

621.317.329

В. Забитівський

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ЕКВІВАЛЕНТНА СХЕМА СИСТЕМИ КОНТАКТІВ “ЕЛЕКТРОД – БІООБ’ЄКТ”

Запропоновано еквівалентну схему системи контактів “електрод - біооб’єкт” для імітації основних явищ, що впливають на процес реєстрації біопотенціалів.

Підсилювач біопотенціалів, електрод, електропровідність, джерело напруги, джерело струму.

V. Zabytivskyy

EQUIVALENT CIRCUIT OF CONTACTS “ELECTRODE – BIOLOGICAL OBJECTS ”

An equivalent circuit of contacts “electrode-biological objects ”to simulate the main phenomena that affect the biopotential registration.

Biopotential amplifier, electrode, electrical conduction, voltage source, current source.

Біопотенціали (БП), що виникають на поверхні тіла людини є важливим носієм інформації про функціонування її органів. Реєстрація БП може бути довготривалою та багатократною без больових відчуттів та шкідливої дії на організм та виконуватись за допомогою електродів з поверхні тіла, наприклад, реєстрація ЕМГ, ЕКГ, ЕЕГ, ЕРГ. Якість відбору, підсилення та реєстрації БП значною мірою визначаються параметрами вхідного кола, утвореного біооб’єктом, що є джерелом сигналу із комплексним внутрішнім опором, електродами та вхідними колами підсилювача. Розробка підсилювача біопотенціалів (ПБП) пов’язана з комплексом задач, які необхідно вирішити в цілому. До найбільш складних задач відносяться:

- забезпечення високого вхідного опору ($> 100 \text{ МОм}$) та високого коефіцієнту підсилення (40...120 дБ) із необхідною амплітудно-частотною характеристикою;
- узгодження вхідних кіл підсилювача з внутрішнім опором джерела сигналу;
- забезпечення співвідношення сигнал/завада достатнього для подальшого оцифрування суміші та складної обробки методами цифрової фільтрації [1] (реалізація якої неможлива аналоговими колами) з метою виділення корисного (досліджуваного) сигналу із суміші. Під завадою в даному випадку слід розуміти заваду промислового характеру від мережі електропостачання частотою 50 Гц.

За основу ПБП взята структура, приведена у документації інструментального підсилювача AD620 фірми Analog Devices [2, fig. 41]. Такий ПБП призначений для підсилення електрокардіосигналу та зменшення синфазних завад. Проте, спроба застосувати цей ПБП (виготовлений в лабораторії кафедри біотехнічних систем) для реєстрації сигналів з меншою амплітудою показала необхідність враховувати струми зміщення вхідних каскадів ПБП, особливо у випадку застосування електродів з малою площею контакту. Також для забезпечення реєстрації біосигналів малої амплітуди є необхідність збільшення співвідношення сигнал/завада. Ряд натурних експериментів показали, що досягти максимального співвідношення можна при симетрії внутрішніх опорів джерела сигналу для кожного входу ПБП, що підтверджується і результатами моделювання за допомогою комп’ютерної програми Multisim фірми National Instruments. Для імітації явищ, що виникають при відборі біосигналу за допомогою електродів була запропонована еквівалентна схема, приведена на рис. 1. За її основу взята еквівалентна схема кола шкіра–електрод–вхід ПБП, розглянута в [3], та модель повного опору поверхневих шарів шкіри і глибинних шарів м’язової тканини, приведеної в [4].

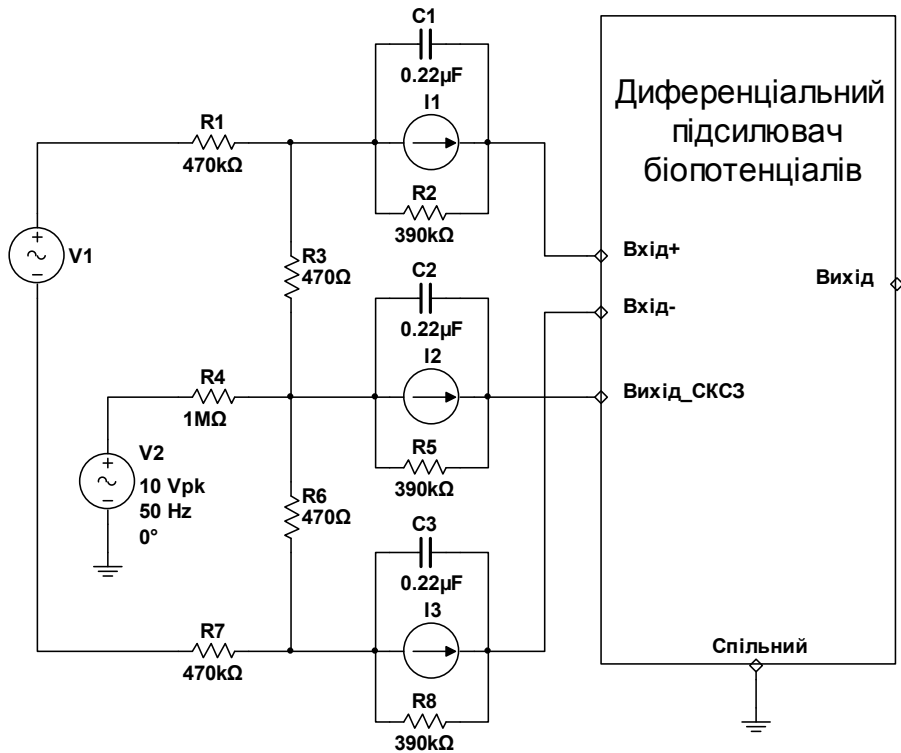


Рис. 1 Еквівалентна схема “електрод-біооб’єкт”.

У запропонованій схемі V1 — джерело напруги (ДН), що використовується для імітації корисного сигналу (біосигналу). V2 — ДН, що використовується для імітації завади. Резистор R4 обмежує максимальний струм ДН V2, який може бути інжектований у схему компенсації синфазних завад (СКСЗ) ПБП. Резистори R3, R6 імітують опір глибинних шарів м’язової тканини. Паралельне з’єднання джерела струму (ДС) I1, конденсатора C1 та резистора R2 імітує контакт електрод-шкіра. Номінали елементів залежать від типу електроду, в основному від площі контакту. Спад напруги на резисторі R2, викликаний струмом ДС I1, імітує потенціало-утворюючі процеси контакту. Аналогічну функцію виконують елементи I2, C2, R5 та I3, C3, R8 відповідно. Застосування дільника R1, R3, R6, R7 дало змогу використати в якості ДН промисловий генератор (наприклад, Г6-34) при натурному моделюванні.

Запропонована схема дозволяє імітувати основні явища, що впливають на процес реєстрації біопотенціалів. Застосування її у комп’ютерних програмах емуляції роботи електронних пристроїв спрощує етап схемотехнічного проектування ПБП та складних розрахунків з частотозалежними ланками та танками зворотного зв’язку.

Література.

1. Яворський Б. І., Забитівський В. П. Метод оптимальної фільтрації імпульсних завад під час телемоніторингу ритміки серця. Відбір і обробка інформ. 2009. Вип. 30 (106)
2. http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD620.pdf
3. Зайченко К.В., Жаринов О.О., Кулин А.Н. и др. Съём и обработка биоэлектрических сигналов: Учебное пособие. - СПб.: ГУАП, 2001. - 140 с.
4. Орлов Ю. Н. Электроды для измерения биоэлектрических потенциалов. МГТУ им. Баумана, 2006. - 224