

THE EFFECT OF LOW-TEMPERATURE GAS DISCHARGE PLASMA ON FUNGI OF THE GENUS ASPERGILLUS COLONIZING PAPER

A.A. ARASHKOVA, I.A. GONTCHAROVA, V.A. LYUSHKEVICH, I.I. FILATOVA,
N.I. CHUBRIK S.I. MADVEIKA, S.V. BORDUSAU

Abstract

It was found that the exposure to low-temperature gas discharge plasma at atmospheric pressure is an effective way of paper cleaning from fungal spores. This effect is explained by the specific mechanisms of micro-discharges excitation and maintaining that ensure efficient (up to 90 %) reduction in the number of viable mould spores without local heating biopolymeric materials.

Keywords: molds, low-temperature plasma, high-frequency, super high-frequency and barrier discharges, optical emission spectroscopy.

Список литературы

1. Белевич И.О., Александрова Г.А. // Вестник Пермского университета. 2007. Вып. 5, № 10. С. 151–154.
2. Кузикова И.Л., Медведева Н.Г., Сухаревич В.И. // Труды лаборатории консервации и реставрации документов СПФ АРАН. 2011. № 2. С. 237–245.
3. Марфенина О.Е., Фомичева Г.М. // Микология сегодня. 2007. Т.1. С. 235–266.
4. Morfill G.E. Nosocomial infections – a new approach towards preventive medicine using plasmas // New J. Phys. 2009. Vol. 11. № 11. P. 1–10.
5. Ioanid E.G. // Eur. Phys. J. Appl. Phys. 2012. № 58. P. 10803–10803.
6. Бондаренко П.Н., Емельянов О.А., Шемет М.В. // Журнал технической физики. 2014. Т. 84. № 6. С. 51–59.
7. Štítor M. Atmospheric-pressure diffuse coplanar surface discharge for surface treatments // Appl. Phys. Lett. 2002. Vol. 81. P. 2716.
8. Gontcharova I. // Proc of the 27th Symp. «Plasma Physics and Technology». 2016. Prague, Czech Republic, 2016. P. 81.
9. Spesair: software for calculating and fitting plasma spectra // SpectralFit S.A.S. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.spesair-radiation.net>. – Дата доступа: 4.10.2016.
10. Сазанова К.В. // Вестн. СПбГУ. Сер. 3. 2010. Вып. 3. С. 93–98.
11. Гордеева Т.Х., Гаврицкова Н.Н. // Вестник ПГТУ. 2012. № 2. С. 86–91.
12. Schilling J.S., Jellison J. // International Biodeterioration & Biodegradation. 2007. Vol. 60. P. 8–15.

612.178.4

АНАЛИЗ РИТМОВ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММ С ПОМОЩЬЮ НЕЛИНЕЙНОГО ОПЕРАТОРА TEAGER-KAISER

А.О. КОЗМИДИАДИ, А.П. КЛЮЕВ

УП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении»
пер. Товарищеский 2а, Минск, 220037, Республика Беларусь

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 22 ноября 2016

Приведены результаты разработки и применения метода для решения прикладных задач анализа ритмической активности электроэнцефалограмм на основе с использованием нелинейного оператора.

Ключевые слова: электроэнцефалограмма, нелинейный оператор.

Введение

В настоящее время электроэнцефалограмма (ЭЭГ) является единственно широкодоступным методом исследования биоэлектрической активности головного мозга в клинической практике. Удаленность места регистрации (электрода) от непосредственного источника биоэлектрической активности (коры головного мозга) оказывает существенное влияние на параметры регистрируемого сигнала. Отмечается активное внедрение компьютеризованных ЭЭГ систем в лечебные заведения, однако врачи практически не используют возможности компьютерной обработки ЭЭГ сигнала. При этом признается, что, несмотря на большой экспериментальный материал, успехи практической электроэнцефалографии все-таки довольно скромны. Получаемые экспериментальные результаты часто фрагментарны, трудно сопоставимы с данными других лабораторий и нередко противоречивы. Если бы получаемые методом компьютерной обработки ЭЭГ данные отражали четкие, практически значимые физиологические показатели нейрональной активности, такие как например: лабильность, стабильность, подвижность, – применение электроэнцефалографии было бы более понятным и оправданным для врачей разных специальностей.

Теоретический анализ

Наиболее популярными на сегодняшний день методами математической обработки ЭЭГ сигнала компьютеризованных систем являются спектральный и периодометрический анализ. Однако эти методы дают среднестатистическое представление об электрических процессах, протекающих в коре головного мозга, и отражают различные характеристики колебательных биоэлектрических процессов. Так спектральный анализ, измеряемый в мощности ЭЭГ волн, в большей степени отражают амплитуду волны, периодометрический – процент представленности той или иной волны в суммарной биоэлектрической активности. Наиболее же информативными видятся методы оценки подвижности, изменчивости, вариативности нейрональной активности ответственной за формирование кривых ЭЭГ. Именно такой подход должен показать не только состоятельность ЭЭГ для выявления более тонких нарушений функционального состояния головного мозга, но позволить расширить использование этого метода в медицинской практике. Уже разработаны и апробируются такие приемы как сегментарный анализ, анализ синхронности резких изменений ЭЭГ активности и другие методы [1]. Согласно современным представлениям, электроэнцефалографический сигнал представляет собой сложную интерференционную картину электрической активности различных структур мозга на поверхности скальпа. При анализе принято рассматривать сигнал электроэнцефалограммы как совокупность ритмических составляющих различающихся амплитудно-частотными характеристиками. Каждый из ритмов представляет собой периодические сигналы различной амплитуды, формы и со своим частотным диапазоном [2, 3].

Изменяющиеся во времени характеристики ритмической электрической активности мозга могут быть разложены в спектр Фурье, который показывает амплитуду гармоники определенной частоты, присутствующую в сигнале, и может использоваться для оценки амплитудного доминирования гармонических составляющих сигнала. Однако амплитудный спектр не показывает доминирование составляющих сигнал гармоник во времени. Для подобного анализа необходимо использование статистических методов оценки вероятности появления сигнала определенной частоты в анализируемой эпохе. Для реализации вероятностного анализа появления гармоники определенной частоты, необходимо вычисление мгновенных значений частот сигнала. Эти значения могут быть получены использованием преобразованием Гильберта, при использовании оконного преобразования Фурье, используемого при вычислении и построении спектрограмм, вейвлет преобразования [4–6]. Однако использование указанных методов требует больших объемов производимых вычислений, что несколько усложняет их использование при анализе динамики изменений многоканальных данных, к которым относятся сигналы электроэнцефалограмм. Таким образом, обуславливается необходимость (актуальность) разработки метода анализа, позволяющего вычислять мгновенные значения частот сигнала, вероятностные оценки появления различных гармоник, для последующей обработки полученных данных.

Авторами рассмотрен вопрос о возможности использования нелинейного оператора энергии сигнала (ТЕО), предложенного Teager, Kaiser [7, 8], при вычислении мгновенных значений частоты и амплитуды огибающей сигнала электроэнцефалограмм.

Методика эксперимента

Проведен анализ альфа ритма 20 электроэнцефалограмм здоровых в однородной группе: пол – женский; возраст – 17–18 лет. Запись ЭЭГ производилась с помощью прибора фирмы «Мицар» с программным обеспечением «ЭЭГ 2000» (Россия) в монополярном монтажном отведении по системе 10–20 % с использованием 19 электродов. Обработке с использованием математических методов подвергался альфа-ритм с использованием спектрального (СА), периодометрического (ПА), ТЕО методов и метода математической фильтрации (МФ). По своей структуре ритмы электрической активности головного мозга, выделяемые для анализа из зарегистрированных сигналов отведений при электроэнцефалографическом исследовании, могут рассматриваться как частотно- и амплитудномодулированные сигналы и представлены в следующем аналитическом виде:

$$x(t) = a(t) \cdot \cos(\omega_c t + \omega_m \int_0^t q(\tau) d\tau + \theta), \quad (1)$$

где ω_c – центральная частота, ω_m – максимальное частотное отклонение, $q(\tau)$ – нормализованный модулирующий сигнал ($|q(\tau)| \leq 1$), $a(t)$ – амплитудная огибающая сигнала θ – начальная фаза сигнала в момент $t = 0$.

Для вычисления мгновенных значений частоты и амплитуды сигнала (1) используемый нелинейный энергетический оператор (ТЕО) для непрерывного сигнала $x(t)$ имеет вид:

$$\psi[x(t)] = [\dot{x}(t)]^2 - x(t)\ddot{x}(t), \quad (2)$$

где $\dot{x}(t)$ и $\ddot{x}(t)$ – первая и вторая производная $x(t)$ соответственно.

При проведении электроэнцефалографического исследования, сигналы от отведений регистрируются в дискретном виде путем аналого-цифрового преобразования. Нелинейный оператор (2) для дискретных сигналов записывается в следующем виде:

$$\psi(x[n]) = x^2[n] - x[n+1] \cdot x[n-1] \quad (3)$$

Нелинейный оператор ТЕО используется для разложения АМ-ЧМ сигнала на их амплитудно-модулированные и частотно-модулированные компоненты в пределах определенной полосы частот, и вычисления мгновенных значений частоты и амплитудной огибающей сигнала, определенных в следующем виде:

$$IF(t) \approx \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\psi[\dot{x}(t)]}{\psi[x(t)]}}, \quad (4)$$

$$|IA(t)| \approx \frac{\psi[x(t)]}{\sqrt{\psi[\dot{x}(t)]}}, \quad (5)$$

где $IF(t)$ и $IA(t)$ – мгновенные частота и амплитуда соответственно.

Для дискретного сигнала формулы (4), (5) примут вид:

$$\Omega_c = \arccos\left(1 - \frac{\Psi[x(n) - x(n-1)]}{2\Psi[x(n)]}\right), \quad (6)$$

$$|A| = \sqrt{\frac{\Psi[x(n)]}{1 - \cos^2(\Omega_c)}}, \quad (7)$$

где Ω_c , $|A|$ – соответственно мгновенная частота и амплитуда дискретного сигнала.

Вычисленные по вышеуказанным формулам значения могут рассматриваться как мгновенные, поскольку определяются по трем соседним отсчетам дискретного сигнала в каждый момент времени. Разработанная программа позволяет вычислять мгновенные значения частот и их плотности вероятности для сигналов в выбираемом частотном диапазоне. Выбор частотного

диапазона осуществляется путем задания граничных значений частот участка спектра сигнала, который подлежит анализу. При задании параметров вычисления, имеется возможность выбора амплитудного порога чувствительности алгоритма, позволяющего снизить влияние шумовой составляющей зарегистрированного и отфильтрованного в заданном диапазоне сигнала.

Результаты и их обсуждение

Результатом работы алгоритма является выборка мгновенных частот гармонических составляющих в заданной полосе и мгновенные значения амплитудной огибающей сигнала. Данные выборки подвергается статистическому анализу. При этом определяются плотности вероятностей появления в эпохе анализа энцефалографического сигнала гармонической составляющей с определенной частотой. Полученные значения плотностей вероятностей используются для построения их распределения (гистограмма), вычисления других характеристик распределения, например, амплитуды моды, средне квадратичного отклонения. Для диапазона альфа-ритма: пиковая частота (СА), частота, имеющая наибольший процент представленности (ПА), средняя (МФ), чаще встречающаяся (ТЕО). Средние значения альфа ритма, полученные различными методами математического анализа, представлены в таблице.

Средние значения альфа ритма полученные различными методами

отведение	СА	ПА	МФ	ТЕО
Fp1	9,36	9,69	10,11	10,14
Fp2	9,53	9,54	10,09	10,14
F7	9,73	9,54	10,12	10,16
F8	9,59	9,77	10,12	10,15
F3	9,74	9,53	10,13	10,17
F4	9,63	9,73	10,07	10,14
Fz	9,38	9,96	10,08	10,14
T3	9,93	9,93	10,34	10,32
T4	10,08	9,54	10,28	10,27
C3	10,46	10,07	10,34	10,33
C4	10,37	9,71	10,30	10,31
Cz	10,18	9,58	10,19	10,23
T5	10,33	10,03	10,37	10,34
T6	10,22	10,09	10,35	10,30
P3	10,39	10,15	10,43	10,40
P4	10,41	9,82	10,38	10,37
Pz	10,39	10,20	10,41	10,39
O1	10,44	10,27	10,46	10,38
O2	10,36	10,42	10,43	10,35

Данный метод анализа имеет высокую разрешающую способность по вычисляемым параметрам, что позволяет регистрировать малые отклонения в характеристиках сигнала. Однако это определяет ограничения на подлежащие обработке сигналы, а именно: высокую чувствительность к наличию в сигнале импульсных компонент, шума и, как следствие, высокие требования к качеству аналогово-цифрового преобразования сигнала, определяемые параметрами аппаратной части комплекса для проведения электроэнцефалографических исследований (частота дискретизации, линейность характеристики и разрядность аналого-цифрового преобразования). Ограничения по составу и характеру компонент сигнала определяются сложностью представления и интерпретации получаемых при анализе результатов, что ограничивает применимость алгоритма к широкополосным сигналам. Таким образом, для наиболее эффективного использования описываемого метода, исследуемый сигнал предварительно необходимо отфильтровать в определенном частотном диапазоне, например, альфа, бета и т.д.

Заключение

Разработан простой и эффективный алгоритм вычисления по сигналам ЭЭГ мгновенных значений параметров, который позволяет статистически определять временное доминирование ритмической активности на определенной частоте. Вычисление мгновенных значений

позволяет исследовать процессы в динамике, а также появляется возможность реализовывать системы с биологической обратной связью с целью коррекции состояний, связанных с нарушениями деятельности головного мозга.

ANALYSIS OF ELECTROENCEPHALOGRAMS RHYTHMS BY MEANS OF NONLINEAR OPERATOR TEAGER-KAISER

A.O. KOZMIDIADI, A.P. KLUEV

Abstract

The results of the development and application of methods for solution of applied tasks of analysis of the rhythmic activity of the electroencephalogram based on the nonlinear operator.

Keywords: electroencephalogram, nonlinear operator.

Список литературы

1. Меклер А.А. // Матер. Всероссийская научн.-практ. конф. «Количественная ЭЭГ и нейротерапия»: Санкт-Петербург, 2007. С. 61
2. Сахаров В.Л., Андреев А.С. Методы математической обработки электроэнцефалограмм. Таганрог, 2000.
3. Зайченко К.В., Жаринов О.О., Кулин А.Н. и др. Съём и обработка биоэлектрических сигналов. Учебное пособие. СПб, 2001.
4. Воробьев В.И., Грибунин В.Г. Теория и практика вейвлет-преобразования. СПб, 1999.
5. Дьяконов В.П. // Контрольно-измерительные приборы и системы. 2009. № 2. С. 25–30.
6. Иваницкий Г.А. Распознавание типа решаемой задачи по нескольким секундам ЭЭГ с помощью обучаемого классификатора. Москва, 2007.
7. Kaiser J.F. // Proc. IEEE ICASSP'90 Albuquerque. New Mexico, April 1990. P. 381–384.
8. Kaiser J.F. // Proc. 4th IEEE Digital Signal Proc. New York, September 1990.

УДК 616.12-008.318-036.8

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ОПЕРАТОРОВ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ОСНОВЕ СЕРДЕЧНОГО РИТМА

А.Г. ДАВЫДОВСКИЙ, А.И. АНДРЕЕВ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь*

*Министерство обороны Республики Беларусь
Куйбышева, 57, Минск, 200000, Беларусь*

Поступила в редакцию 22 ноября 2016

Представлены параметры сердечного ритма для анализа работоспособности операторов беспилотных авиационных комплексов. Предложены три математические модели динамики работоспособности и функциональной активности операторов на основе параметров сердечного ритма.

Ключевые слова: математическое моделирование, оператор, беспилотные авиационные комплексы, работоспособность, функциональная надежность.