

В таблице 1 представлены усредненные по трём испытаниям уровни звука и время падения давления в ресивере при выхлопе с глушителем и без него.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики

Наименование	L_a , дБА	$P_{вх}$ абс, МПа	Длина трубопровода, м	$\bar{t} = t/t_1$
Без глушителя	108,5	0,73	1	1
С глушителем	85	0,73	1	1,11

Таким образом, экспериментальным путём исследованы акустические характеристики 4-х моделей глушителей шума. Акустическая эффективность глушителей шума с учётом частотной коррекцией A – более 20 дБА у всех образцов, что является хорошим показателем. При анализе октавных уровней звукового давления, из всего перечня образцов явно выделяется полиэтиленовый глушитель Samozzi серия 2838, который на частотах 4000 и 8000 Гц показывает более низкий уровень шума, по сравнению с другими моделями.

Также проанализировано влияние установки глушителя на быстродействие пневмосистемы. Пропускную способность K_v контролировали измерением времени Δt падения давления (абсолютного) в пневмоёмкости от $p_1 = 0,6$ МПа до $p_2 = 0,3$ МПа. Начальное абсолютное давление в ресивере составляло 0,73 МПа.

Установка глушителя шума 2921-1/4 привело к увеличению времени падения давления на 11 %, что не превышает 40 % требуемых ГОСТ 25144 – 82.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сейфетдинов, Р. Б. Влияние установки пневмоглушителя на быстродействие пневмосистемы / Р. Б. Сейфетдинов [и др.] // Гидропневмоавтоматика и гидропривод – 2005: Сборник научных трудов: В 2 т. – Ковров: КГТА, 2006. – Т.2. – С. 20–34.
2. Иголкин, А. А. Выбор параметров пневмоглушителей / А. А. Иголкин [и др.] // Известия СНЦ РАН. Специальный выпуск «ELPIT-2007» – Самара, Издательство СНЦ: РАН, 2007. – Т. 2. – С. 82– 88.
3. Пневмоглушители. Технические условия: ГОСТ 25144 –82.
4. Иголкин, А. А. Математическая модель глушителя шума выхлопа пневмосистем / А. А. Иголкин [и др.] // Известия СНЦ РАН №2, Самара: Издательство СНЦ РАН, 2004. – Т. 6 – С. 364– 368.
5. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий: ГОСТ 23337-2014 ШУМ.

УДК 621.865.8

МЕХАТРОННЫЕ МОДУЛИ И МЕХАТРОННЫЕ СИСТЕМЫ

Кокудович Д. В.¹, Прокопеня О. Н.¹

1) Брестский государственный технический университет,
г. Брест, Республика Беларусь

Мехатроника – это область науки, основанная на объединении узлов точной механики с электронными компонентами. Такое объединение позволяет создавать модули и машины с более качественными характеристиками, которые в

дальнейшем ориентированы на автоматизацию сложных технологических процессов и операций. Мехатронные модули находят все большее применение в различных отраслях [1–3].

Стоит отметить, что мехатронные системы построены по методу синергетического объединения, которое предполагает не простое соединение частей посредством интерфейсных блоков, но их конструктивное объединение в одном модуле. Синергетическая интеграция элементов при проектировании мехатронных модулей основана на трех базовых принципах:

- реализация заданных функциональных преобразований минимально возможным числом структурных и конструктивных блоков путем объединения двух и более элементов в единые многофункциональные модули;
- выбор интерфейсов в качестве локальных точек интеграции и исключение избыточных структурных блоков и интерфейсов как сепаратных элементов;
- перераспределение функциональной нагрузки в мехатронной системе от аппаратных блоков к интеллектуальным (электронным и компьютерным) компонентам.

Модуль мехатронной системы выделяется как функциональная часть машины, являясь при этом самостоятельным изделием с точки зрения конструктивного исполнения и оформления. Так, в соответствии с признаком синергетического объединения мехатронные модули можно разделить по уровням.

Мехатронные модули первого уровня представляют собой объединение только двух исходных элементов. Типичным примером модуля первого поколения может служить «мотор-редуктор», где механический редуктор и управляемый двигатель выпускаются как единый функциональный элемент. Мехатронные системы на основе этих модулей нашли широкое применение при создании различных средств комплексной автоматизации производства (конвейеров, транспортеров, поворотных столов, вспомогательных манипуляторов).

В мотор-редукторах в качестве электродвигателей наиболее часто используют асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором и регулируемым преобразователем частоты вращения вала, однофазные двигатели и двигатели постоянного тока. В качестве преобразователей движения применяются зубчатые цилиндрические и конические, червячные, планетарные, волновые и винтовые передачи. Для защиты от действия внезапных перегрузок устанавливают ограничители вращающего момента.

Наиболее простым в управлении является двигатель постоянного тока, так как при постоянном значении магнитного потока регулирование момента производят только изменением величины тока.

Модуль на основе синхронного двигателя состоит из синхронной электрической машины, датчика положения ротора и электронного устройства управления.

Управление синхронным двигателем сложнее, поскольку при фиксированном значении магнитного потока, кроме регулирования величины тока, необходимо также регулировать величину пространственного угла, добиваясь получения требуемого значения момента.

Наиболее сложным в управлении является асинхронный двигатель. Управление им требует регулирования тока статора при поддержании постоянства магнитного потока и пространственного угла для получения максимального значения развиваемого момента.

По большинству других характеристик, и прежде всего по массогабаритным показателям, двигатели переменного тока превосходят двигатели постоянного тока.

Мехатронные модули второго уровня появились в связи с развитием новых электронных технологий, которые позволили создать миниатюрные датчики и электронные блоки для обработки их сигналов. Объединение приводных модулей с указанными элементами привело к появлению мехатронных модулей движения, когда достигнута интеграция трех устройств различной физической природы: механических, электротехнических и электронных. На базе мехатронных модулей данного класса созданы управляемые энергетические машины, станки и промышленные роботы с числовым программным управлением.

Преимуществами данных модулей являются: высокая точность реализации исполнительных движений; надежность, долговечность; возможность работы при наличии различных видов возмущений и в широком диапазоне температур окружающей среды; значительно меньшие массогабаритные показатели по сравнению с обычным электроприводом.

Развитие третьего поколения мехатронных систем обусловлено появлением микропроцессоров и контроллеров на их базе и направлено на интеллектуализацию всех процессов, протекающих в мехатронной системе, в первую очередь – процесса управления функциональными движениями машин и агрегатов.

Компьютерное управление оказывается весьма эффективным при построении многокоординатных нелинейных мехатронных систем. В этом случае вычислительная машина анализирует данные о состоянии всех компонентов и внешних воздействиях, производит вычисления и формирует управляющие воздействия на исполнительные компоненты системы с учётом особенностей её математической модели. В результате достигается высокое качество управления согласованным многокоординатным движением, например, рабочего органа мехатронной технологической машины или мобильного робота.

Особую роль в мехатронике играет интеллектуальное управление, которое является более высокой ступенью развития компьютерного управления и реализует различные технологии искусственного интеллекта. Наиболее эффективными технологиями интеллектуального управления в мехатронике являются технологии нечёткой логики, искусственных нейронных сетей и экспертных систем.

Применение интеллектуального управления даёт возможность обеспечить высокую эффективность функционирования мехатронных систем при отсутствии подробной математической модели объекта управления, при действии различных неопределённых факторов и при опасности возникновения непредвиденных ситуаций в работе системы.

Выбор варианта привода (двигателя и преобразователя движения) мехатронного модуля может быть осуществлен неоднозначно, поэтому при его конструировании следует стремиться к оптимальному решению. Необходимо выбрать

критерий оценки качества варианта. Оптимальным считается тот, которому соответствует экстремальное значение критерия.

В инженерной практике в качестве критериев оптимизации применяют различные показатели:

- время перемещения выходного звена на заданное расстояние;
- время согласования скорости выходного звена с заданным значением;
- минимизация массы и габаритов мехатронного модуля;
- энергопотребление мехатронного модуля при выполнении типовых движений.

Выбор кинематической структуры является важнейшей задачей при концептуальном проектировании машин нового поколения. Эффективность её решения во многом определяет главные технические характеристики системы, её динамические, скоростные и точностные параметры.

Развитие концепции мехатронно-модульного построения сложных электро-механических систем различной конструкции и назначения предполагает комплексное решение целого ряда важнейших проблем. К их числу в первую очередь следует отнести разработку быстродействующих алгоритмов управления, обеспечивающих инвариантность к различного рода возмущениям (что особенно важно для прецизионных систем), принципов динамической развязки быстродействующих приводов с учетом компенсации взаимного влияния отдельных степеней подвижности, алгоритмов управления движением, инвариантных к типу кинематической схемы многозвенного мехатронно-модульного механизма, а также универсальных средств программирования, обеспечивающих возможность постановки прикладных задач на уровне описаний конечных технологических целей.

Одновременно идет разработка новых принципов и технологий изготовления высокоточных и компактных механических узлов, а также новых типов электродвигателей (в первую очередь, высокомоментных, бесколлекторных и линейных), датчиков обратной связи и информации. Синтез новых прецизионных, информационных и измерительных технологий дает основу для проектирования и производства интеллектуальных мехатронных модулей и систем.

При создании транспортирующего и накопительного оборудования одной из основных задач является обеспечение заданной точности позиционирования при малой длительности цикла работы механизмов, что может быть обеспечено за счет высоких точностных характеристик и быстродействия приводов. При решении данной задачи посредством мехатронных модулей в качестве критерия оптимизации было выбрано максимальное угловое ускорение ε_{MAX} выходного звена, которое обеспечивается при оптимальном передаточном отношении преобразователя движения:

$$U_{OPT} = \frac{T_H}{\eta \cdot T_{д.МАХ}} + \sqrt{\left(\frac{T_H}{\eta \cdot T_{д.МАХ}}\right)^2 + \frac{J_H}{J_{д.ПД}}}$$

где J_H – момент инерции объекта управления, кг·м²;

$T_{д.МАХ}$ – максимальный момент двигателя (задается в стандартах);

T_H – момент сопротивления на выходном звене;

$J_{д.ПД}$ – момент инерции ротора двигателя и приведенный к валу двигателя момент инерции преобразователя движения;

принимается $J_{д.ПД} \approx (1,1...1,3)J_d$

J_d – момент инерции ротора двигателя.

Требуемый максимальный момент двигателя

$$T_{д.ТР.МАХ} = \frac{2}{\eta} \sqrt{J_{д.ПД} \cdot \varepsilon_{МАХ} (J_H \cdot \varepsilon_{МАХ} + T_H)}$$

Для выбора типа электродвигателя необходимо выполнение условия

$$T_{д.МАХ} \geq T_{д.ТР.МАХ} .$$

Если данное условие не выполняется, выбирается двигатель с большим максимальным вращающим моментом.

Для выбранного привода с оптимальным передаточным отношением необходимо выполнение условия

$$\omega_{НОМ} / U_{ОПТ} \geq \omega_{ВЫХ} ,$$

где $\omega_{НОМ}$ – номинальная скорость вращения вала двигателя.

При невыполнении условия выбирается двигатель с большими скоростными возможностями и проводится перерасчет мехатронного модуля.

В проектируемом оборудовании были применены электроцилиндр компании Festo ESBF-BS-32-300-10P в связке с серводвигателем Festo EMME-AS-40-S-LV-AMB. Данные устройства фактически представляют собой мехатронные модули.



Рисунок 1 – Электро-цилиндр Festo ESBF-BS-32-300-10P



Рисунок 2 – Серводвигатель Festo EMME-AS-40-S-LV-AMB

Приведённый выше цилиндр имеет шарико-винтовую передачу с направляющей на плоских подшипниках и используется в промышленных системах, где требуется большая производительность и высокие значения усилия подачи на небольшом монтажном пространстве.

Синхронный серводвигатель с возбуждением от постоянных магнитов применяется для решения динамических задач позиционирования, в том числе многокоординатного перемещения по сложному контуру.

Данная мехатронная система под управлением контроллера Festo CMMR-AS-C2-3A-M3 хорошо подходит для решения задач высокودинамичного позиционирования. Это оборудование было использовано для реализации накопителей продукта, на установке агрегации, разбиения на потоки и упаковки сыров, выполняя смещение накопителя при поступлении каждой новой единицы продукта, формируя тем самым стопку упаковок и заталкивания, в последующем, этой стопки в короб.

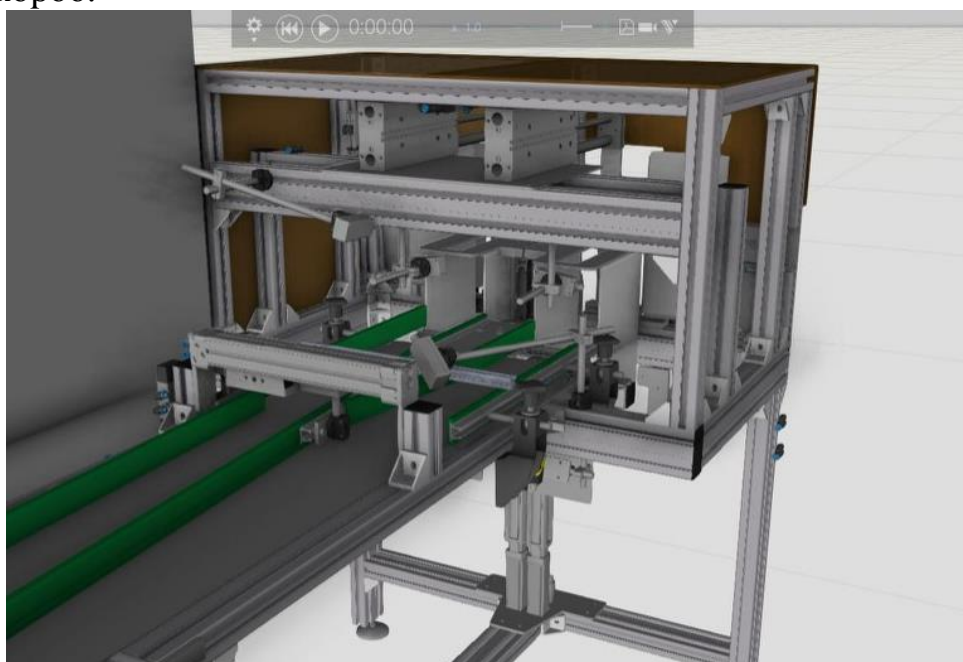


Рисунок 3 – Фрагмент установки

Применение указанных модулей позволило обеспечить заданную точность позиционирования при высокой производительности. Тем самым на практике подтверждена эффективность использования мехатронных модулей при создании указанного класса оборудования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рассудов, Л. Н. Системы на кристалле: Новые возможности управления сервоприводом. / Л. Н. Рассудов, А. П. Балковой // Труды VIII международной (XIX Всероссийской) конференции по автоматизированному электроприводу АЭП-2014, – Саранск, 07–09 октября 2014 г. – Саранск, 2014. – Т.1 стр. 38–43.
2. Мехатроника, автоматизация, управление = Mechatronics, automation, control: первая Всероссий. науч.-техн. конф. с междунар. участием, Рос. Федерация, г. Владимир, Владим. гос. ун-т, 28–30 июня 2004 г.: труды / В. Ф. Коростелев, Н. Б. Филимонов. – М. : Новые технологии, 2004. – 508 с.
3. Игнатъев, Н. П. Обеспечение точности при проектировании приводов и механизмов: справочно-методическое пособие / Н. П. Игнатъев. – Азов: АзовПечать, 2012. – 110 с.

УДК 543.27.8

ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ГАЗОАНАЛИЗАТОРОВ, НА ОСНОВЕ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

Олиферович Н. М., Анкуда М. А., Карнович Д. С.

Белорусский государственный технологический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

Измерители концентрации, принцип действия которых основан на взаимодействии оксидов металлов с анализируемыми газами, весьма перспективны для анализа количественного и качественного состава газов в различных отраслях промышленности. В данных газоанализаторах используется свойство избирательной чувствительности некоторых оксидов при различных температурах, что, в свою очередь, позволяет осуществлять комплексный анализ многокомпонентных газовых смесей. Однако необходимо учитывать особенности поведения чувствительного элемента, его электрические свойства, которые могут быть задействованы в качестве исходных данных для проведения анализа газовых смесей [1].

В полупроводниковых газоанализаторах используется эффект изменения электрического сопротивления некоторых полупроводниковых материалов (поверхностей монокристаллов, пленок), возникающего вследствие адсорбции газа. Структурную схему сенсора можно представить на рисунке 1.

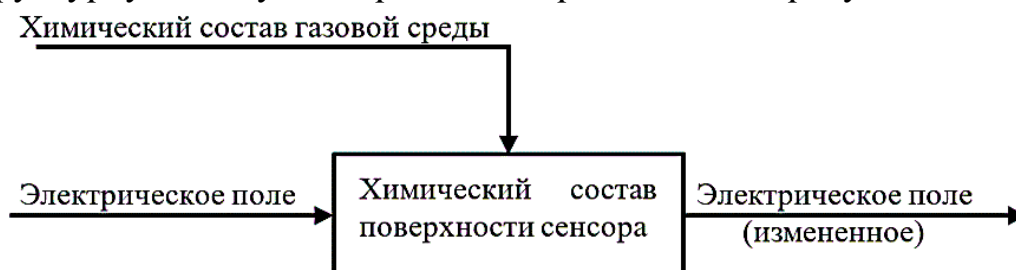


Рисунок 1 – Структурная схема полупроводникового сенсора