

*Ерошенко Ольга Артуровна, Прасол Игорь Викторович  
Харьковский национальный университет радиоэлектроники,  
г. Харьков, Украина*

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИОГРАФИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ МЫШЦ ДЛЯ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОТЕРАПИИ**

*Аннотация. Для оценки функционального состояния нервно-мышечного аппарата человека предлагается использовать анализ электромиографических сигналов частотно-временным методом суммарной электромиограммы. Это позволяет рассчитать амплитудно-частотные параметры, которые дают возможность осуществить индивидуальный подбор стимулирующих воздействий электротерапевтического аппарата, что обеспечивает повышение эффективности процессов реабилитации.*

*Ключевые слова. Электромиограмма, мышца, нейростимуляция, преобразование Фурье, частотно-временной анализ, спектрограмма.*

*Yeroshenko Olha A., Prasol Igor V.  
Kharkiv National University of Radio Electronics,  
Kharkiv, Ukraine*

### **INFORMATION TECHNOLOGY OF DETERMINING PARAMETERS OF MUOGRAPHIC SIGNALS OF MUSCLES FOR ELECTROTHERAPY PROBLEMS**

*Abstract. To evaluate the functional state of the human neuromuscular system, it is proposed to use the analysis of electromyographic signals by the frequency-time method of the total electromyogram. This allows you to calculate the amplitude-frequency parameters that enable individual selection of stimulating effects of the electrotherapeutic apparatus, which provides an increase in the effectiveness of rehabilitation processes.*

*Keywords. Electromyogram, muscle, neurostimulation, transformation of Fourier, frequency-temporal analysis, spectorgraph.*

В последнее время набирают популярность терапевтическая электростимуляция мышц, в частности электромассажные процедуры. Они

являются альтернативой классического ручного массажа. Их применение необходимо при лечении хронических заболеваний органов кровообращения, опорно-двигательного аппарата, нервной системы, внутренних органов и др.

Восстановление поврежденных мышц будет происходить эффективней при правильно выбранным параметрам стимулирующих воздействий. Поэтому предлагается использовать информационный метод исследования нервно-мышечной системы на основе электромиографии.

Электромиография – метод электродиагностики, с помощью которого можно оценить функциональное состояние скелетной мускулатуры и биоэлектрическую активность поперечно-полосатых мышц. Т.е., изучая биопотенциалы мускулатуры и реакцию мышечной ткани на электростимуляцию, можно сделать вывод о состоянии мышц. Электромиография используется не только для диагностики заболеваний, но и позволяет оценить стадию болезни, степень вызванных ей поражений, эффективность проводимого лечения. Электромиография позволяет диагностировать поражения нервно-мышечной системы человека на основе регистрации биопотенциалов скелетных мышц. Поверхностные электроды накладывают на кожу в области исследуемой мышцы. Преимуществом поверхностной электромиограммы (ЭМГ) является атравматичность, отсутствие риска инфекции, простота обращения с электродами [1].

Электромиостимуляция – применение импульсных токов для воздействия на нервно-мышечный аппарат. Обычно миостимуляцией называют вариант с использованием стационарных электродов (фиксированных) и токов с интенсивностью, позволяющей получать видимые мышечные сокращения. Происходящие при электростимуляции сокращения и расслабления мышечных волокон препятствуют атрофии мышц, восстанавливают нервную регуляцию мышечных сокращений, увеличивают силу и объем мышц, в результате увеличиваются адаптация и порог утомления мышц [2].

Стимуляция мышечной ткани проводится при помощи направленного возбуждения и сокращения определенной группы мышц, причем

осуществляется это одновременно, чтобы усилить обменно-трофические процессы, которые направлены на обеспечение работы мышц энергетическим запасом [3].

В зависимости от амплитуды сигналов и порога возбуждения стимулируемой нервно-мышечной структуры различают следующие режимы электростимуляции: подпороговый, пороговый и надпороговый.

В рассматриваемом случае необходимо использовать пороговый режим, т.к. он представляет собой такое воздействие, при котором происходит едва регистрируемое сокращение стимулируемой мышцы. Эффект воздействия заключается не только в эфферентной электростимуляции, но и в непосредственном влиянии на нервно-мышечные структуры. Это применяется при электромаассаже - процедуре, при которой стимулирующие сигналы вызывают фасцикулярные подергивания мышечных волокон, но вся мышца не напрягается и движения в суставе не происходит.

Таким образом, при проведении электростимуляции нервно-мышечного аппарата важен рациональный выбор ее режимов и сочетания тонических и кинетических сокращений; это существенно влияет на процессы аэробного и анаэробного гликолиза, на увеличение массы, развитие силы, повышение возбудимости и работоспособности мышц. Электростимуляция увеличивает кровоток в мышцах, оказывает болеутоляющее и противовоспалительное действие, предупреждает возникновение атрофии от бездействия, замедляет ее развитие при денервации, понижает тонус при наличии спастичности, улучшает регенерацию нервов.

Так же стоит учитывать особенности процессов, протекающих в зоне стимуляционного воздействия, в том числе процессов, связанных с изменением междуэлектродного сопротивления.

Сопротивления кожи и подкожных тканей существенно различаются. Участки мышечной ткани, находящейся под биполярными электродами, условно можно считать гомогенными, однако различные органы и части тела нельзя характеризовать одинаковыми значениями удельного сопротивления,

так как между далеко расположенными электродами оказываются разнородные ткани и органы. Это важно учитывать при разработке методов электростимуляции, так как целесообразно биполярное наложение пары электродов одного канала электростимулятора на стимулируемую мышцу и нежелательно (даже недопустимо) их разнесение на разные группы мышц и тем более на одноименные мышцы противоположной стороны тела.

Сопротивление междуэлектродной цепи зависит от силы тока. Эта зависимость сходна с соответствующей зависимостью в электролите, чем меньше плотность тока, тем больше сопротивлении цепи.

Для качественной и количественной оценки функционального состояния нервно-мышечного аппарата человека на основе ЭМГ может быть использован методы частотно-временного анализа на основе спектрограмм [4, 5].

Суммарная электромиография является признанным методом исследования нервно-мышечной системы, основанным на регистрации и качественно-количественном анализе суммарной биоэлектрической активности совокупности двигательных единиц с помощью накожных электродов. Параметры регистрируемого ЭМГ сигнала служат объективным диагностическим показателем функционального состояния мышечных групп [6, 7].

Метод визуальной оценки ЭМГ и отнесение ее к одному из общепринятых типов по классификации Ю.С. Юсевич имеет определенное диагностическое значение, однако требует анализа степени насыщенности ЭМГ биоэлектрическими потенциалами, что обнаруживается только при количественной оценке сигнала [8].

Традиционные методы анализа суммарной электромиограммы базируются на расчете статистических параметров (средняя арифметическая амплитуда и частота потенциалов) и визуальной оценке по общему виду ЭМГ в соответствии с классификацией Ю.С. Юсевич [7].

Метод частотно-временного преобразования реализуется на базе быстрого оконного преобразования Фурье. Исходный сигнал на выбранном

отрезке умножается на оконную функцию и подвергается быстрому преобразованию Фурье:

$$Y(\tau_k, f) = \int_0^t [x(t) \cdot \omega^*(t - \tau_k)] \cdot e^{-j2\pi ft} dt,$$

где  $x(t)$  – исходный сигнал;

$\omega(t)$  – оконная функция;

$\tau_k$  – величина сдвига по времени;

$k$  – порядковый номер сдвига окна;

$f$  – частота;

$t$  – время;

$\omega^*(t)$  – комплексно сопряженная оконная функция [9].

Далее получается участок спектрограммы для текущего окна путем возведения в квадрат действительной части оконного преобразования Фурье:

$$X(t) = |Y(\tau_k, f)|^2.$$

Потом окно смещается на  $\tau_k$ , процедура повторяется. Подобным образом анализируются все подинтервалы сигнала, и строится результирующая спектрограмма. Данные преобразования осуществляются с использованием соответствующего программного обеспечения.

Для проведения количественного анализа ЭМГ-сигналов необходимо рассчитать следующие параметры частотно-временного представления суммарной ЭМГ: нижняя граничная частота, медианная частота, верхняя граничная частота, эффективная ширина спектра и ряд других. Данные параметры обработки позволяют в полной мере оценить частотное наполнение ЭМГ-сигнала. Область частот, в которой сосредоточено не менее 90% мощности сигнала, определяет эффективную ширину спектра, которая зависит

от нижней и верхней граничных частот. Медианная частота относится к робастной статистике, не имеет больших отклонений и позволяет лучше описывать центральную тенденцию исследуемого ряда значений [5].

Определение частотных параметров производится автоматически по результатам вычисления спектрограммы ЭМГ-сигнала.

Увеличение амплитуды, уменьшение медианной частоты и сужение эффективной ширины спектра ЭМГ-сигнала в норме отличает патологические состояния.

Качественный анализ структуры нестационарного по своей природе ЭМГ-сигнала и динамики его параметров в процессе мышечного сокращения выполняется на основе спектрограммы, реализующей графическую визуализацию амплитудной, частотной и временной составляющих биомедицинского сигнала в реальном режиме времени. Следовательно, конкретные параметры стимулирующих воздействий могут быть подобраны на основе данных ЭМГ-сигнала, что позволяет реализовать эффективное техническое устройство для проведения индивидуальных терапевтических процедур [10]. Каким образом это осуществить – предмет особого исследования.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:**

1. Санадзе А.Г. Клиническая электромиография для практических неврологов / А.Г. Санадзе, Л.Ф. Касаткина. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2015. – 64 с.

2. Электромиостимуляция [Электронный ресурс] / Медицинский портал о здоровье спины – Режим доступа: [www/URL: http://ilive.com.ua/beauty/elektromiostimulyaciya-mehanizm-deystviya-metodika-provedeniya-pokazaniya-i-protivopokazaniya\\_68948i\\_15\\_892.html/](http://ilive.com.ua/beauty/elektromiostimulyaciya-mehanizm-deystviya-metodika-provedeniya-pokazaniya-i-protivopokazaniya_68948i_15_892.html/) 22.01.2018г. - Загл. с экрана.

3. Показания, противопоказания и эффективность применения электростимуляции мышц [Электронный ресурс] / Медицинский портал – Режим доступа: [www/URL: http://spinazdorov.ru/treatments/elektrostimulyaciya-myshc.html](http://www.spinazdorov.ru/treatments/elektrostimulyaciya-myshc.html)/ 22.01.2018г. - Загл. с экрана.

4. Меженная М.М. Метод частотно-временного анализа суммарной электромиограммы в оценке функционального состояния нервно-мышечного аппарата человека / М.М. Меженная, А.Н. Осипов // Проблемы физики, математики и техники. – 2012. – № 1. – С. 105-112.

5. Меженная М.М. Частотно-временной анализ суммарной электромиограммы в качественной и количественной оценке функционального состояния нервно-мышечного аппарата человека / М.М. Меженная // Биомедицинская радиоэлектроника. - 2012. - № 2. - С. 3-11.

6. Николаев, С.Г. Практикум по клинической электромиографии / С.Г. Николаев. – Иваново, 2001. – 264 с.

7. Гехт, Б.М. Теоретическая и клиническая электромиография / Б.М. Гехт. – Л. : Наука, 1990. – 229 с.

8. Сидоренко, А.В. Нелинейный анализ электромиограмм / А.В. Сидоренко, В.И. Ходулев, А.П. Селицкий // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2006. – №11. – С. 53–59.

9. Выбор параметров частотно-временной обработки электромиограмм нервно-мышечного аппарата / М.М. Меженная [и др.] // РТ-2010 : материалы 6-ой Межд. молодежной науч.-тех. конф. – Севастополь: СевНТУ. – 2010. – С. 464.

10. Прасол И.В., Ерошенко О.А. Индивидуальный электромассажный терапевтический аппарат // 6-й Международный радиоэлектронный форум «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития», МРФ-2017. Конференция «Проблемы биомединженерии. Наука и технологии». Сборник научных трудов. – Харьков: АНПРЭ, ХНУРЭ, Издательство «Точка», 2017. – С. 43-44.