

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОКАРДІОСИГНАЛУ

Розроблено імітаційну модель електрокардіосигналу сигналу у вигляді функцій на характерних часових рівнях. Використовуючи засоби програмного забезпечення Matlab реалізовано програму з графічним інтерфейсом, яка імітує даний сигнал за відомими параметрам патологій і норм (амплітуди, часові тривалості).

Вступ

Електрокардіографія є одним з основних методів дослідження серця і діагностики захворювань серцево-судинної системи. Вона є незамінним у діагностиці порушень ритму і провідності, гіпертрофій, ішемічної хвороби серця. Цей метод дає можливість з великою точністю говорити про локалізацію вогнищевих змін міокарда, їх розповсюдженість, глибину і час появи.

На сьогодні в сучасних комп'ютерних автоматизованих кардіодіагностичних системах програмне забезпечення базується на методах обробки досліджуваних електрокардіосигналів, які розробляються на основі математичних моделей. Одним підкласом з математичних моделей є імітаційна модель. Використання імітаційної моделі при верифікації розроблених методів, відіграє важливе місце, тому що скорочує час отримання бази даних ЕКС.

1. Формулювання задачі

Відомі імітаційні моделі електрокардіосигналів (R. Karthik(Індія, College of Engineering, Guindy, Anna University), R. Losada (США, The MathWorks, Inc.), Є.Яворська (Україна, ТДТУ)) не забезпечують параметричну ідентифікацію з достовірним відтворенням реальних сигналів, що є важливим для ранньої діагностики ряду серцевих захворювань.

2. Основні інформативні ознаки електрокардіосигналу

Електрокардіосигнал (ЕКС) – це сигнал що характеризує електричні явища, які виникають у серцевому м'язі під час серцевого циклу. Криву, яка відображає електричну активність серця, називають електрокардіограмою (ЕКГ). Таким чином, ЕКГ — це запис коливань різниці потенціалів, які виникають у серці під час його збудження [1,2]. На рисунку 1 представлено схему, за допомогою якої проводять реєстрацію ЕКС [1,2].

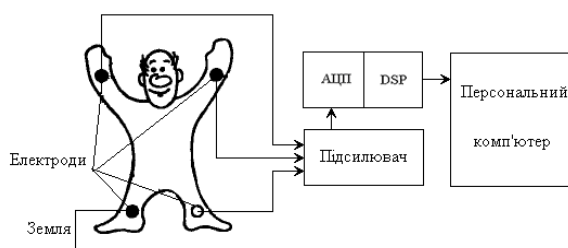


Рис. 1. Схема реєстрації електрокардіосигналу

Електрокардіосигнал складається з зубців, інтервалів (сукупність зубця і сегмента), та сегментів (відстань між двома зубцями) [2,3]. Зубці ЕКС за часів Ейнтховена позначають літерами P, Q, R, S, T, U (рисунок 1.), цими літерами називають інтервали і сегменти (рисунок 2).

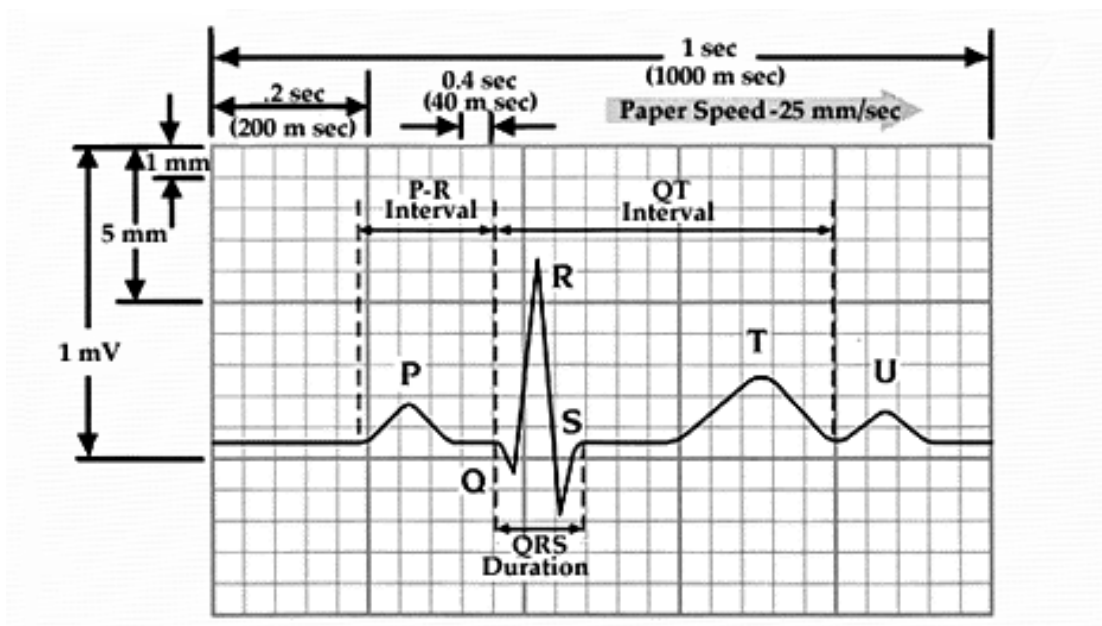


Рис. 2 Загальний вигляд ЕКС і його лікарські діагностичні параметри

3. Імітаційна модель ЕКС

Оскільки, основними інформаційними параметрами в ЕКС є піки хвиль та їх тривалості (як видно з рисунку 2), які є достатніми у лікарській практиці для встановлення діагнозу, то побудуємо імітаційну модель, яка врахує всі вище приведені параметри.

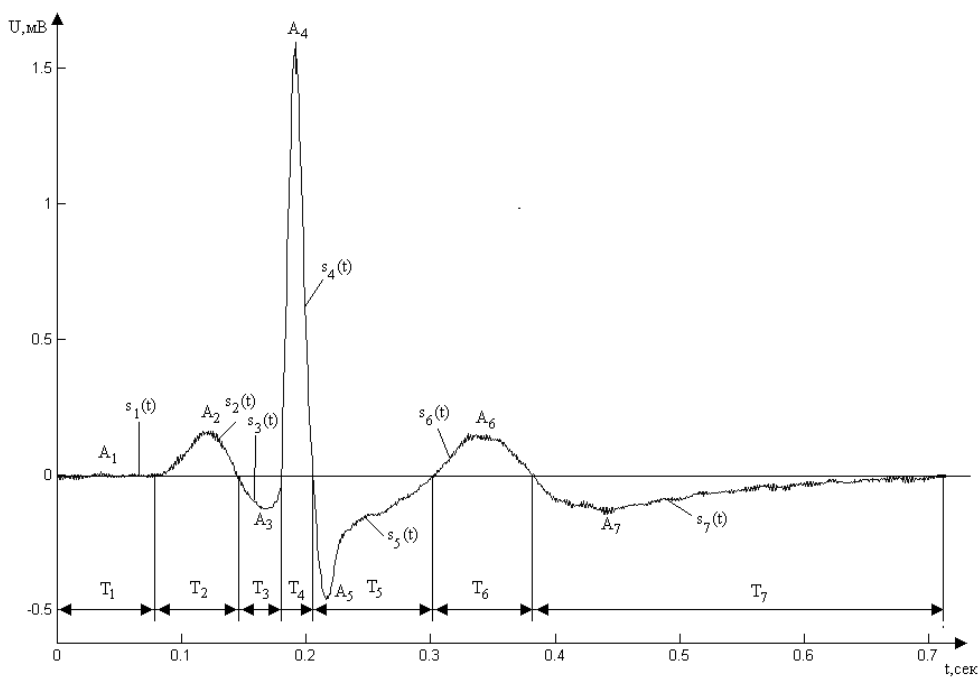


Рис. 3. Експериментально відібраний електрокардіосигнал

З рисунку 3 видно, що на певних інтервалах реальний ЕКС є певними функціями $s(t)$ з характерними заниканнями на цих інтервалах T . Тому використовуючи вище сказане і принцип методу імітації реального сигналу [4], побудуємо модель ЕКС у вигляді функцій на характерних часових рівнях, яка врахує всі вище наведені медичні діагностичні параметри:

$$s(t) = \begin{cases} A_1 \sin\left(\frac{2\pi t}{f_1}\right) \cdot e^{-t \cdot K_1} \cdot S_1 & t \in [0, T_1] \\ A_2 \sin\left(\frac{2\pi t}{f_2}\right) \cdot e^{-t \cdot K_2} \cdot S_2 & t \in [0, T_2] \\ A_3 \sin\left(\frac{2\pi t}{f_3}\right) \cdot e^{-t \cdot K_3} \cdot S_3 & t \in [0, T_3] \\ A_4 \sin\left(\frac{2\pi t}{f_4}\right) \cdot e^{-t \cdot K_4} \cdot S_4 & t \in [0, T_4] \\ A_5 \sin\left(\frac{2\pi t}{f_5}\right) \cdot e^{-t \cdot K_5} \cdot S_5 & t \in [0, T_5] \\ A_6 \sin\left(\frac{2\pi t}{f_6}\right) \cdot e^{-t \cdot K_6} \cdot S_6 & t \in [0, T_6] \\ A_7 \sin\left(\frac{2\pi t}{f_7}\right) \cdot e^{-t \cdot K_7} \cdot S_7 & t \in [0, T_7] \end{cases} \quad (1)$$

де

A - амплітуди хвиль;

f - частоти коливань синусоїд (в даному випадку для півперіоду);

S - масштабні коефіцієнти.

T - періоди хвиль;

Приведемо систему рівнянь (1) до одного виразу:

$$s_{\text{хвиля}_i}(t) = A_i \sin\left(\frac{2\pi t}{f_i}\right) \cdot e^{-t \cdot K_i} \cdot S_i, \quad t \in [0, T_i] \quad (2)$$

де i - номер хвилі на певних інтервалі $t \in [0, T_i]$.

Отримані значення функцій (2) для $i = 1, \dots, N$ об'єднаємо в один масив:

$$\xi(t) = \bigcup_{i=1}^N s_{\text{хвиля}_i}(t) = \bigcup_{i=1}^N A_i \sin\left(\frac{2\pi t}{f_i}\right) \cdot e^{-t \cdot K_i} \cdot S_i, \quad t \in [0, T_i] \quad (3)$$

де $t_i \in [0, T_i]$ - часовий діапазон i -ої хвилі;

$t \in \left[0, \sum_{i=1}^N T_i\right]$ - час тривалості електрокардіосигналу.

T_i - період тривалості i -ої хвилі;

N - кількість хвиль (для ЕКС $N = 7$).

4. Реалізація моделі засобами програмного забезпечення Matlab

За допомогою утиліти GUDE Quick Start, яка є інтегрованою в Matlab, було створено програмний модуль з графічним інтерфейсом (рисунок 4), який імітує модель ЕКС на основі рівняння (1).

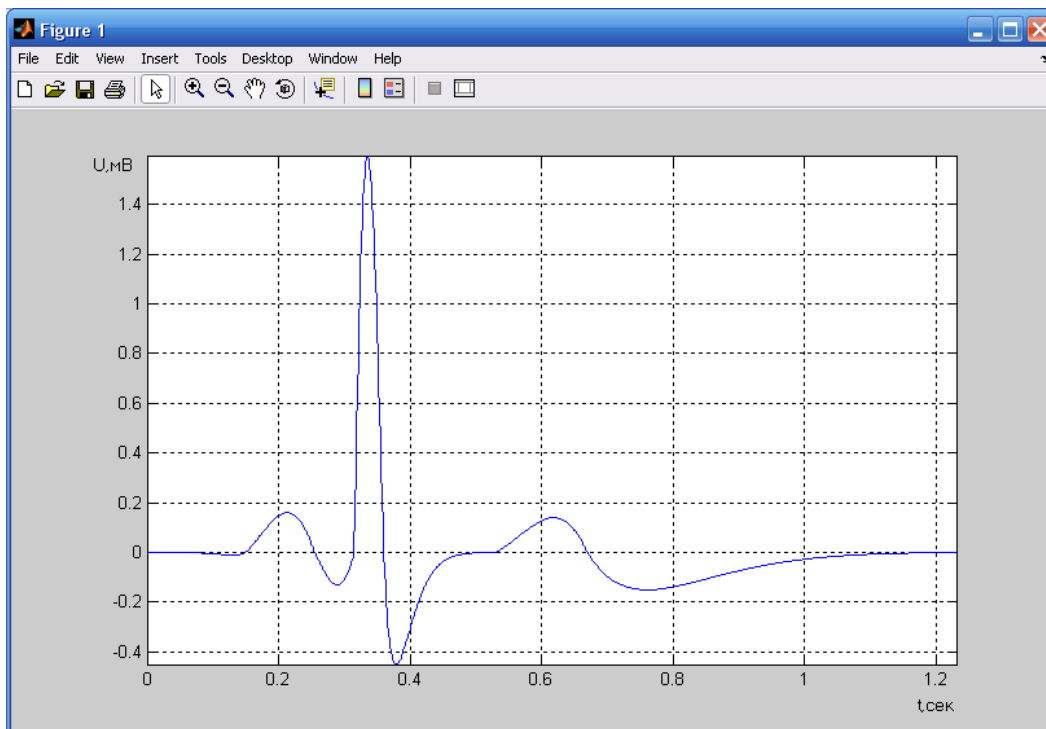


Рис. 4. Інтерфейс програми моделювання ЕРС

Математична модель електрокардіосигналу підтверджується експериментальними даними (рисунок 5).

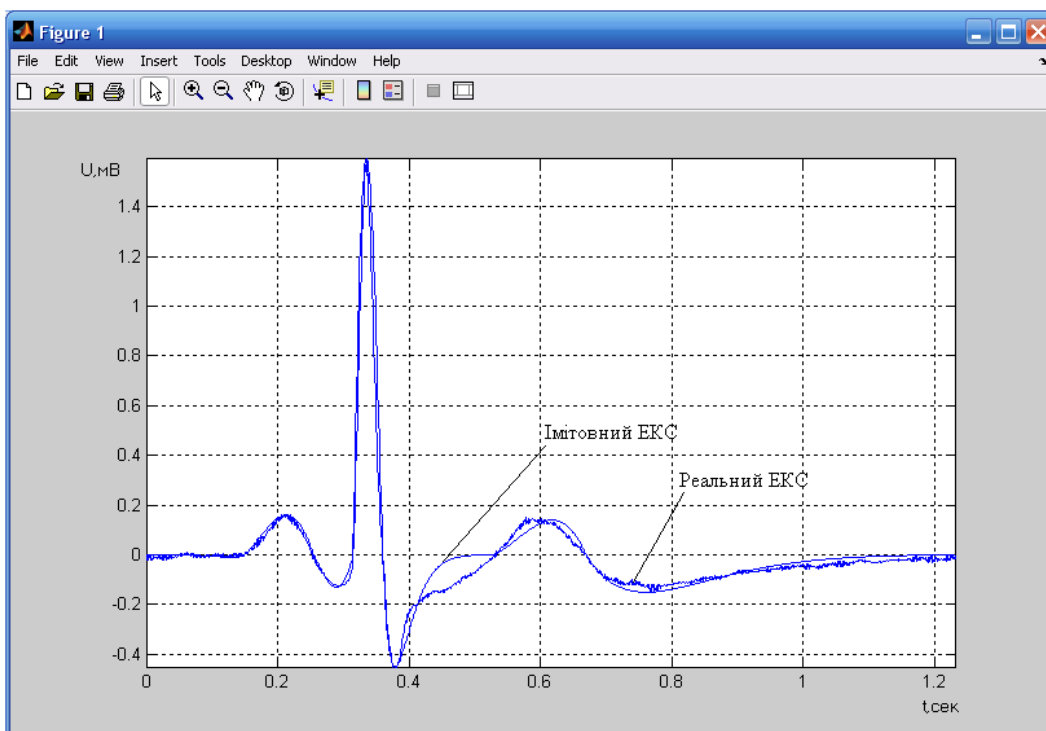


Рис. 5. Порівняння експериментально відібраного і змодельованого ЕРС

Висновки

Розроблена модель електрокардіосигналу у вигляді синусоїди з експонентційним затуханням на характерних часових рівнях дає можливість по відомих медичних параметрах моделювати сигнали патологій і норм. Використовуючи засоби програмного забезпечення Matlab реалізовано програму, яка імітує даний сигнал з більш достовірним відтворенням реальних даних в порівнянні із існуючими моделями.

Література

1. Абакумов В.Г., Геранін В.О., Рибін О.І., Сватош Й., Синкоп Ю.С. Біомедичні сигнали та їх обробка. – К.: ТОО “ВЕК+” 1997. –349 с.
2. Мурашко В.В., Струтынський А.В. Електрокардиография. - М.: Медицина 1987 р.
3. Шакин В.В. Вычислительная электрокардиография. –М.: Наука, 1981. - 166 с.
4. Хвостівський М., Шадріна Г. „Математична модель електроретинографічного сигналу” // Вісник Хмельницького національного технологічного університету – Хмельницький: ХНУ. – 2007. № 2. С. 103-106.