

Методика за моделиране на кардиологични заболявания и отражението им върху ЕКГ сигнал

Анелия Манукова, Мая Грозева, Мария Тополова

Methodology for modeling of cardiovascular diseases and their impact on the ECG signal.

Proposed is methodology for modeling of cardiac signals and diseases to them. Analyze the characteristics in the development of electronic systems for the evaluation of ECG signal transmission characteristic. Proposed algorithm for processing the ECG signal and extracting from it the disease and its impact on the type of transfer characteristic. The methodology allows detailed tracking of changes taking place in the patient's body and making a quick assessment of his condition.

Key words: *electrocardiographic signal, methodology, modeling.*

ВЪВЕДЕНИЕ

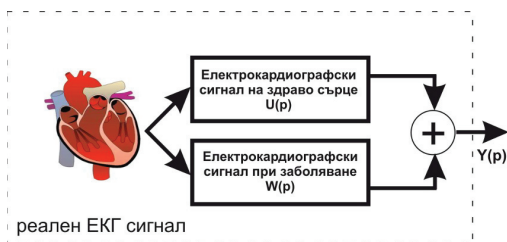
Реалните ЕКГ сигнали често са придружени от фонове смущения и е важно да се отделят допустимите компоненти на сигнала от нежелателните артефакти. За тази цел се използват адаптивни филтри, които позволяват да се откриват различни потенциали във времето и да се проследяват динамичните изменения на сигналите [2,3,6]. Една част от смущенията в кардиографските сигнали са от наличие на заболяване, което променя характера на кривата на сигнали.

Електрокардиографските системи за превенция е необходимо да измерват електрокардио (ЕКГ) сигналите и да пренасят информацията във подходяща форма към анализиращия софтуер. В съвременните ЕКГ системи се използват специализирани устройства за последваща обработка чрез външно DSP, микропроцесор или FPGA, с което се позволява мащабиране на съотношението сигнал/шум.

Целта на настоящата статия е да се представи методика за моделиране на кардиологични заболявания и отражението им върху ЕКГ сигнал за превантивен контрол по време и след рехабилитационния период.

МОДЕЛ НА СЪРЦЕ С НАСЛОЖЕНИ ИЗМЕНЕНИЯ

При определяне на характера на кардиологичното заболяване се използва метод със сумиране на параметрите на нормална електрокардиограма и електрокардиограма на човек с патологии (фиг.1) [4,5,7].



Фиг.1. Модел на сърце с насложени изменения

Предавателната функция $W(p)$ се получава чрез отношение на изходната характеристика $Y(p)$ към управляващата входна $U(p)$.

$$W(p) = \frac{Y(p)}{U(p)}, \quad (1)$$

Временната характеристика $H(t)$ на обекта, която се изразява чрез израз (2) и отразява предавателната функция чрез взаимовръзката между двете.

$$W(p) = L[H(t)], \quad (2)$$

Импулсната преходна характеристика се получава чрез метод за идентификация на основата на конволюцията, като производението на две функции се трансформира в конволюция на индивидуалните трансформации на двете функции. Следователно, резултатът на конволюцията на импулсната преходна характеристика и входния сигнал се явява изходният сигнал:

$$Y(s) = \sum_{m=0}^n H(s-q) \cdot X(q), \quad (3)$$

където s , q са стойностите на дискретното време, $Y(s)$ е изходната характеристика, $X(s)$ – входната характеристика, $H(s)$ – импулсната характеристика.

Използва се рекурентното преобразуване (4) за получаване на импулсната характеристика, след което се построява импулсна характеристика на сигнала.

$$H(0) = \frac{Y(0)}{X(0)},$$

$$H(s) = \frac{Y(s) - \sum_{q=0}^{s-1} (H(q) \cdot X(s-q))}{X(0)}, s \geq 1, X(0) \neq 0 \quad (4)$$

Алгоритъм за обработката на ЕКГ сигнал

- Приема се, че заболяването внася еднакви изкривявания във всеки сърдечен цикъл. За откриване на заболяването е достатъчно да се сравнят един сърдечен цикъл на ЕКГ на болен пациент с един сърдечен цикъл без изменения;
- От ЕКГ кривата с изменения без такива се отделя един сърдечен цикъл от връх до връх (R-R сегмент);
- Извършва се нормиране на отделените части, като се въвежда коефициент, равен на максималната стойност на нивото на ЕКГ за дадения участък, така че стойностите на ЕКГ сигнала да са в диапазона [-1;1];
- Получава се импулсната предавателна функция чрез израз (4) [4,5].

МЕТОДИКА ЗА МОДЕЛИРАНЕ НА КАРДИОЛОГИЧНИ ЗАБОЛЯВАНИЯ

При тестване на модела за откриване на измененията в ЕКГ сигнала се използва кардиограмата на пациента. Работната среда за тестване на методиката е MATLAB. Извършва се дискретизация на двата ЕКГ сигнала – с и без изменения, във времето по 200 точки на един сърдечен цикъл. В резултат от цифровата обработка на входния и изходния сигнал се построява импулсната характеристика на сигнала. От направения анализ се получава характеристиката (5), в която са отделени съставките на болестта:

$$H(s) = \Delta(n) + H_{iii}(n), \quad (5)$$

където $H(s)$ е импулсната характеристика, $\Delta(s)$ е делта функция, $H_{iii}(s)$ е импулсна характеристика на заболяването без единичния импулс, определен от делта-функцията.

Импулсната характеристика на заболяването се получава по (4), а предавателната функция се определя в съответствие със следния алгоритъм [1,5]:

- Получаване на спектъра на характеристиката чрез бързото преобразуване на Фурие;
- Запис на сигнала в ред на Фурие, чрез прилагане на преобразование на Лаплас.

Предавателната функция на болестните изменения се получава от (2), като коефициентите на предавателната функция на пациента определят вида и реда на заболяването. При обработката се използва нормиране по честота.

$$W(p) = L[X(t)] = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{A_n p + B_n \omega_n}{p^2 + \omega_n^2} \quad (6)$$

Различните заболявания внасят различни изменения в ЕКГ сигналите и в следствие се определят съответни коефициенти на предавателната функция, които определят и заболяването. Предавателна функция се разлага във вид (7).

$$W(p) = \frac{Y(p)}{U(p)} = \frac{A_0 + A_1 p + A_2 p^2 + \dots + A_{10} p^{10}}{B_0 + B_1 p + B_2 p^2 + \dots + B_{11} p^{11}} \quad (7)$$

Степените на числителя и знаменателя се определят от броя на избраните честоти, отчитайки и присъствието на нулевата честота.

Разлагането на получения израз (7) на израз на елементарни дроби, се извършва чрез специализирани функции в MATLAB средата, което позволява да се анализира какви звена влизат в състава на болестните изменения.

$$W(p) = \frac{C_1}{p} - \frac{C_2 p + C_3}{p^2 + C_4} - \frac{C_5 p^3 + C_6 p^2 + C_7 p + C_8}{p^4 + C_9 p^2 + C_{10}} \quad (8)$$

Във формула (8) коефициентите от C_1 до C_{10} са резултата от обработката в MATLAB. Болестното състояние обикновено се изразява със звена от втори ред. Според специализираната литература отличителна особеност на инфаркт е наличието на интегриращо звено в предавателната функция. Различните заболявания внасят различни изменения в нормалното ЕКГ и познаването им води до бърза оценка на състоянието на пациента. Това позволява да се разработват бързи методи за анализ и оценка на състоянието на пациента, което да подпомага лекарят.

Представянето на резултата във вид на предавателната функция е предимство на предложения метод спрямо съществуващите такива за анализ на ЕКГ сигнали.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложена е методика за моделиране на кардиологични сигнали и отделяне на заболяванията от тях. Анализирани са особеностите при изграждане на електронни системи за оценка на ЕКГ сигнала по предавателна характеристика.

Предложен е алгоритъм за обработката на ЕКГ сигнал и извличане на заболяването от него, както и отражението му върху вида на предавателната характеристика.

Методиката позволява детайлно следене на настъпващите промени в тялото на пациента и съставяне на бърза оценка за състоянието му.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Айфичер Э. С., Джервис Б. У. Цифровая обработка сигналов: практической подход, 2-е изд.: Пер. с англ. — М.: Вильямс, 2004. — 992 с.

[2] Манукова А. Медицинска електроника, Издателски център на РУ „А. Кънчев“, Русе, 2011, 285 стр.

[3] Олейник В.П., С.Н. Кулиш. Аппаратные методы исследований в биологии и медицине, Нац. аэрокосм. ун-т “Харьк. авиац. ин-т”, Харьков, 2004

[4] Рычкова А. Ю., Цибульский В. Р., Сергейчик О. И., Копылова Л. Н. Спектральный анализ нормальной ЭКГ // Вестн. аритмологии. 2004.№ 35. с. 52.

[5] Цибульский В. Р., Сергейчик О. И., Абрамов М. В. Методы получения передаточной функции на основе частотных характеристик ЭКГ // Вестн. кибернетики. 2008.№ 7. с. 79.

[6] Dobrev D. Two-electrode low supply voltage electrocardiogram signal amplifier. Medical & Biological Engineering & Computing, 42(2): 272–6, 2004.

[7] Dobrev D. P., T. Neycheva, and N. Mudrov, “Bootstrapped two-electrode biosignal amplifier”, Med. Biol. Eng. Comput., 2008, 46(6), 613–619.

[8] Enrique Company-Bosch, Eckart Hartmann, „ECG Front-End Design is Simplified with Micro Converter”, Analog Dialogue Volume 37, Number 11, 2003.

[9] Prutchi D., Norris M. “Design and Development of Medical Electronic Instrumentation: A Practical Perspective of the Design, Construction and Test of Medical Devices”, Wiley-Interscience 2004.

За контакти:

Доц. д-р инж. Анелия Манукова, катедра “Електроника”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082/ 888 366, e-mail: amanukova@uni-ruse.bg

Маг. инж. Мая Грозева, катедра “Електроника”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082/ 888 682, e-mail: maia.grozeva.bg@gmail.com

Маг. инж. Мария Топалова, катедра “Електроника”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082/ 888 682, e-mail: meri_top@mail.ru

Докладът е рецензиран.