

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.

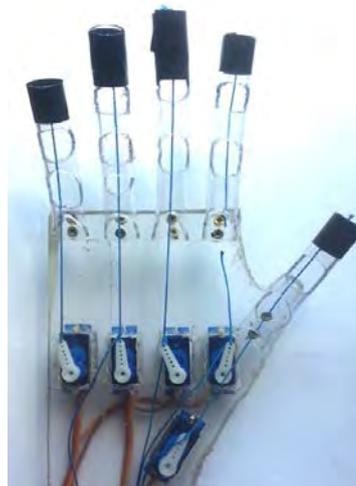


Рисунок 2 – Общий вид макетного образца

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).

полигармонических дискретных сигналов на конечных интервалах. Необходимость этого связана с тем, что, с одной стороны, к настоящему моменту терминология в данной области не может считаться устоявшейся. С другой не-точности в понимании того или иного термина могут приводить к неверным выводам и серьезным ошибкам.

**Полигармонический дискретный сигнал** – это сигнал, состоящий из  $2p$  гармоник с определенными амплитудами и частотами:

$$x(n) = a_0 / 2 + \sum_{i=1}^p x_i(n); \quad (1)$$

где  $x_i(n) = a_i \cos [2 \cdot \pi \cdot k_i \cdot n / N] + b_i \sin [2 \cdot \pi \cdot k_i \cdot n / N]$ ;  $a_i, b_i$  – амплитуды  $j$ -й косинусоидальной и  $i$ -й синусоидальной гармоники  $k_i$ , частоты,  $N$  – конечный интервал, на котором задан сигнал  $x(n)$ .

**Дискретный периодический сигнал** с основным периодом  $N_p$  – это полигармонический сигнал (1), в котором частоты  $k_i$  гармонических компонент соизмеримы (т.е. отношения всех возможных пар частот  $k_i / k_j$ ,  $i, j \in p$  представляют рациональные числа). Период  $N_p$  равен произведению интервала  $N$  на общий знаменатель  $d$  значений частот  $k_i$ ,  $i \in p$ . В этом случае дискретный сигнал  $x(n)$  точно повторяет свои значения через интервал  $N_p$ :

$$x(n) = \sum_{i=1}^p x_i(n) = x(n + m \cdot N_p),$$

$$|x(n) - x(n + N_p)| = 0, \quad (2)$$

где  $m = \overline{1, \infty}$ ;  $N_p = N \cdot d$ .

Отметим, что период  $N_p$  совпадает с конечным интервалом задания сигнала  $x(n) - N$ , тогда и только тогда, когда общий знаменатель  $d$  значений частот  $k_i$ ,  $i \in p$  равен единице. Для дискретных периодических сигналов с периодом  $N_p$  вводится понятие частоты  $k_1$  основной гармонической компоненты  $x_1(n)$  (основной частоты  $k_1$ ):

$$x_1(n) = a_1 \cos [2 \cdot \pi \cdot k_1 \cdot n / N_p] + b_1 \sin [2 \cdot \pi \cdot k_1 \cdot n / N_p]; k_1 = 1. \quad (3)$$

Характерной особенностью дискретных периодических сигналов является то, что они могут состоять только из нескольких гармонических компонент  $k_i, i \in p$  при отсутствии основной гармонической компоненты  $x_1(n)$  (4). На практике существуют дискретные периодические

сигналы, для которых наличие основной гармонической компоненты (4) обязательно. Это, так называемый, класс дискретных ангармонических сигналов.

**Дискретный ангармонический сигнал** – это дискретный периодический сигнал, представляющий собой сумму основной гармонической компоненты  $x_1(n)$  (гармонического сигнала наименьшей частоты в составе дискретного периодического сигнала) и некоторых ее гармоник (гармонических сигналов более высоких частот, частоты которых кратны частоте основной гармонической компоненты  $x_1(n)$ ). Отметим, что в определении данного класса дискретных периодических сигналов не фигурируют требования к начальным фазам как основной гармонической компоненты  $x_1(n)$ , так и ее гармоник. Это объясняется тем, что начальные фазы гармонических составляющих дискретного ангармонического сигнала являются переменными величинами и зависят от смещения интервала анализа во времени даже при его кратности периоду исходного сигнала.

Следующим классом полигармонических дискретных сигналов являются дискретные почти периодические сигналы. В том случае, когда частоты  $k_i$  гармонических компонент, полигармонического дискретного сигнала несоизмеримы (т.е. некоторые отношения из всех возможных пар частот  $k_i / k_j$ ,  $i, j \in p$  представляют иррациональные числа), дискретные сигналы (1), (2) являются дискретными почти периодическими сигналами.

Дискретный полигармонический сигнал  $x(n)$  является **дискретным почти периодическим сигналом**, если для каждого  $\varepsilon > 0$  можно указать такое  $l = l(\varepsilon)$ , что в каждом интервале оси переменной  $n$  длины  $l$  найдется, хотя бы одно число  $N_{p.p.} = f(\varepsilon)$ , для которого при любом  $n$  выполняется неравенство:

$$|x(n) - x(n + N_{p.p.})| < \varepsilon. \quad (4)$$

Числа  $N_{p.p.}$  называются **почти периодами** дискретного почти периодического сигнала  $x(n)$ . Отметим, что периодический сигнал – является частным случаем почти периодического сигнала. Из сравнения формул (2) и (4) можно сделать важный вывод о том, что период  $N_p$  является глобальной характеристикой **дискретного периодического сигнала**, в то время как почти период  $N_{p.p.}$  характеризует **дискретный почти периодический сигнал** лишь локально. Другими словами основной период дискретного почти периодического сигнала равен бесконечности.

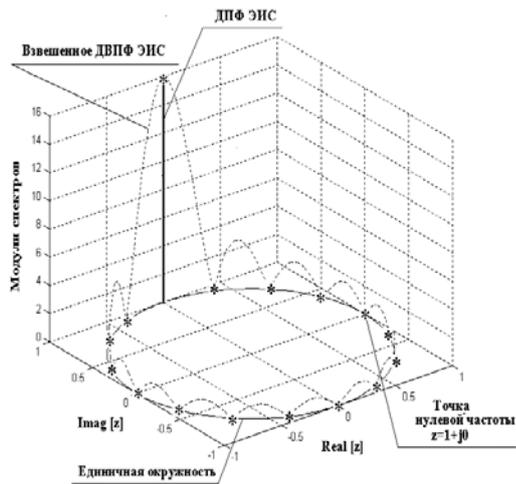


Рисунок 1 – Сигнал  $x(n) = \exp((j \cdot 2\pi / N) \cdot k \cdot n)$ ,  $n = \overline{0, N-1}$ ,  $N = 16$ ,  $k = 4$ ; взвешенное ДВПФ сигнала  $x(n)$  обозначено пунктирной линией, значения ДПФ сигнала обозначены звездочками – \*;  $z = 2\pi / N$ .

Рассмотрим специфику измерения частот гармонических компонент периодического и почти периодического сигналов методом измерительного дискретного преобразования Фурье – ДПФ

УДК 535.37

## СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИЗУАЛИЗАТОРОВ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ РАСТВОРОВ КРАСИТЕЛЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ ЩЕЛОЧНЫЕ ДОБАВКИ

Попечиц В.И.

Институт прикладных физических проблем им. А.Н.Севченко» БГУ  
Минск, Республика Беларусь

Исследовано влияние щелочных добавок на спектральные и цветоконтрастные характеристики трехкомпонентных растворов органических красителей, используемых в качестве визуализаторов ионизирующих излучений. Показано, что щелочные добавки позволяют уменьшить время облучения растворов для регистрации определенной радиационной дозы и улучшить цветоконтрастные характеристики последних.

Жидкие и твердые растворы органических красителей являются удобными модельными объектами для радиационных исследований с помощью спектрально-люминесцентных методов, так как обладают интенсивными полосами поглощения в видимой области спектра [1, 2].

При воздействии рентгеновского и гамма излучения на растворы красителей происходит их необратимое обесцвечивание, вызванное взаимодействием молекул красителей с кислородсодержащими радикалами и ион-радикалами, образующимися в результате радиолиза раство-

[1,2]. В случае периодического сигнала  $x(n)$  выбором конечного интервала  $N = N_p$ , на котором задан сигнал  $x(n)$ , можно ДПФ его гармонических компонент «разместить» в нулях взвешенного дискретно-временного преобразования Фурье (ДВПФ) рисунок 1.

При измерении частот гармонических компонент почти периодического сигнала этого сделать принципиально невозможно, что существенно осложняет измерение частот гармоник таких сигналов.

В заключение отметим, что сумма периодических сигналов может быть, как периодическим, так и почти периодическим сигналом.

1. Пономарева, О.В. Развитие теории спектрального анализа дискретных сигналов на конечных интервалах в базе параметрических экспоненциальных функций // Цифровая обработка сигналов. – 2010. – № 2. – С. 7-11.
2. Пономарева, О.В. Теория и применение параметрического дискретного преобразования Фурье / В.А. Пономарев, О.В. Пономарева // Цифровая обработка сигналов. – 2011. – № 1. – С. 2-6.

рителей [3, 4]. Многокомпонентные растворы красителей при воздействии рентгеновского или гамма излучения могут изменять цвет, что позволяет визуально определить величину радиационной дозы, используя предварительно построенную цветовую градуировочную шкалу [5-8].

В данной работе исследовано влияние щелочной добавки (на примере гидроксида калия – КОН) на спектральные и цветоконтрастные характеристики визуализаторов ионизирующих излучений на основе трехкомпонентных растворов органических красителей (в качестве растворителя использовалась дистиллированная вода, в которой растворялись два красителя, поглощающие свет в коротковолновой и длинноволновой области видимого спектра, соответственно).

Предварительно была исследована химическая стойкость двухкомпонентных водных растворов красителей, перспективных для использования в качестве компонентов визуализаторов ионизирующих излучений. На рисунке 1, напри-