

В. Г. ДОЗОРСЬКИЙ, Є. Б. ЯВОРСЬКА, О. Ф. ДОЗОРСЬКА,
І. Ю. ДЕДІВ, Л. Є. ДЕДІВ, І. М. ПАНЬКІВ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

СТРУКТУРА СИСТЕМИ ВІДБОРУ БІОСИГНАЛІВ ДЛЯ ЗАДАЧІ ВІДНОВЛЕННЯ КОМУНІКАТИВНОЇ ФУНКЦІЇ ЛЮДИНИ

Проведено обґрунтування структури та способів апаратної реалізації системи відбору електроенцефалографічних та електроміографічних сигналів для задачі відновлення комунікативної функції мови людини із застосуванням медичного електроенцефалографа та блока підсилення біопотенціалів.

Ключові слова: біосигнал, система відбору, комунікативна функція.

V. G. DOZORSKYI, E. B. YAVORSKA, O. F. DOZORSKA, I. YU. DEDIV, L. YE. DEDIV, I. M. PANKIV
Ternopil Ivan Puluj National Technical University

THE STRUCTURE OF BIOSIGNALS SELECTION SYSTEM FOR THE TASK OF HUMAN COMMUNICATIVE FUNCTION RESTORING

In the world, there is an increase in number of people with limited or lost communicative function. Therefore, it is important to develop effective technical means of compensation or restoration of this function using indirect methods, based on the selection and processing the biosignals, that arise during the implementation of the communicative function. In this case, the quality, informative nature of such biosignals depends on the qualitative and quantitative parameters of the selection system. The work is devoted to the justification of the structure of the selection system and the parameters of its elements in order to ensure homogeneity of the statistical material, which is the selected biosignals, produced during the communicative function implementation. In order to restore the communicative function, it is proposed to use a method, based on the synchronous selection and processing of two groups of biosignals: electromyographic (EMG) signals, selected from the neck surface near the vocal folds; electroencephalographic (EEG) signals, selected from the surface of the patient's head near the linguistic centers. Taking into account the similarity of EEG and EMG signals, the possibility of selecting of such signals using one multichannel electroencephalograph, has been analysed. It is established, that such a selection is possible only in the case of expansion the frequency band of input signals, since the upper limit frequency of electroencephalographs usually does not exceed 100 Hz, but this is not enough for the selection of EMG signals, since their structure contains signs of the main tone, whose frequency values may be in the frequency range of 80-450 Hz. The structure of the selection system and preliminary processing of such biosignals is proposed, which includes two independent channels of biopotentials amplification with an extended bandwidth. Additionally, in the structure of the system for conducting experimental research and obtaining a reference signal, the signs of which are manifested in the structure of EEG and EMG signals, a parallel selection of voice signals using a microphone, was performed. On the basis of these vocal signals, the informative features of individual vowel and consonant vocalized sounds in the structure of EEG and EMG signals were performed. Using the proposed structure of the selection system, it is possible to implement technical means for the indirect restoration of the human communicative function.

Keywords: biosignal, selection system, communicative function.

Постановка проблеми

Комунікативна функція є найважливішим засобом обміну інформацією між людьми та в повній мірі може бути реалізована при повноцінному функціонуванні мовних відділів центральної нервової системи, дихальної системи і органів голосового апарату [1]. Однак спостерігається зростання кількості людей із обмеженою або втраченою комунікативною функцією, зокрема через порушення роботи цих трьох систем або травми. Тому, задача пошуку способів відновлення комунікативної функції як найважливішого засобу спілкування людей є актуальною для медицини.

У випадках, коли класичні методи реабілітації, що ґрунтуються на відновленні функціонування органів, що реалізують комунікативну функцію, не дають належного результату, актуальним є розроблення ефективних технічних засобів компенсації чи відновлення цієї функції із використанням опосередкованих методів, які ґрунтуються на відборі та опрацюванні біосигналів, що виникають в процесі реалізації комунікативної функції. Такі технічні засоби дадуть можливість проведення ефективної реабілітації комунікативної функції і в тих випадках, коли відновити функціонування окремих органів, зокрема голосового апарату, неможливо. При цьому, якість, інформативність таких біосигналів, опрацювання яких проводиться з метою відшукування ознак реалізації комунікативної функції для компенсації порушень її роботи, залежить від якісних та кількісних параметрів системи відбору.

Аналіз останніх досліджень

В області біомедичної інженерії існує ряд опосередкованих способів, що можуть бути використані для задачі відновлення комунікативної функції мови. Основою цих способів є відбір та опрацювання електроенцефалографічних (ЕЕГ) [2], електроміографічних (ЕМГ) сигналів, що зареєстровані з мімічних м'язів обличчя [3], та ЕМГ сигналів, що зареєстровані з поверхні шиї пацієнта [4]. Однак, цим способам притаманні недоліки, пов'язані з недостатньою їхньою інформативністю, оскільки в структурі ЕМГ сигналів, відібраних з мімічних м'язів обличчя, буде міститись інформація лише про роботу артикуляційного апарату; у структурі ЕМГ сигналів, відібраних з поверхні шиї, буде міститись інформація лише про роботу голосових складок; опрацювання ЕЕГ сигналів передбачає усунення усіх артефактів, пов'язаних із роботою інших відділів головного мозку (зокрема зору, слуху тощо), врахування способів кодування і перенесення мовної інформації в потоках нервових імпульсів в нейронних структурах мовних

центрів головного мозку та особливостей відображення цих процесів на поверхні голови пацієнта.

Перспективним є спосіб відновлення комунікативної функції людини, який ґрунтується на відборі та опрацюванні достатньої з точки зору інформативності кількості та типів біосигналів для забезпечення можливості проведення ідентифікації та розпізнавання окремих голосових фонем чи слів. При цьому, важливим є забезпечення можливості синхронної реєстрації таких біосигналів з використанням єдиної системи відбору.

Формулювання цілей статті

В роботі проводиться обґрунтування структури системи відбору біосигналів та параметрів її складових елементів з метою забезпечення однорідності статистичного матеріалу, що ним є відібрані біосигнали, продуковані в процесі реалізації комунікативної функції.

Результати дослідження

В працях [5, 6] описано суть методу відбору та опрацювання біосигналів для розв'язання задачі відновлення комунікативної функції, що ґрунтується на положеннях акустичної теорії голосотворення та нейрохронаксічної теорії фонації [7] – в потоці видихуваного повітря (1) джерело сигналу (легені, голосові складки) формує звуковий сигнал з характерною повторюваністю – основним тоном (3), що генерується голосовими складками, котрі збуджуються послідовністю нервових імпульсів (2) (рис. 1).

Відповідно нервові імпульси, які в процесі вимови слів чи фраз керують роботою голосового апарату в під час реалізації комунікативної функції, формуються в окремих мовних центрах головного мозку і повинні проявлятися у структурі ЕЕГ сигналів, що відібрані з поверхні голови в безпосередній близькості до цих мовних центрів. Однак, під час проведення експериментальних досліджень [5, 6] було встановлено, що використовуючи класичні методи ЕЕГ досліджень можна лише встановити факт наявності процесу мовлення, але розпізнати окремі слова чи фрази практично неможливо через обмежені можливості сучасних електроенцефалографів (приладів для відбору ЕЕГ сигналів) та самого методу ЕЕГ досліджень [5, 6].

Для ефективного розпізнавання голосових сигналів і відновлення функції мови пропонується використати метод, що ґрунтується на синхронному відборі та опрацюванні двох груп сигналів: перші є сигналами, що відібрані з окремих органів голосового апарату – ЕМГ сигнали, відібрані з поверхні ший поблизу голосових складок; інша група – це ЕЕГ сигнали, локалізовано відібрані з ділянок поверхні голови пацієнта, що розташовані поблизу мовних центрів. В структурі останньої групи сигналів будуть відображатися електричні образи нервових імпульсів, які ці центри будуть посиляти до відповідних органів голосового апарату як ніби під час вимовлення конкретного слова чи фрази.

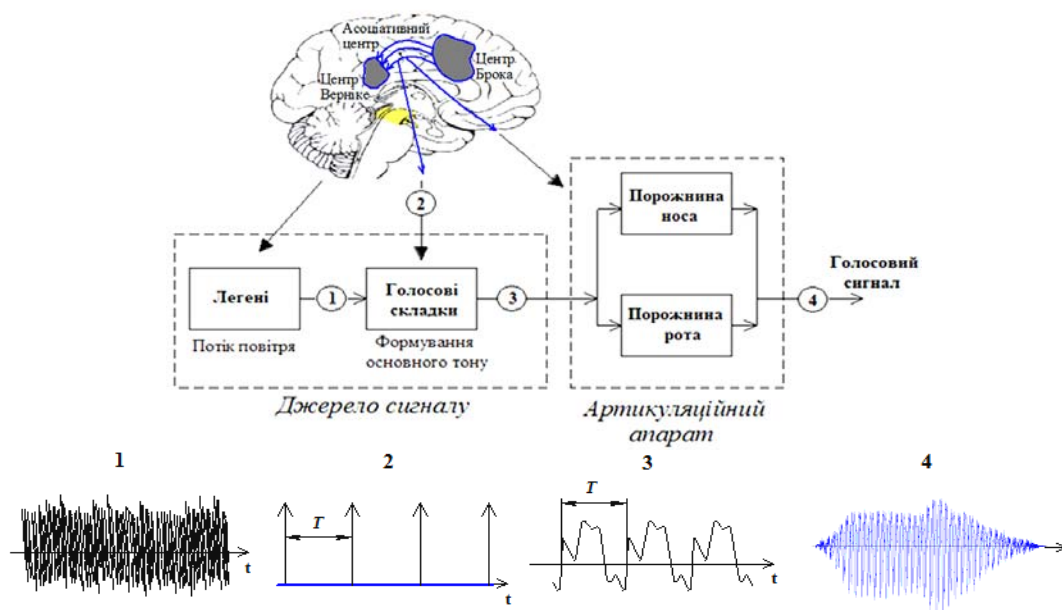


Рис. 1. Процес творення голосових сигналів при реалізації комунікативної функції

Беручи до уваги подібність ЕЕГ та ЕМГ сигналів за структурою та параметрами і припущення, що ознаки реалізації комунікативної функції будуть найкращим чином проявлятися в структурі ЕЕГ сигналів, котрі були відібрані з поверхні голови пацієнта поблизу мовних центрів головного мозку, можливим стає відбір ЕЕГ та ЕМГ сигналів з допомогою одного багатоканального електроенцефалографа. На рис. 2 позначено відведення для випадку застосування 16-канального електроенцефалографа Нейроком (ХАІ Медіка).

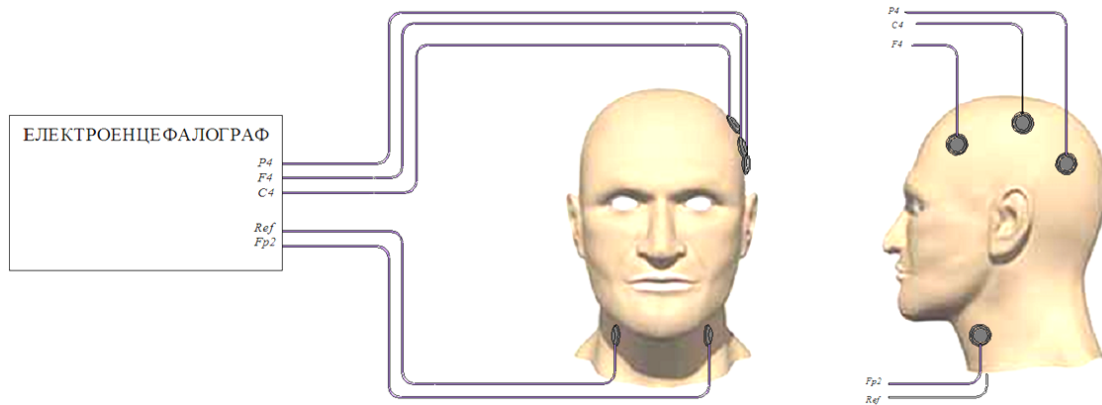


Рис. 2. Спосіб відбору EEG та EMГ сигналів за допомогою одного електроенцефалографа

Однак, застосування для відбору EEG та EMГ сигналів одного електроенцефалографа (в дослідженнях застосовувався електроенцефалограф Нейроком, ХАІ Медіка) можливе лише у випадку розширення частотної смуги пропускання вхідних сигналів, оскільки верхня гранична частота становить 100 Гц [8]. Цього недостатньо при відборі EMГ сигналів, оскільки в їх структурі містяться ознаки основного тону при вимовленні голосних чи приголосних вокалізованих звуків (значення частоти основного тону можуть знаходитись в частотному діапазоні 80–450 Гц [9, 10]). Розширення смуги частот, в свою чергу, призведе до необхідності підвищення частоти дискретизації вхідних сигналів. У випадку застосування стандартного електроенцефалографа, завдання розширення смуги частот пропускання та підвищення частоти дискретизації стає технічно складним. Тому запропоновано структуру системи відбору та попереднього опрацювання таких біосигналів, що наведена на рис. 3. Літерами А, В та С позначено ділянки накладання електродів для відбору EEG сигналів поблизу мовних центрів, літерами D, Е – область накладання електродів для відбору EMГ сигналів.

Обидві групи сигналів надходять на незалежні блоки попереднього підсилення, режекторної фільтрації складових сигналів на частоті 50 Гц та блоки підсилення. Після оцифрування ці сигнали надходять на обчислювальний пристрій, який власне і виконує їхнє опрацювання.

Додатково в структурі системи для початкових етапів «навчання» програмного забезпечення та отримання еталонного сигналу, ознаки якого проявляються у структурі EEG та EMГ сигналів, здійснювався паралельний відбір голосових сигналів з допомогою мікрофона М. На основі цих сигналів проводилось виділення інформативних ознак окремих голосних та приголосних вокалізованих звуків в структурі EEG та EMГ сигналів.



Рис. 3. Структура системи відбору та опрацювання біосигналів для відновлення комунікативної функції мови

В ході експериментальних досліджень було практично реалізовано у вигляді окремого модуля блок підсилення біопотенціалів, що придатний для відбору як EEG так і EMГ сигналів та являє собою один канал підсилення електроенцефалографа. Виконаний він на основі інструментальних підсилювачів AD620 із типовою схемою їхнього включення. На рис. 4 наведено функціональну схему процесу відбору голосових та EMГ сигналів із використанням такого блока підсилення біопотенціалів.

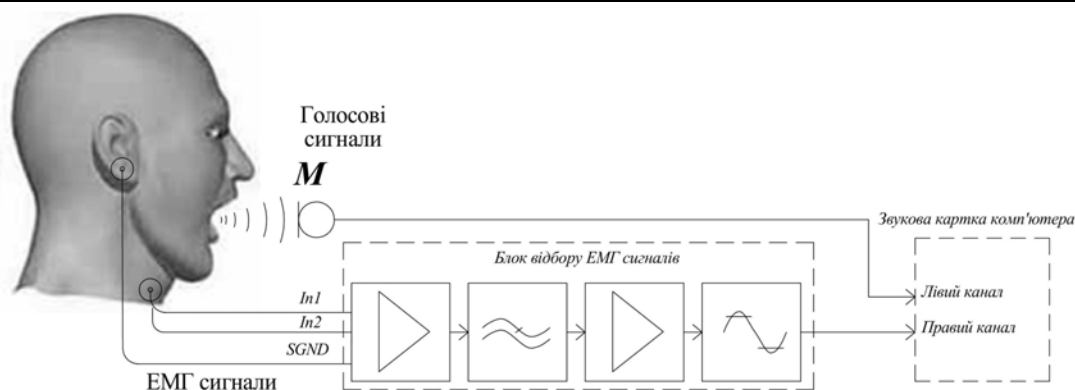


Рис. 4. Функціональна схема блоку відбір ЕМГ та голосових сигналів

З виходу блоку підсилення біопотенціалів корисний сигнал подавався на один із входів звукової картки персонального комп'ютера. На інший вхід подавався сигнал із мікрофона, котрий вибирався, виходячи з рекомендацій, що наведені в праці [11]. Для власне запису зазначених біосигналів було застосовано програмний пакет Adobe Audition, що має можливість синхронного запису багатьох сигналів. Значення частоти дискретизації та розрядності АЦП звукової картки також вибирались на основі рекомендацій [11].

Після завершення процесу навчання програмного забезпечення при опрацюванні ЕМГ сигналів з метою пошуку в їхній структурі ознак основного тону голосового сигналу, замість мікрофона пропонується використати ідентичний блок підсилення біопотенціалів для синхронного відбору ЕЕГ сигналів.

Висновки

Запропоновано структуру системи відбору ЕЕГ та ЕМГ сигналів, що ґрунтується на використанні ідентичних блоків підсилення біопотенціалів із розширеною смугою пропускання в порівнянні з вузлами підсилення біопотенціалів медичних електроенцефалографів. Використовуючи запропоновану структуру системи відбору, можна реалізувати технічні засоби для опосередкованого відновлення комунікативної функції людини.

Література

1. Джафек Брюс. Секреты оториноларингологии / Б. Джафек, Е. Старк ; [под ред. Новикова Н. И., Овчинникова А. Ю. ; пер. с англ.]. – М., СПб : БИОНОМ : Невский диалект, 2001. – 624 с. – ISBN 5-79870197-1.
2. Porbadnigk M.W. EEG-Based Speech Recognition: Impact of Temporal Effects / M.W. Porbadnigk, T. Schultz // 2nd International Conference on Bio-inspired Systems and Signal Processing. – Porto : Portugal, 2009.
3. Jia Xueqian. Unvoiced Speech Recognition Based on One-Channel Facial Myoelectric Signal / Jia Xueqian, Jinghong Li, Yuyuan Du // The Sixth World Congress on Intelligent Control and Automation. – 2008, – P. 9362–9366.
4. Ambient Corporation. Buy Audeo Basic SDK. URL: <http://www.theaudeo.com/?action=buy>.
5. Дозорський В.Г. Відбір та опрацювання біосигналів для задачі відновлення комунікативної функції мови людини / В.Г. Дозорський, О.Ф. Дозорська, Є.Б. Яворська // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук : КрНУ, 2017. – Випуск 4(105). – С. 9–14.
6. Яворська Є.Б. Метод відновлення комунікативної функції мови людини / Є.Б. Яворська, О.Ф. Дозорська // Сборник статей научно-информационного центра «Знание» по материалам X международной заочной научно-практической конф. «Развитие науки в XXI веке» (уровень стандарта, академический уровень). – Харьков : Научно-информационный центр «Знание», 2016. – Ч. 1. – С. 38–41.
7. Дозорський В.Г. Застосування нейрохронакської теорії фонації для задачі відновлення комунікативної функції мови людини / В.Г. Дозорський, О.Ф. Дозорська, Л.Є. Дедів, І.Ю. Дедів, Є.Б. Яворська // Znanstvena misel. – Slovenia, 2017. – № 12. – С. 57–61.
8. НейроКом. Комплекс электроэнцефалографический ТУ У 33.1-02066769-001-2002 Инструкция по медицинскому применению АИНЦ.941311.001 И1 / Национальный аэрокосмический университет «ХАИ» НТЦ радиоэлектронных медицинских приборов и технологий «ХАИ-МЕДИКА». – Харьков : ХАИ «Медика», 2011. – 168 с.
9. Деркач М.Ф. Динамические спектры речевых сигналов / М.Ф. Деркач, Р.Я. Гумецкий, Б.М. Гура, М.Е. Чабан. – Л. : Вища школа. Изд-во при Львов. ун-те, 1983. – 168 с.
10. Рабинер Лоренс. Цифровая обработка речевых сигналов / Л. Рабинер, Р. Шафер ; [под ред. М.В. Назарова, Ю.Н. Прохорова ; пер. с англ.]. – М. : Радио и связь, 1981. – 496 с.
11. Бачинський М.В. Обґрунтування структури системи відбору акустичних сигналів для задач медичної діагностики систем дихання та голосотворення / М.В. Бачинський, В.Г. Дозорський, І.Ю. Дедів // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – Хмельницький : ХНУ, 2011. – № 3. –

References

1. Dzhafek Brjus. Sekrety otorinolaringologii / B. Dzhafek, E. Stark ; [pod red. Novikova N. I., Ovchinnikova A. Ju. ; per. s angl.]. – M., SPb : BIONOM : Nevskij dialekt, 2001. – 624 s. – ISBN 5-79870197-1.
2. Porbadnigk M.W. EEG-Based Speech Recognition: Impact of Temporal Effects / M.W. Porbadnigk, T. Schultz // 2nd International Conference on Bio-inspired Systems and Signal Processing. – Porto : Portugal, 2009.
3. Jia Xueqian. Unvoiced Speech Recognition Based on One-Channel Facial Myoelectric Signal / Jia Xueqian, Jinghong Li, Yuyuan Du // The Sixth World Congress on Intelligent Control and Automation. – 2008, – R. 9362–9366.
4. Ambient Corporation. Buy Audeo Basic SDK. URL: <http://www.theaudeo.com/?action=buy>.
5. Dozorskyi V.H. Vidbir ta opratsiuvannia biosyhnaliv dlia zadachi vidnovlennia komunikatyvnoi funktsii movy liudyny / V.H. Dozorskyi, O.F. Dozorska, Ye.B. Yavorska // Visnyk Kremenchutskoho natsionalnoho universytetu imeni Mykhaila Ostrohradskoho. – Kremenchuk : KrNU, 2017. – Vypusk 4(105). – S. 9–14.
6. Yavorska Ye.B. Metod vidnovlennia komunikatyvnoi funktsii movy liudyny / Ye.B. Yavorska, O.F. Dozorska // Sbornik statej nauchno-informacionnogo centra «Znanie» po materialam X mezhdunarodnoj zaochnoj nauchno-prakticheskoy konf. «Razvitie nauki v XXI veke» (uroven' standarta, akademicheskij uroven'). – Har'kov : Nauchno-informacionnyj centr «Znanie», 2016. – Ch. 1. – S. 38–41.
7. Dozorskyi V.H. Zastosuvannia neirokhronaksychnoi teorii fonatsii dlia zadachi vidnovlennia komunikatyvnoi funktsii movy liudyny / V.H. Dozorskyi, O.F. Dozorska, L.Ie. Dediv, I.Iu. Dediv, Ye.B. Yavorska // Znanstvena misel. – Slovenia, 2017. – № 12. – S. 57–61.
8. NejroKom. Kompleks jelectrojencefalograficheskij TU U 33.1-02066769-001-2002 Instrukcija po medicinskomu primeneniju AINC.941311.001 II / Nacional'nyj ajerokosmicheskij universitet «HAI» NTC radioelektronnyh medicinskih priborov i tehnologij «HAI-MEDIKA». – Har'kov : HAI «Medika», 2011. – 168 s.
9. Derkach M.F. Dinamicheskie spektry rechevyh signalov / M.F. Derkach, R.Ja. Gumeckij, B.M. Gura, M.E. Chaban. – L. : Vishha shkola. Izd-vo pri L'vov. un-te, 1983. – 168 s.
10. Rabiner Lorens. Cifrovaja obrabotka rechevyh signalov / L. Rabiner, R. Shafer ; [pod red. M.V. Nazarova, Ju.N. Prohorova ; per. s angl.]. – M. : Radio i svjaz', 1981. – 496 s.
11. Bachynskiy M.V. Obgruntuvannia struktury systemy vidboru akustychnykh signaliv dlia zadach medychnoi diahnozyky system dykhannia ta holosotvorenna / M.V. Bachynskiy, V.H. Dozorskyi, I.Iu. Dediv // Herald of Khmelnytskyi National University. – Khmelnytskyi : KhNU, 2011. – № 3. – S. 192–195.

Рецензія/Peer review : 11.2.2019 р.

Надрукована/Printed : 10.4.2019 р.

Рецензент: д. т. н., проф. Паламар М. І.