



КрымУКО 2012 CriMiCo

**22-я Международная Крымская конференция
СВЧ-техника
и телекоммуникационные технологии
Материалы конференции
10—14 сентября 2012 г.
Севастополь, Крым, Украина**

2012 22nd International Crimean Conference
Microwave &
Telecommunication Technology
Conference Proceedings
September 10—14, 2012
Sevastopol, Crimea, Ukraine

**В двух томах
In Two Volumes**



Moscow • Kiev • Minsk • Sevastopol
2012

УДК 621.3.029.62+621.39
ББК 32я431
С255

Организаторы и спонсоры:

Севастопольский национальный технический университет
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (Минск)
НИИ телекоммуникаций НТУУ «КПИ» (Киев)
Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ» (Киев)
Академия инженерных наук Украины, Отделение радиоэлектроники и средств связи
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
Радиоастрономический институт НАН Украины (Харьков)
Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)
ОАО «Сатурн» (Киев)
НП ОАО «Фаза» (Ростов-на-Дону)
ФГУП НПП «Исток» (Фрязино)
ЗАО «Микроволновые системы» (Москва)
Компания «Нанoeлектроника ТД» (Москва)
Национальный университет «Львівська політехніка»
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
НПО «Интеграл» (Минск)
НПФ «Микран» (Томск)
ООО «Радиокомпл» (Москва)
Таврический национальный университет им. проф. В. И. Вернадского (Симферополь)
НИИ «Крымская астрофизическая обсерватория» (Кацивели)
Крымский научно-технологический центр им. проф. А. С. Попова (Севастополь)

Техническая и информационная поддержка:

IEEE Electron Devices Society
Central Ukraine IEEE joint ED/MTT/CPMT/ComSoc Chapter
IEEE AP Chapter, Russia Section

Organized and Sponsored by:

Sevastopol National Technical University (Ukraine)
Belarus State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk)
NTUU KPI, SRI of Telecommunications (Kiev, Ukraine)
NTUU KPI, Institute of Telecommunication Systems (Kiev, Ukraine)
Academy of Engineering Sciences of Ukraine, Radioelectronics & Communication Systems Section
Kharkov National University of Radio Electronics (Ukraine)
Institute of Radio Astronomy of NAS of Ukraine (Kharkov, Ukraine)
Moscow Aviation Institute — National Research University (Russia)
OJS SPE «Saturn» (Kiev, Ukraine)
Faza Co. (Rostov-on-Don, Russia)
SSPE «Istok» (Fryazino, Russia)
Microwave Systems Co. (Moscow, Russia)
Nanoelektronika TD Co. (Moscow, Russia)
Lviv Polytechnic National University (Ukraine)
Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics (Russia)
Integral, JSC (Minsk, Belarus)
Micran, research & production company (Tomsk, Russia)
Radiocomp, LLC (Moscow, Russia)
Tavrida National University after prof. V. I. Vernadsky (Simferopol, Ukraine)
SRI «Crimean Astrophysical Observatory» (Katsiveli, Ukraine)
Popov Crimean Scientific and Technological Center (Sevastopol, Ukraine)

Technical Co-Sponsorship:

IEEE Electron Devices Society
Central Ukraine IEEE joint ED/MTT/CPMT/ComSoc Chapter
IEEE AP Chapter, Russia Section

22-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2012). Севастополь, 10—14 сентября 2012 г. : материалы конф. в 2 т. — Севастополь : Вебер, 2012.

ISBN 978-966-335-374-6

В сборник материалов включены 473 прошедших рецензирование докладов, которые будут представлены на секциях: Усилители мощности СВЧ; Монолитные интегральные схемы СВЧ; Генераторы СВЧ; Автоматизация проектирования СВЧ-устройств; Моделирование полупроводниковых приборов СВЧ; Общие вопросы электроники СВЧ; Приборы СВЧ О-типа; Гиро-приборы и приборы СВЧ М-типа; Общие вопросы телекоммуникационных сетей; Системы спутниковой, радиорелейной и оптической связи; Методы обработки сигналов в телекоммуникационных сетях; Кодирование и телевизионные системы; Программные среды и технологии предоставления услуг в телекоммуникационных сетях; Сети передачи информации; Интеллектуальные системы; Полосковые антенны и антенные решетки; Антенные решетки; Антенные элементы; Общие вопросы. Управляемые пассивные компоненты; СВЧ-фильтры; СВЧ-резонаторы; Материалы и технология СВЧ-приборов; Микроволновая микроскопия; Физические свойства пассивных элементов, материалов и структур; Нанотехнологии; Наноматериалы; Нанoeлектроника; СВЧ-электроника сверхбольших мощностей и эффекты; Электромагнитная и радиационная стойкость материалов и электронной компонентной базы; Измерение параметров сигналов и цепей; Измерение параметров материалов, сред и технологических процессов; Теория и практика автодинных измерителей (Воторопинские чтения); Техника измерений свойств сложных систем на СВЧ; Медико-биологические исследования и технологии; Микроволновая техника в биологии и медицине; Теория и практика радиоастрономии и дистанционного зондирования; Системы и средства метеорологической радиолокации; Прикладная радиолокация; История развития радиотехнологий и телекоммуникаций (4-е Федотовские чтения). Авторами докладов являются 1088 ученых и специалистов из 184 университетов и предприятий 18 стран: Беларуси, Великобритании, Вьетнама, Германии, Израиля, Испании, Казахстана, Молдовы, Нидерланд, Норвегии, Польши, России, США, Турции, Украины, Финляндии, Чехии и Японии.

Материалы конференции изданы также на двух компакт-дисках (с оболочкой на русском и английском языках).

Сборник предназначен для широкого круга специалистов в области СВЧ-техники и телекоммуникационных технологий. Сборник также будет полезен студентам и аспирантам телекоммуникационных, радиотехнических и радиофизических факультетов вузов.

УДК 621.3.029.62+621.39
ББК 32я431

2012 22nd International Crimean Conference «Microwave & Telecommunication Technology» (CriMiCo'2012). Conference Proceedings. September 10—14, 2012. — Sevastopol: Weber Publishing, 2012.

IEEE Catalog Number CFP12788-PRT
ISBN 978-966-335-375-3 (CD, обол. — англ.)
ISBN 978-966-335-370-8 (комплект, 2 тома)
ISBN 978-966-335-372-2 (том 2)
ISBN 978-966-335-371-5 (том 1)
ISBN 978-966-335-374-6

© Оргкомитет КрыМиКо'2012
CriMiCo'2012 Organizing Committee
© КНТЦ им. Попова, 2012
CrSTC, 2012

ОЦЕНКА ФАЗОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ В СИММЕТРИЧНЫХ ОТВЕДЕНИЯХ

Попов А. А.¹, Канаikin А. М.², Чугуй А. М.¹

¹Кафедра физической и биомедицинской электроники,
Национальный технический университет Украины «Киевский Политехнический Институт»
ул. Политехническая, 16, оф. 423, 03056, Киев, Украина
тел.: +38-050-231-6448, e-mail: anton.popov@ieee.org

²Отделение функциональной диагностики,
Институт нейрохирургии им. акад. А.П. Ромоданова АМН Украины,
ул. П. Майбороды, 32, 04050, Киев, Украина

Аннотация — Рассмотрена задача определения симметричности электрической активности мозга человека. В качестве численной характеристики колебаний в симметричных отведениях электроэнцефалограммы предложено использовать отношение разности средних значений фазовой синхронизации для реальных и суррогатных электроэнцефалограмм к их среднеквадратичному отклонению. Получены численные значения меры синхронности для сигналов электроэнцефалограммы здорового человека и содержащих эпилептиформную активность, а также показаны различия, которые выявляет предложенная характеристика для активности мозга двух типов.

I. Введение

Одно из бурно развивающихся направлений анализа сигналов электроэнцефалограммы (ЭЭГ) – нелинейный анализ ЭЭГ, который позволяет судить о свойствах сигнала, не отражающихся в его спектре по Фурье и в корреляционных характеристиках, и который может быть полезным в изучении связности различных процессов и систем организма человека [1-3].

Симметричность и схожесть электрической активности обеих полушарий является одной из характеристик работы мозга. В работах, посвященных нелинейному анализу ЭЭГ, было обнаружено существенное различие в фазовой синхронизации колебаний в различных частотных диапазонах для здорового мозга и при эпилепсии [4-5]. Однако вопрос об определении синхронности и симметричности сигналов, регистрируемых от двух полушарий мозга, не ставился.

Целью данной работы является исследование фазовой синхронизации активности мозга в отведениях ЭЭГ, симметрично расположенных на поверхности головы. В работе также предложена новая численная характеристика для определения синхронности изменений в симметричных и несимметричных отведениях от разных полушарий мозга.

II. Фазовая синхронизация электроэнцефалограмм

Фазовая синхронизация определяется в общем случае как постоянство значения разности мгновенных фаз двух сигналов $s_1(t)$ и $s_2(t)$ на протяжении некоего интервала [5, 6]:

$$\theta(t) = k\varphi_1(t) - m\varphi_2(t) = \text{const},$$

где k, m – целые числа, показывающие соотношение синхронности фаз, и которые для простоты часто принимаются равными 1. Авторами [4] предложен устойчивый показатель фазовой синхронизации – «величина фазовой синхронизации» (ВФС) (phase-locking value, PLV):

$$PLV(t) = \frac{1}{N} \left| \sum_{n=1}^N e^{j\theta_n(t)} \right|,$$

где n – номер пары сигналов, которые используются для усреднения.

Определение показателя ВФС необходимо производить на некоторых заранее выбранных частотах, выбор которых должен производиться на основе предварительного спектрально-временного анализа ЭЭГ [5]. В данной работе для получения информации о величине мгновенных фаз частотных составляющих применен метод на основе преобразования Гильберта [6, 7], в котором для каждого сигнала вычисляется аналитический сигнал $s_a(t) = s(t) + js(t)$, где $\tilde{s}(t)$ – преобразование Гильберта сигнала $s(t)$:

$$\tilde{s}(t) = \frac{1}{\pi} V.P. \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{s(\tau)}{t - \tau} d\tau.$$

Для двух сигналов, имеющих одинаковую длительность $(N-1)T_s$, ВФС рассчитывается как

$$PLV = \frac{1}{N} \left| \sum_{n=0}^{N-1} e^{j(\varphi_1(nT_s) - \varphi_2(nT_s))} \right|, \quad (1)$$

где T_s – шаг дискретизации, с;

$\varphi_a(t) = \arctan \frac{\tilde{s}(t)}{s(t)}$ – мгновенная фаза аналитического сигнала $s_a(t)$.

В качестве меры синхронности сигналов отведений ЭЭГ на основе фазовой синхронизации в данной работе предлагается использовать величину

$$Q = \frac{PLV_{\text{real}} - PLV_{\text{surrogate}}}{\sigma_{\text{surrogate}}}, \quad (2)$$

где PLV_{real} и $PLV_{\text{surrogate}}$ – средние значения ВФС для реальных и суррогатных сигналов ЭЭГ [2, 4], соответственно; $\sigma_{\text{surrogate}}$ – среднеквадратическое отклонение для ВФС суррогатных сигналов.

III. Результаты экспериментов

В ходе экспериментов были использованы по 19 сигналов нормальной ЭЭГ и ЭЭГ с эпилептиформной активностью, зарегистрированных по стандартной системе регистрации «10-20». Для сформированных пар сигналов значения ВФС и меры симметричности на основе фазовой синхронизации рассчитывалось по описанному выше алгоритмам. Для каждой пары сигналов была получена зависимость мгновенной фазы от времени для участка длиной 10 секунд и

определено значение ВФС по (1), а затем рассчитана мера синхронности ЭЭГ по (2). Ее величина для ЭЭГ здорового человека составила 0,5054 и 0,1061 в симметричных и несимметричных отведениях соответственно, а для ЭЭГ с эпилептиформной активностью – 0,3304 и 0,0321.

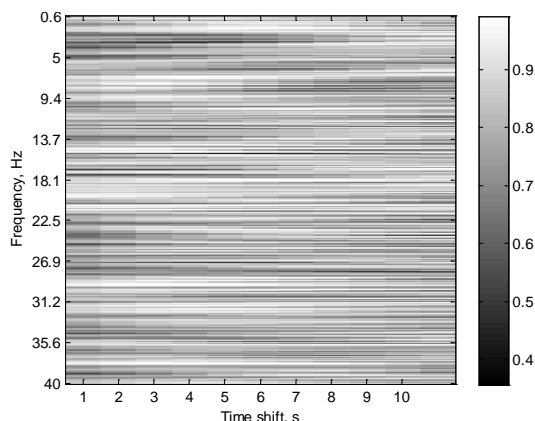


Рис. 1. Зависимость величины фазовой синхронизации от времени для разных частот (ЭЭГ здорового человека).

Fig. 1. Frequency dependence of phase locking values for different time shifts (EEG of a healthy person)

Пример графической зависимости ВФС для составляющих разных частот от времени приведен на рисунке 1 для случая ЭЭГ здорового человека.

IV. Выводы

Фазовая синхронизация является инструментом, позволяющим оценивать синхронность и симметричность активности мозга человека в разных полушариях. На основе предложенной в работе новой меры синхронности было показано различие в синхронности электрической активности мозга для ЭЭГ здорового человека и при наличии эпилептиформной активности для симметричных и несимметричных отведений, что может в перспективе быть важным клиническим показателем.

V. Список литературы

- [1] Зенков Л. Р. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии). Таганрог : МЕДпресс-информ, 2004. 368 с.
- [2] Sakkalis V. et al. Assessment of linear and nonlinear synchronization measures for analyzing EEG in a mild epileptic paradigm // IEEE Transactions on information technology in biomedicine. 2009. Vol. 13, No 4. P. 433 – 441.
- [3] Popov A. Interdependency estimation between brain and cardiovascular activity / A. Popov, S. Zauneder, H. Malberg // XXXII International Scientific Conference "ELNANO 2012" : Proceedings. - Kyiv (April 10-12, 2012 Ukraine). - P. 150-151.
- [4] Lachaux J. et al. Measuring phase synchrony in brain signals // Human Brain Mapping. 1999. Vol. 8, P. 194–208.
- [5] Le Van Quyen M. et al. Comparison of Hilbert transform and wavelet methods for the analysis of neuronal synchrony // Journal of Neuroscience Methods. 2001. Vol. 111. P. 83-98.
- [6] Mormann F. et al. Mean phase coherence as a measure for phase synchronization and its application to the EEG of epilepsy patients // Physica D. 2000. Vol. 144. P. 358-369.
- [7] Tass P. et al. Detection of $n:m$ Phase Locking from Noisy Data: Application to Magnetoencephalography // Physical Review Letters. 1998. Vol. 81. No 15. P. 3291-3294.

ESTIMATION OF PHASE SYNCHRONIZATION IN SYMMETRIC EEG CHANNELS

Popov¹ A., Kanaikin² O., Chugui¹ O.

¹Department of Physical and Biomedical Electronics, National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"

office 423, 16, Politekhnichna Str. 03056, Kyiv, Ukraine Ph.: +38-050-231-6448, e-mail: anton.popov@ieee.org

²Department of Functional Diagnostics, Institute of Neurosurgery of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Abstract — The problem of determining the symmetry of the brain electrical activity is considered. The new quantitative measure of symmetry in brain electrical activity for two hemispheres is proposed on the basis of mean values of phase synchronization for real and surrogate EEG. Experimental results of measuring symmetry of electroencephalographic signals from healthy and epileptic persons are presented, showing substantial differences in synchronicity revealed for two cases.

I. Introduction

The symmetry and similarity of the electrical activity of hemispheres are among important characteristics of brain functioning [1-3]. In papers concerning non-linear analysis of EEG significant difference in the phase synchronization of oscillations in different frequency ranges for healthy brain and during epilepsy was found [4-5]. The purpose of this paper is to study the phase synchronization of brain activity in EEG leads which are symmetrically arranged on the head surface. This paper also proposes the new numerical characteristic for determining changes in the synchronicity of symmetrical and asymmetrical derivations for different hemispheres of the brain.

II. Symmetry Estimation by Phase Synchronization

Phase synchronization is defined as the stability of phase difference between two signals over some time interval. We used Phase Locking Value (PLV) as a measure of phase synchronization [5-7] between two EEG signals from different leads:

$$PLV = \frac{1}{N} \left| \sum_{n=0}^{N-1} e^{j(\varphi_1(nT_s) - \varphi_2(nT_s))} \right|, \quad (1)$$

where $\varphi(nT_s)$ is an instant phase of an analytic signal, obtained by Hilbert transform, calculated for EEG signal sampled with time step T_s s.

To estimate synchronicity and symmetry in EEG signals using phase synchronization, the following equation is proposed in this paper:

$$Q = \frac{\overline{PLV}_{real} - \overline{PLV}_{surrogate}}{\sigma_{surrogate}}, \quad (2)$$

where \overline{PLV}_{real} и $\overline{PLV}_{surrogate}$ are the average values of PLV for real and surrogate [2, 4] EEG signals respectively, and $\sigma_{surrogate}$ is PLV standard deviation for surrogate signals.

The value of proposed equation for a healthy human EEG was 0.5054 and 0.1061 in the symmetric and asymmetric leads, respectively, and for the EEG containing epileptiform activity - 0.3304 (symmetric leads) and 0.0321 (asymmetric leads). Thus this measure allows distinguishing between brain states.

III. Conclusion

Phase synchronization is proven to be a useful tool for evaluating the synchronicity of the human brain activity in different hemispheres. New measure of synchrony in EEG using real signals and surrogated data with broken nonlinearities is proposed. Its application to evaluation of a degree of symmetry between two hemispheres in EEG of healthy people and in the presence of epileptiform activity showed significant difference and thus it could potentially be an important clinical diagnostic tool.