

Из рисунка 2 следует, что, например, при частоте колебания основания 1,5 Гц, угловая жесткость стабилизации платформы по моменту в 31 раз выше у предлагаемого двухосного индикаторного ГС на ДНГ, чем у аналога. Введение в усилительно-преобразующий тракт канала наружной рамки 1 КЗ 6 и КЗ 7, настроенных на первую и вторую гармоники частоты вращения ротора ДНГ 10, обеспечивает увеличение помехозащищенности прибора. ЛАЧХ передаточной функции последовательно соединенных КЗ 6 и КЗ 7, приведенная на рисунке 3, показывает, что введение третьего КЗ 6 и четвертого КЗ 7 обеспечивает ослабление помехи в выходном сигнале ДНГ 10 в 25 раз на частоте вращения ротора и на двойной частоте вращения ротора ДНГ 10. Структура усилительно преобразующего тракта ГС по каналу внутренней рамки аналогична структуре канала наружной рамки.

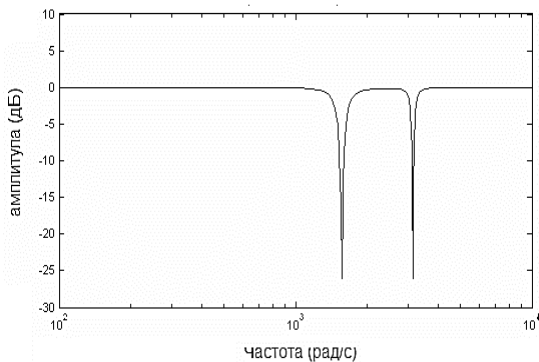


Рисунок 3 – ЛАЧХ КЗ 6 и КЗ 7

ЛАЧХ на рисунках 2, 3 были получены при следующих параметрах индикаторного ГС на ДНГ:  $K_y = 31000$ ;  $K_{y1} = 10000$ ;  $J_{\Pi} = 0,026 \text{ кгм}^2$ ;  $D_{\Pi} = 0,0041 \text{ Нмс}$ ; с параметрами  $T = T_1 = T_3 = 0,01 \text{ с}$ ,  $T_2 = 0,0012 \text{ с}$ ,  $T_4 = T_5 = 0,0000004057 \text{ с}^2$ ,  $a_1 = 0,000004$ ,  $a_2 = 0,00008$ ,  $T_6 = T_7 = 0,0000001014 \text{ с}^2$ ,  $a_3 = 0,0000008$ ,  $a_4 = 0,000016$ .

Таким образом, реализация усилительно преобразующего тракта ГС, которой может быть выполнена в соответствии с рисунком 1 [3], позволяет повысить точность стабилизации в области низких частот и увеличить помехозащищенность усилительно-преобразующих трактов каналов наружной рамки и платформы двухосного индикаторного ГС на ДНГ.

1. Распопов В.Я., Малютин Д.М., Иванов Ю.В. Гироскопы в системах гироскопической стабилизации / Инженерный журнал «Справочник» с Приложением. – №7 (148). – М.: Машиностроение. – 2009. – С. 52-58.
2. Дегтярев М.И. К анализу устойчивости двухосного индикаторного гиросtabilизатора на ДНГ. [электронный ресурс] // известия ТулГУ. Технические науки. Выпуск 2: [сайт]. [2012]. url:[http://publishing.tsu.ru/Izvest/tso\\_izv\\_Tenichesk\\_nauki\\_2012\(2\).pdf](http://publishing.tsu.ru/Izvest/tso_izv_Tenichesk_nauki_2012(2).pdf).
3. Малютин Д.М., Дегтярев М.И. Двухосный индикаторный гиросtabilизатор на динамически настраиваемом гироскопе. Патент РФ на полезную модель №122477, бюл. №33, 27.11.2012.

УДК 681.521.7+617.57-77

## КОНЦЕПЦИЯ И ВОЗМОЖНОСТЬ СОЗДАНИЯ КИБЕРПРОТЕЗА РУКИ

Павловский А. М., Сопилка Ю.В., Грандюк А.И.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»  
Киев, Украина

В процессе научно-технического развития появляется необходимость универсальных манипуляционных машин. Манипулятор – механизм, который дает возможность управлять пространственным положением предметов, конструктивных узлов и элементов. В основе манипуляторов лежат пространственные механизмы с большим количеством степеней свободы. С их помощью можно выполнять работы в средах, которые недоступны или опасны для человека, вспомогательные работы в промышленном производстве. Несмотря на широкое применение манипуляторов в большинстве сфер современной промышленности, остро возникает задача внедрения универсальных манипуляторов непосредственно для персонального использования человеком. Одним из перспективных путей

внедрения таких манипуляторов является протезирование конечностей пострадавших.

Как показывает практика, наиболее критическая ситуация с протезированием рук пострадавших, ведь такие протезы должны обеспечивать полный функционал утраченной конечности. К сожалению, большинство доступных протезов имеют косметический характер и могут выполнять лишь несколько функций, которые не позволяют вернуться человеку к полноценной жизни. Таким образом, необходимо создать протез руки, который может выполнять подавляющее большинство действий утраченной конечности, будет доступен для всех пострадавших и конкурентно-способным на мировом рынке.

На сегодняшнем этапе развития техники, роботизация позволяет в значительной мере облег-

чить повседневную жизнь человека, а в некоторых случаях полностью освободить человека от ограничений движения, особенно, если речь идет о людях с ограниченными возможностями. Современное состояние микроэлектроники и микромеханики позволяет создавать системы, которые способны воссоздавать движения с точностью и синхронностью действий человеческого организма. Именно поэтому разработка таких систем актуальна и практически значима.

На сегодняшний день существует много научных разработок, посвященных проблемам протезирования утраченных конечностей, в частности с использованием электромеханических протезов. В большинстве работ теоретически обосновываются и решаются задачи относительно отдельных конструктивных элементов протезов, повышение их выносливости и износоустойчивости, или же предлагаются пути взаимодействия носителя с электромеханической частью протеза, что, безусловно, являются актуальными и важными задачами. Однако большинство исследований имеют или сугубо теоретический характер [1], или образцы существуют лишь в виде прототипов [2, 3].

На сегодняшний день наиболее весомые результаты в области разработки кибернетических протезов рук в мире имеют компании *RSL Steeper* и *DEKA*.

*RSL Steeper* презентовала один из наиболее совершенных протезов рук *bebionic* [2]. Протез выполняет несколько движений для каждого из 14 возможных положений, удерживает вес до 45 кг и управляется при помощи накладных электродов.

Такой подход позволяет использовать протез без дополнительной операции. Недостатками данного протеза является невозможность его использования при отсутствии руки выше локтевого сустава, а также сверхвысокая стоимость.

Американская компания *DEKA* с агентством *DARPA* заканчивает тестирование киберпротеза *DEKA Arm* [3]. Для манипуляции протезом пациент должен пройти несколько операций по имплантации управляющих контроллеров, а также «нервных волокон». Одним из самых больших преимуществ протеза является возможность ощущать предмет прикосновения. Однако протез не доступен для гражданского населения.

Для подтверждения возможности создания киберпротеза руки в Украине был создан макетный образец протеза кисти. Разработанная искусственная конечность может воссоздавать основные жесты человеческой кисти и захватывать небольшие предметы простой формы. Для создания макетного образца необходимо было решить ряд вопросов, а именно:

- разработать принцип построения протеза;
- разработать метод управления протезом;
- провести разработку макета;
- провести настройку и испытание макета.

Все поставленные задачи были выполнены в полном объеме. На рисунке 1 представлена обобщенная структурная схема созданного макетного образца, которая раскрывает принцип построения протеза.

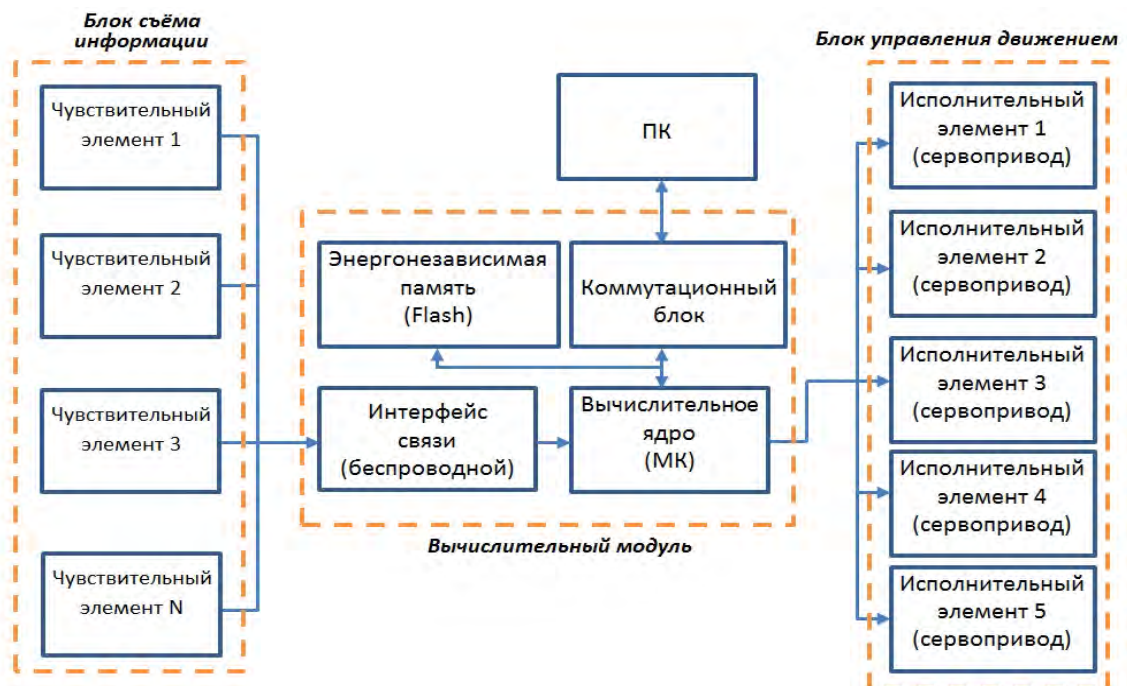


Рисунок 1 – Обобщенная структурная схема киберпротеза руки

Электрические сигналы от чувствительных элементов блока съема информации через беспроводной интерфейс передаются на вычислительный модуль, а также хранятся в энергонезависимой *flash*-памяти. Вычислительное ядро в качестве которого использован микроконтроллер (МК) *Atmega-328*, обрабатывает полученные от чувствительных элементов сигналы в соответствии с заданным алгоритмом. Алгоритмы обработки могут быть изменены в зависимости от набора датчиков и индивидуальных особенностей пользователя, также от этого зависит количество и тип чувствительных элементов. Далее, после обработки сигналов, принимается решение о задействовании необходимого количества сервоприводов, которые отвечают за имитацию движения пальцами. Коммутационный блок вычислительного модуля необходим для связи с внешними сервисными устройствами и выполняет функции передачи сохраненных массивов данных от чувствительных элементов с возможностями дальнейшей постобработки.

Общий вид созданного макетного образца кисти представлено на рисунке 2. Необходимо заметить, что следующий макетный образец будет изготовлен из армированного *Abs*-пластика по технологии 3D-печати. Несмотря на относительно невысокую прочность данного материала, его использование позволит уменьшить вес готового изделия, а также легко заменить поврежденные элементы. Кроме того, такой подход позволит более надежно фиксировать объекты захвата.

Таким образом, показана возможность создания полнофункциональных протезов, которые позволят пострадавшим вернуться к повседнев-

ной жизни без ограничения их возможностей, а отечественное производство сделает такие протезы доступными для всех желающих.

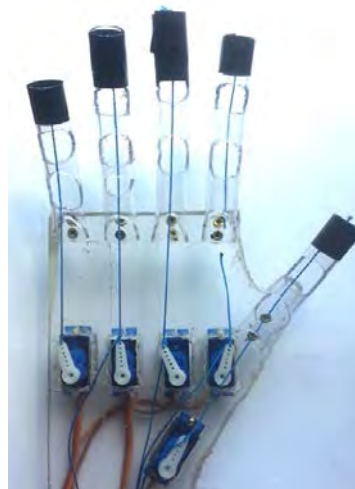


Рисунок 2 – Общий вид макетного образца

1. Чернышев А.А. Алгоритм управления многофункциональным протезом руки / А.А. Чернышев, Н.П. Мустецов // Системы обработки информации. – 2014. – № 6 (122). – С. 167-172.
2. The world's most advanced Prosthetic Hand [Электронный ресурс] / © 2011 – 2015. – Режим доступа: [http://bebionic.com/the\\_hand](http://bebionic.com/the_hand).
3. HAPTIX Starts Work to Provide Prosthetic Hands with Sense of Touch [Электронный ресурс] / © 2015. – Режим доступа: <http://www.darpa.mil/news-events>.

УДК 681.3

## КАССИФИКАЦИЯ ДИСКРЕТНЫХ ПОЛИГАРМОНИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ И ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТ ИХ ГАРМОНИК НА КОНЕЧНЫХ ИНТЕРВАЛАХ

Пономарева О.В., Пономарева Н.В., Пономарев А.В.

Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашиникова  
Ижевск, Российская Федерация

Физические величины, характеризующие состояние объекта измерения<sup>1</sup>, на практике преобразуются в дискретные электрические измерительные сигналы (ДЭИС), параметры<sup>2</sup> которых содержат количественную информацию об измеряемых физических величинах и функционально

с ними связаны. В таких предметных областях, как: виброакустическое функциональное диагностирование механических объектов, экологическая безопасность, медицинская диагностика, пассивная и активная гидролокация, распознавание речи и изображений, сейсмология, геофизика и ряде других, ДЭИС представляют собой полигармонические сигналы, частотные и частотно-временные параметры которых являются основным физическими носителями информации о состоянии исследуемого объекта.

Дадим классификацию и некоторые определения из области измерений параметров

<sup>1</sup> **Объект измерения** – тело (физическая система, процесс, явление и т.д.), которое характеризуется одной или несколькими измеряемыми физическими величинами (РМГ 29 – 99).

<sup>2</sup> **Измеряемые параметры** – физические величины, наилучшим образом отражающие качество изделий или процессов (РМГ 29 – 99).