

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИ АСПЕКТИ НА ВТОРАТА ПРОИЗВОДНА НА КАРОТИССФИГМОГРАМАТА И СПОСОБ ЗА НЕЙНОТО ПОЛУЧАВАНЕ

Тянев Д. С., Георгиева Ж. Т.

Изяснява се същността на производните върху известен в медицинската диагностика сигнал. Каротиссфигмограмата изразява налягането на кръвния поток в артерия Carotis. Според авторите производните на този сигнал съдържат съществено изразена диагностична стойност. Предлага се електронна схема за симултантно получаване на производните, върху които са дефинирани нови диагностични признаци.

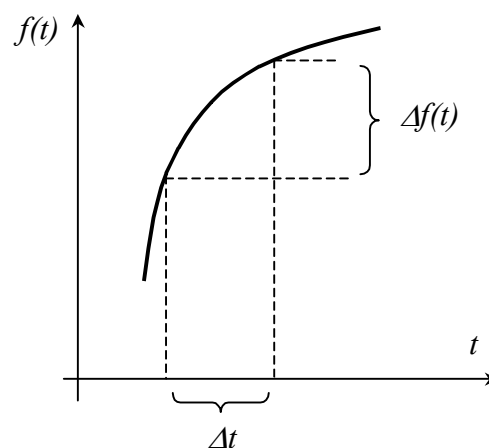
Увод

Понятието производна е категория на математиката и се прилага в почти всички клонове на науката. Използува се за описание на на скоростта, с която се изменя стойността на дадена математическа функция в течение на независимия ѝ аргумент.

Ще разгледаме функцията $f = f(t)$, където t е независимият аргумент, изменящ се в интервала $[0, \infty]$. Дефинирането на скоростта (първата производна) на изменението на функцията f за всяка стойност на аргумента t , става чрез уравнението

$$\dot{f}(t) = \frac{df(t)}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{f(t + \Delta t) - f(t)}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta f(t)}{\Delta t}, \quad (1)$$

т.е. чрез определяне на границата на отношението за нарастването на функцията към нарастването на аргумента, когато последното се стреми към нула. Графичната интерпретация на казаното е представена на фигура 1. Операцията за намиране на първата производна $\dot{f}(t)$ на функцията $f(t)$ се нарича диференциране. Разбира се, трябва да отбележим, че понятието производна тук не е строго изложено.



Фиг. 1

Ако приложим операцията диференциране повторно, спрямо така получената функция $\dot{f}(t)$, ще получим нейната производна

$$\left(\dot{f}(t)\right)' = \frac{d\dot{f}(t)}{dt} = \frac{d^2 f(t)}{dt^2} = \ddot{f}(t), \quad (2)$$

която представлява втората производна на изходната функция f .

Ако на първата производна на дадена функция съответствува механичният смисъл скорост, то на втората производна съответствува механичният смисъл ускорение, т.е. $\ddot{f}(t)$ показва ускорението, с което се изменя функцията $f(t)$, за всяка стойност на аргумента t .

Използването на операция диференциране при обработката на сигнали от биологичен произход се обосновава чрез факта, че тази операция дава нови сигнали, с помощта на които динамиката на процесите в кръвния поток може да бъде изучавана по-пълно. Това от своя страна води до по-задълбочено изясняване на причинно-следствените връзки между характеристиките на състоянието на човека.

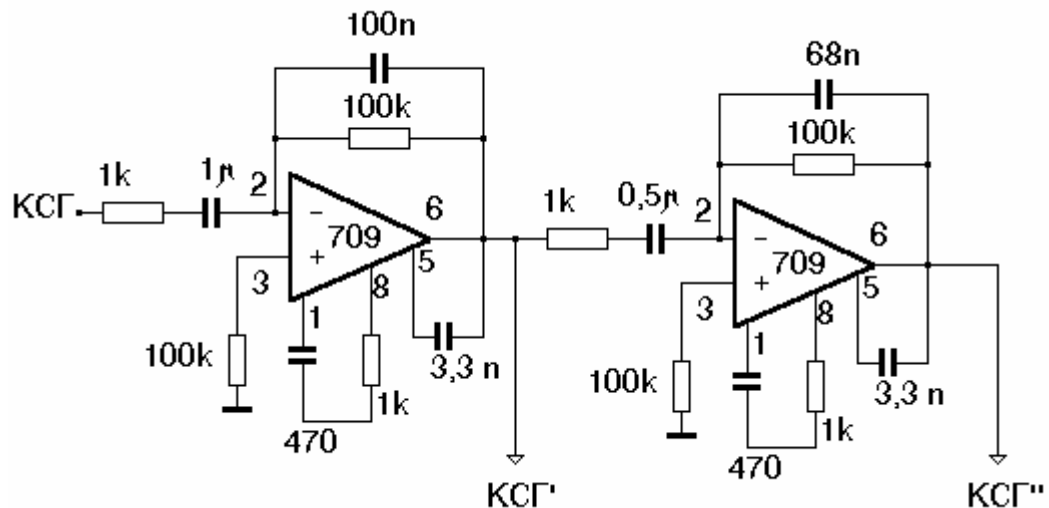
Методика на приложението

В нашия случай, изходната функция, която е подложена на изследване, е представена чрез кривата на сигнала, описваща налягането на кръвния поток в артерия *Carotis* в течение на времето t . Записваната кривата се нарича каротис-сфигмограма и като функция тук ще бъде изразявана така: $KCG(t)$. Първата производна на тази функция показва скоростта, с която се изменя това налягане в течение на времето, а втората производна - ускорението с което се изменя скоростта.

Отвеждането на основния сигнал $KCG(t)$ от пациента става чрез оригинален пиезокристален датчик (трансдюсер) на фирмата RFT. От този сигнал, посредством допълнително осъществено в апаратурата аналогово диференциране, се получават сигналите на първата $KCG'(t)$ и на втората $KCG''(t)$ производни. Тези три сигнала се записват паралелно във времето на три различни канала, върху шест канален електрокардиограф 6NEK-3.

Получаването на втората производна на каротиссфигмограмата става чрез два електронни аналогови диференциатора, които реализират операция диференциране с висока точност върху функцията на електрическото напрежение, подадено на входа им, в честотния диапазон от 0,1 до 30 [Hz], който представлява реалния диапазон на сигнала $KCG(t)$ [1].

Принципната електрическа схема, която е реализирана за получаване на производните на сигнала $KCG(t)$, е показана на фигура 2.



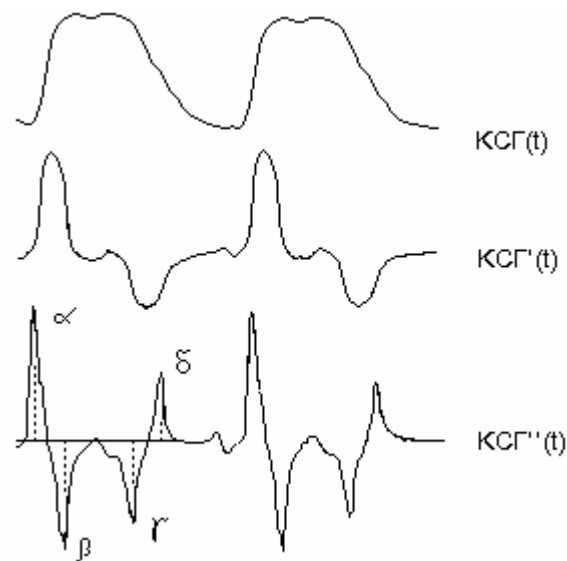
Фиг. 2

Първият диференциатор работи с времеконстанта $\tau_1 = 0,1$ [s], а вторият с времеконстанта $\tau_2 = 0,05$ [s]. Електронната схема е монтирана в електро-кардиографа и се захранва от автономен блок, монтиран също в електро-кардиографа. Сигналите на производните $KCG'(t)$ и $KCG''(t)$ са отведени навън и чрез оригинални туфел-букси могат да се включват по желание към всеки един от каналите на електрокардиографа.

Определяне на нови параметри

Морфологията на втората производна на нормална каротиссфигмограма е представена на фигура 3. Тя се характеризира с четири систолни вълни. Две от тях са протосистолни -

позитивна α и негативна β и две телесистолни вълни, от които първата γ е негативна, а втората δ - позитивна.



Фиг. 3

Морфологичната характеристика на втората производна d^2c/dt^2 се определя от съпоставянето на амплитудите на вълните ѝ. Като характеристични параметри на втората производна се дефинират следните четири отношения:

$$F_1 = \frac{\alpha}{\beta} ; \quad F_2 = \frac{\beta}{\gamma} ; \quad F_3 = \frac{\alpha}{\delta} ; \quad F_4 = \frac{\delta}{\gamma} , \quad (3)$$

където $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ са амплитудните стойности на едноименните систолни вълни. Тези вълни са строго индивидуални и се променят с промяната на сърдечната честота.

Резултати

С цел да бъдат изучени диагностичните възможности на така определените параметри организирахме и извършихме 46 експериментални записа на сърдечно здрави и 16 записа на болни от различни сърдечносъдови заболявания. Нашите изследвания показаха, че дефинираните отношения (3) могат да бъдат приети за постоянни в смисъл на определена степен на точност, при еднакъв статус на пациентите. Този факт ни дава основание да считаме, че така предложените отношения (3) могат да бъдат приети като нови диагностични параметри, чието поведение и качество ще бъдат обект на следващи експериментални и статистически изследвания.

Литература:

- [1]. Томов И.И., Томов Л.П., Клинична електрография и векторкардиография, София, Изд. "Медицина и физкултура", 1977.
- [2]. Шило В.Л., Линейные интегральные схемы в радиоэлектронной аппаратуре, Под ред. Гальперина Е.И., Москва, Изд. "Сов. радио", 1974.
- [3]. Рутковски Дж., Интегральные операционные усилители, Под ред. Гальперина Е.И., Москва, Изд. "Мир", 1978.
- [4]. Nonlinear circuits handbook, Edited by Daniel H. Sheingold, Analog Devices, Norwood, 1977.