов Э.С., Юрьев Ю.Ю. Казенное предприятие
«Центральное конструкторское бюро «Арсенал», г. Киев, Украина*

Во многих областях современной техники: строительная, горная, геодезическая и др., часто возникает необходимость точного определения азимута ориентирного направления. Существующие системы определения азимута ориентирного направления (триангуляционная сеть, различные компасы, спутниковые системы и т.д.) в той или иной степени обладают следующими недостатками: дороговизна, неуниверсальность, недостаточная точность, неавтономность, большая длительность измерения и т.д. Большинство этих недостатков лишены наземные гироскопические приборы ориентации – гиротеодолиты. Применяемые сегодня гиротеодолиты, обладая высокой точностью измерения азимута, сравнительно малым временем измерения и автономностью, имеют, в свою очередь, следующие недостатки: возможность применения для решения узкого диапазона задач, большие габариты и масса, сложность конструкции и т.д.

С целью устранения этих недостатков был проведен анализ возможных технических решений построения универсальной гироскопической насадки к геодезическим приборам (тахеометры, теодолиты, дальнометры и т.д.), уже использующимся в выше приведенных областях техники.

В наибольшей степени этой цели удовлетворяет малогабаритная гироскопическая насадка к теодолиту, реализующая компенсационный метод измерения азимута с использованием устойчивого и неустойчивого положения равновесия чувствительного элемента, причем вертикальные оси насадки и теодолита соосны, а горизонтальные оси лежат в одной плоскости.

Наиболее перспективными направлениями применения такого прибора являются горнодобывающая промышленность, прокладка туннелей и т.д., то есть в тех областях, где применение других средств определения азимута ориентирного направления невозможно или затруднено.

Анализ методов компенсации влияния вредных факторов на результаты измерения азимута показал, что использование устойчивого и неустойчивого положений равновесия ЧЭ («способ N-S») дает возможность изменения постоянного влияния вредного фактора (например, вредного момента из-за наличия угла закрутки торсиона) в знакопеременное, а последующее осреднение результатов исключает влияние этого вредного фактора. Проведенный анализ также показал, что использование гиromотора с зеркальным торцом позволяет обеспечить стабильность в эксплуатации систематической погрешности, то есть прибор аттестуется один раз и не требует определения поправки.

Ключевые слова: гиротеодолит, гироскопическая насадка, теодолит.

УДК 528.528: 62-752.4

НАЗЕМНЫЙ МАЯТНИКОВЫЙ ГИРОТЕОДОЛИТ С УПРАВЛЯЕМЫМ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ

*Лихоткин А.М. Казенное предприятие «Центральное конструкторское бюро «Арсенал»,
г. Киев, Украина*

Универсальные прецизионные автоматизированные быстродействующие гиротеодолиты (гироскопы) применяются во многих отраслях современной техники: строительной, горной, геодезической, специального назначения и т.д., то есть в тех областях, где необходимо точное и быстрое измерение азимута, горизонтальных и вертикальных углов, когда эти измерения другими средствами невозможны или затруднены.

С целью повышения быстродействия и упрощения процесса определения азимута исследована схема прибора, главной особенностью конструкции которого является наличие двух автономных вертикальных осевых систем: ось поворота зрительной трубы и ось поворота гироскопа с подвешенным в нем чувствительным элементом. При этом ротор и статор автоматического кодового датчика угла связаны с различными осями. В качестве подвеса чувствительного элемента применен магнитный подвес.

Гиротеодолит, имеющий такую конструкцию, наиболее удобен в эксплуатации: зрительная труба в процессе определения азимута согласована с ориентирным направлением и неподвижна.

Маятниковый наземный автоматизированный гиротеодолит реализует компенсационный метод определения азимута (по величине калиброванного момента, уравновешивающего направляющий момент гироскопа вблизи устойчивого и неустойчивого положения динамического равновесия чувствительного элемента).

Проведен анализ составляющих погрешностей определения азимута, вызванных особенностями предложенной схемы прибора, в том числе инструментальных погрешностей, возникающих из-за погрешностей горизонтирования корпуса гироблока, погрешностей угломера, влияния внешнего магнитного поля, погрешностей кодового датчика угла, нестабильности выставки осей зрительной трубы и автоколлиматора, неидентичности привязки автоколлиматора к контрольному элементу и зеркалу чувствительного элемента, неточности калибровки системы измерения компенсационного момента и погрешностей определения приборной поправки гиротеодолита.

Проведенные исследования составляющих погрешностей определения азимута позволяют провести дальнейшее усовершенствование конструкции гиротеодолита с целью уменьшения инструментальных и методических погрешностей и повышения быстродействия.

Ключевые слова: гиротеодолит, точность.

УДК 624.131:550.832

УЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

*Жуковский Ю.Г., Калюх Ю.И. Национальный технический университет Украины
"Киевский политехнический институт", г.Киев, Украина*

Одной из технических задач, которые необходимо решать при диагностике зданий и сооружений, является учет и компенсация температурной погрешности в выходных сигналах измерителей. Актуальность решения этой проблемы заключается в том, что диагностическая аппаратура в большинстве случаев функционирует в условиях внешней среды при перепадах температуры от минус 30°С до плюс 50°С.

Применяемые в диагностической аппаратуре прецизионные линейные акселерометры ДА-11, хотя и имеют для термокомпенсации выходного сигнала набор шунтов из термомагнитного сплава, обеспечить заданную точность измерений в таком широком диапазоне температур не в состоянии.

Температурная погрешность при измерениях является интегральной величиной и зависит как от деформации узлов акселерометров и деталей их крепления, так и от изменения параметров электронных блоков.

Решить задачу устранения температурной погрешности в выходных сигналах путем стабилизации температуры внутри корпуса измерительной аппаратуры не представляется возможным из-за его малых размеров и большого интервала температур. Поэтому принято решение об измерении температуры внутри корпуса и определении зависимости между выходными сигналами и температурой.

Проведен цикл лабораторных исследований, когда при различных фиксированных значениях выходных сигналов корпус измерителя охлаждался до минус 20°C, а затем нагревался до плюс 60° С.

Анализ зависимостей выходной сигнал - температура свидетельствует об их нелинейности. в диапазоне отрицательных температур выходные сигналы акселерометров практически не зависят от изменения температуры. В диапазоне температур от нуля до плюс 35°C наблюдается постепенное снижение уровня выходного сигнала порядка 0,05 мВ/град, а от 35°C до 50° С выходной сигнал снова практически неизменный. И лишь повышение температуры после плюс 50°C резко увеличивает значения выходного сигнала в пределах 0,2 мВ/град.

Полученные экспериментальные зависимости выходных сигналов от изменения температуры позволяют значительно снизить ошибки измерений.

Ключевые слова: температура, измерение, погрешность

УДК 624.131.1

АППАРАТУРА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЛИВАДИЙСКОГО ДВОРЦА

*Жуковский Ю.Г., Калюх Ю.И., Национальный технический университет Украины
"Киевский политехнический институт", г.Киев, Украина; Рыжый М.Н., Бессмертный А.Ф.,
ЦНТУ "Инжзащита", г.Ялта, Украина*

Большая часть Ливадийского дворцово-паркового комплекса (г.Ялта) расположена в пределах активно развивающейся Центральной Ливадийской оползневой системы.

Под влиянием оползня в юго-восточной части Ливадийского дворца происходит деформация стен, что представляет угрозу целостности его конструкции.

С целью определения состояния основных строительных конструкций дворца и прогнозирования его состояния в будущем разработана специальная диагностическая аппаратура.

Аппаратура измеряет статические и динамические характеристики дворца в реальном времени. В состав аппаратуры входят прецизионные линейные акселерометры, современная вычислительная техника и специально разработанное программное обеспечение.

Применение прецизионных акселерометров позволяет измерять статические углы наклона с погрешностью, не превышающей 0,3 угл. сек., а динамические характеристики (вибрации) с погрешностью не более 0,1 Гц.

Аппаратура построена по модульному принципу, что позволяет легко интегрировать ее в другие измерительные системы.

В качестве теоретической базы аппаратуры диагностики использован метод косвенных измерений с математическим моделированием временного со-

стояння і прогнозування процесу в умовах неперервного вимірювання і обробки інформації на тривалому проміжку часу.

Математична модель враховує багатоканальне перетворення інформації, похибки вимірних каналів і вплив змін температури, дозволяє прогнозувати розвиток негативних процесів в елементах палацу шляхом аналізу змін його статичних і динамічних характеристик під дією оползля в різних часових і кліматичних умовах.

Предложена діагностична апаратура встановлена на Ливадійському палаці. Вона дозволяє здійснювати точний і надійний прогноз стану його конструкцій.

УДК 629.7.05

П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИЙ ПРИВІД В СИСТЕМІ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

*Мураховський С. А. Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна.*

В сучасних прецизійних вимірювальних системах та системах керування, регульованими величинами яких є кутові і лінійні переміщення, як виконавчі елементи традиційно використовуються електромагнітні двигуни (крокові, неперервного обертання, моментні і т.д.) різних типів. Найбільш широко використовувані крокові двигуни мають крок порядку 1 кутового градуса при незначному моменті на валу. Для збільшення моменту і зменшення величини кутового кроку звичайно використовують редуктор із значним передатним відношенням, що може привести до збільшення маси і габаритів в декілька разів. Таким чином актуально постає проблема пошуку нових фізичних рішень, які б дозволили подолати наявні недоліки традиційних систем з електромагнітними виконавчими механізмами. Як одне з можливих рішень можна запропонувати використання п'єзoeлектричного приводу, який має високу кутову роздільну здатність порядку 1 кутової секунди при порівняно великому моменті на валу, порядку 0,1...1 Нм, а також високі динамічні характеристики - час розгону і гальмування порядку 1 мс при швидкості до 1 об/с.

Головний принцип побудови системи - вісь п'єзoeлектричного приводу є робочою віссю приводу керування системою. Нарощування осей обертання здійснюється модульним способом шляхом установки наступного двигуна на відповідну базову вісь. Реалізація даного принципу можлива на високодинамічних, старто-зупинних, високомоментних п'єзoeлектричних приводах, що самогальмуються, з високою кутовою роздільною здатністю.

В основу принципу керування п'єзoeлектричним приводом покладений квантовий закон керування, з рівнем квантування, обумовленим точнісними характеристиками двигуна і здійснюючий розрив командного ланцюга зворот-

ного зв'язку після відпрацювання відповідного кутового сигналу з наступним збереженням даного кутового положення.

В роботі розроблено структурну схему системи автоматичного керування на основі п'єзоелектричного приводу, яка включає релейний елемент, що задає кутову точність системи.

На основі моделювання отримано графіки перехідного процесу, які характеризують роботу системи при різних сигналах, заданих на вході системи. Проаналізовано вплив моменту інерції, приведенного до валу двигуна на динамічні властивості системи. Отримані залежності характеризують високу точність системи.

Ключові слова: п'єзоелектричний привід, динамічні властивості, кутова роздільна здатність, перехідний процес.

УДК 681 : 513

РЕДУКОВАНІ ТА СИСТЕМНІ МОДЕЛІ

*Рижкова С.А. Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна*

Моделі створюються на основі математичних теорій, що в ідеальному стані є цілісними замкненими системами, подальший розвиток яких обумовлено самодостатністю їх внутрішньої логіки. Так, механіка Ньютона обумовила розробку теорії диференціальних рівнянь, яка давала змогу зводити моделі процесів, для яких суттєвим є рух і зміна стану, до стандартного виду систем рівнянь. Моделі простих ізольованих систем спрощували розв'язання поставлених задач, одночасно встановлюючи межі їх застосування. Ефективність застосування редукованих моделей при розв'язанні прагматичних задач техніки спричинила тому, що точність вимірювань зростала швидше ніж точність моделей. Поступове збільшення чисельності та якісне ускладнення невідповідностей, або похибок слугувало появі як припущень про принципову неповноту методології редукування, так і виникненню прикладних математичних теорій. На ранніх стадіях логіка розвитку прикладної математики та зміна парадигм нормативної науки визначається зовнішніми суто практичними проблемами. Так, загальна теорія систем, концептуальний апарат якої розроблений ще недостатньо, і в наш час до певної міри залишається сукупністю пізнавальних принципів. Евристична цінність системного підходу полягає в орієнтації на осмислення реальних процесів як процесів функціонування систем, основними рисами яких є: відкритість (бо, на відміну від ізольованих систем нормативної науки, враховується можливість впливу зовнішніх чинників); складність (бо, на відміну від редукованих моделей розглядається взаємодія більш ніж двох факторів); ієрархічність (бо враховується чинник внутрішнього підпорядкування усіх елементів системи, які в свою чергу також розглядаються як складні системи); самоупорядженість (бо система сама підтримує певний

рівень організованості при змінюванні зовнішніх та внутрішніх умов, перебудовує існуючі та утворює нові зв'язки між елементами); еквіфінальність (бо незалежно від початкових умов система досягає кінцевого стану, принципова невизначеність якого спричиняє можливість її подальшої трансформації в декілька якісно різних станів). Логіка розвитку математичних теорій свідчить, що незамкнені та несамодостатні прикладні математичні моделі системного підходу (прогностичні та пошукові методики, метод прийняття рішень при розв'язанні багатокритеріальних лінійних та нелінійних задач в умовах невизначеності, побудова та структура графів складних систем і т.ін.) слугують підґрунтям принципово нового цілісного математичного апарату.

Ключові слова: редукування, загальна теорія систем, відкриті складні самоупоряджені ієрархічні еквіфінальні системи, багатокритеріальність, структура, замкненість, несамодостатність, цілісність.

УДК: 621.382.049.77

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОДНОКРИСТАЛЬНЫХ AVR RISC МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ В СОВРЕМЕННОМ ПРИБОРОСТРОЕНИИ

*Качан С.В. Национальный технический университет Украины
“Киевский политехнический институт”, г. Киев, Украина*

Встраиваемые микроконтроллеры (МК) на сегодняшний день являются одной из основных платформ, используемых при проектировании «интеллектуальных» приборов и систем различного назначения.

Одним из признанных лидеров в области производства широкого спектра микроэлектронных компонентов, в том числе МК общего назначения, является фирма Atmel, которая начала развивать производство высокопроизводительных 8-разрядных RISC МК для встраиваемых приложений, объединенных общим названием AVR.

В рамках единой базовой архитектуры AVR МК подразделяются на три семейства:

Classic AVR – базовая линия МК;

Mega AVR – МК для сложных приложений, требующих большого объема памяти программ и данных;

Tiny AVR – недорогие МК в 8-выводном корпусе.

За последние годы семейство AVR приобрело большую популярность, привлекая разработчиков выгодным соотношением «цена/быстродействие/энергопотребление», удобными режимами программирования, доступностью программно-аппаратурных средств поддержки и широкой номенклатурой выпускаемых кристаллов. При этом для разработки проекта на основе МК данного семейства фирмой предлагается многофункциональный программный продукт в виде интегрированной среды проектирования AVR Studio, содержащий компилятор C, ассемблер, симулятор и программатор. При

помощи последнего рабочая программа вводится в память применяемого МК, установленного в специальный электронный модуль Starter Kit, который позволяет оценить эффективность работы разработанного программного продукта на выбранном МК в реальном масштабе времени.

В настоящее время в лаборатории НИЛ-3 кафедры ПСОН НТУУ «КПИ» на основе многолетнего опыта использования однокристалльных МК разработаны учебная программа и лабораторный практикум для обучения как студентов, так и специалистов предприятий проектированию цифровых устройств на основе МК AVR фирмы Atmel с использованием языков программирования C/C++ и Ассемблер.

Ключевые слова: микроконтроллер, проектирование, программа, ассемблер, симулятор, компилятор.

УДК 621.382.049.77

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ ПЛИС ФИРМЫ ALTERA В ИНТЕГРИРОВАННОЙ СРЕДЕ MAX+PLUS II

*Луцакивский А.Р. Национальный технический университет Украины
“Киевский политехнический институт, г. Киев, Украина*

Одной из основных «электронных» платформ, используемых в настоящее время при проектировании современных приборов и систем, являются программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС). Высокая плотность упаковки (свыше 1 млн. вентилях) и невысокая стоимость кристаллов позволяет говорить о постепенном вытеснении ПЛИСами элементов традиционной «жесткой» логики. Лидером в этом секторе электронных компонентов на сегодня в мире выступает фирма Altera, которая активно осваивает украинский рынок и является также разработчиком САПР MAX+PLUS II для проектов на основе ПЛИС.

Пакет программ MAX+PLUS II представляет собой интегрированную среду для разработки цифровых устройств на базе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) фирмы Altera и обеспечивает выполнение всех этапов, необходимых для выпуска готовых изделий: создание проектов устройств, синтез структур и трассировку внутренних связей ПЛИС, подготовку данных для программирования или конфигурирования ПЛИС (компиляцию), верификацию проектов (функциональное моделирование и временной анализ), а также программирование или конфигурирование ПЛИС.

САПР включает в себя графический, символьный, текстовый, сигнальный редакторы, поуровневый планировщик, компилятор, симулятор, верификатор временных параметров, программатор и генератор сообщений. Три языка программирования, интегрированные в систему, дают возможность более оптимально использовать ресурсы ПЛИС. Язык AHDL является разработкой компании Altera и применяется для создания небольших проектов в которых элемен-

тарные логические частицы образуют несложные связи. Для создания более объемных проектов следует уже использовать язык VHDL, который является более мощным средством для описания сложных проектов, включающих в себя матрицы.

За время работы с пакетом в НИЛ-3 кафедры ПСОН НТУУ «КПИ» разработаны пособие для начинающих работать с интегрированной средой MAX+PLUS II, лабораторный практикум по курсу “Средства цифровой обработки сигналов” и созданы предпосылки для организации обучения специалистов предприятий навыкам работы в среде и разработки новых проектов на основе ПЛИС.

Ключевые слова: плис, компилятор, ahdl, симулятор, верификатор, программатор, vhdl, интегрированная среда, max+plus ii.

УДК 621.382.049.77

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ БЕСКОЛЛЕКТОРНЫМ ТРЕХФАЗНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОГО СИГНАЛЬНОГО ПРОЦЕССОРА TMS320F243 ФИРМЫ TEXAS INSTRUMENTS

*Панасюк А.В. Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

Платформа цифровых сигнальных процессоров (ЦСП) серии TMS320C24x фирмы Texas Instruments представлена семейством недорогих 16-разрядных DSP-процессоров, предназначенных для применения, прежде всего в цифровых системах управления оборудованием, электродвигателями и т.п. Реализация на одном кристалле функции высокопроизводительного ЦСП и специализированного управляющего микроконтроллера, а также наличие встроенного 10-разрядного АЦП, 16х16 умножителя, высокоскоростных CAN, SPI и SCI интерфейсов с портами параллельного ввода-вывода позволило существенно расширить его функциональные возможности и область его применения. Оптимизированный микроконтроллерный блок управления ЦСП обеспечивает все функции по организации ШИМ и ввода-вывода для управления всеми типами электродвигателей, что и предопределило его применение в разрабатываемой системе управления бесколлекторным двигателем.

В состав системы помимо исполнительного элемента входят также сервоусилитель на базе мощных коммутирующих инверторов, который управляется оценочным модулем на основе вышеупомянутого ЦСП TMS320F243 и в свою очередь связанный с компьютером.

Основные задачи ЦСП в системе управления бесколлекторным двигателем:

- Запуск, останов, инвертирование направления вращения двигателя;
- Контроль скорости вращения;
- Контроль точности перемещения выходного вала привода;

- Контроль тока, потребляемого обмотками двигателя.

Вращение двигателя осуществляется посредством подачи ШИМ сигналов, формируемых микроконтроллерным блоком ЦСП оценочного модуля на драйвер сервоусилителя. Значение ШИМ сигнала определяется заданным законом управления двигателем.

Для разработки и отладки рабочей программы проектируемой системы разработчиками используется универсальная интегральная среда Code Composer фирмы Texas Instruments, включающая ряд программных продуктов как С-компилятор, ассемблер, линкер и симулятор, что позволило существенно ускорить процедуру разработки и отладки системы.

Ключевые слова: dsp-процессор, симулятор, электродвигатель, управление, code composer, интегрированная среда.

УДК 615.82

ИЗМЕРИТЕЛЬ ПРОФИЛЯ ПОЗВОНОЧНИКА ЧЕЛОВЕКА

Мелешко В.В. Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»; Лазарев И.А. Институт ортопедии и травматологии

Разработка диагностических приборов – основное направление развития медицинского приборостроения. Находят применение в построении таких приборов и методы и средства систем ориентации и навигации.

Важнейшей характеристикой для диагностирования, контроля за лечением является профиль (кривизна) позвоночника, измеряемый в двух плоскостях: саггитальной и фронтальной. Саггитальная плоскость вертикальна и соответствует плоскости симметрии тела человека. Фронтальная плоскость также вертикальна и перпендикулярна саггитальной плоскости.

Рассматриваемый измеритель представляет, по существу, одометрическую миниатюрную систему ориентации, в чувствительном элементе которой установлены 2 двухосных акселерометра и счетчик пути, аналогичный счетчику компьютерной "мыши". Сигналы чувствительного элемента через плату аналого-цифрового многоканального преобразователя (АЦП) поступают в компьютер, где обрабатываются для получения информации в требуемом визуальном и числовом виде. При обработке информации учитываются смещения сигналов и коэффициенты передачи АЦП и акселерометров, погрешности установки акселерометров, неперпендикулярность осей в двухосном акселерометре. Соответствующие характеристики определяются в процессе калибровки измерителя. Калибруемые параметры определяем с использованием метода наименьших квадратов.

Случайные погрешности измерений сглаживаются методом скользящего среднего. Программы обработки сигналов, представления выходной информации, управления базой данных разработаны в среде Delphi и Excel.

Прибор может быть использован не только для измерения профиля позвоночника, но и как измеритель углов поворота различных элементов тела человека относительно вертикали (режим гониометрии).

Прибор имеет следующие

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ:

Диапазон изменений углов во фронтальной плоскости - $+180^{\circ}$...- 180° .

Диапазон изменений углов в саггитальной плоскости - $+80^{\circ}$..- 80° .

Среднеквадратическая ошибка измерения угла – $0,25^{\circ}$.

Время измерения – устанавливаемое (приемлемо 10 секунд для перемещения чувствительного элемента вдоль позвоночника).

Максимальная длина позвоночника – 0,75 м.

Дискретность отсчетов по длине позвоночника – 3 мм.

Масса чувствительного элемента – 100 г.

КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ: чувствительный элемент, интерфейсная плата аналого-цифрового преобразователя (АЦП), программное обеспечение, инструкция пользователя.