

ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ЗА МОНИТОРИНГ НА ЕЛЕКТРОМИОГРАФСКИ СИГНАЛИ

Анелия Манукова

Electronic system for electromyographic signals monitoring: A block structure for the electronic electromyographic signals monitoring system is developed. The possibilities of the hardware implementation are discussed. The advantages and disadvantages of the considered approaches are examined. The necessity of future research is considered.

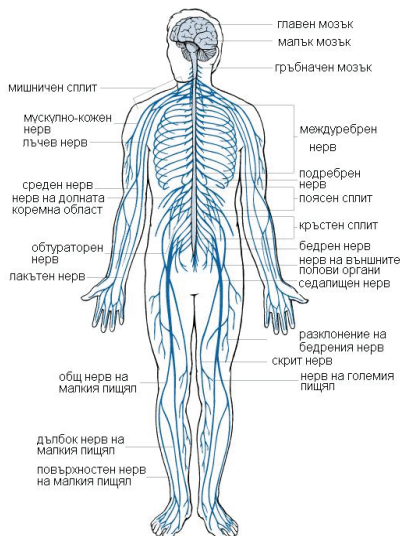
Key words: electromyographic signal, monitoring, electronic system.

ВЪВЕДЕНИЕ

Електромиографията (ЕМГ) е метод за изследване на нервно-мускулната система чрез отвеждане, регистриране и анализ на мускулните бионапрежения при волево съкращение, при електростимулация (евокирани ЕМГ- потенциали) или при рефлексно активиране. С развитието на електрониката и въвеждането на нови технически методи и компютърна техника, стават възможни качествено и точно отвеждане на мускулната активност на двигателната единица, автоматизиран анализ на нейните параметри, както и оценка на промените, настъпили вследствие на променено физиологично състояние [1]. Разработването на прецизни ЕМГ апарати за следене и регистриране на ЕМГ сигнали за мониторинг и медицинско изследване е една от основните задачи на медицинската електроника, която непрекъснато се развива и усъвършенства.

Целта на статията е да се представи метод и електронна система за мониторинг на електромиографски сигнали за продължително медицинско изследване и подобряване на възможността за по-благоприятен резултат от медицинската интервенция.

МЕДИЦИНСКА ОСНОВА НА НЕРВНО-МУСКУЛНИТЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ



Фиг. 1. Структура на нервната система

Нервната система е най-сложната и най-обширната система в човешкото тяло, която ръководи, координира и интегрира функциите на всички останали органи и системи. Състои се от *периферна нервна система*, която представлява мрежа от нерви, и *централна нервна система*.

Основната структурна и функционална единица на нервната система е нервната клетка - *невронът*. Една съществена част от структурата на неврона е миелинова обвивка, разположена около аксоните на невроните, която увеличава скоростта на провеждането на нервния сигнал. Разглеждането на взаимодействието между мускулите и нервната система служи като основа за описание на по-важните информационни процеси в нея.

Основно функционално звено на системата е двигателната единица. Тя обхваща един мотоневрон, чието тяло е в гръбначния мозък, неговия аксон и разклоненията му, всяко от което инервира по едно мускулно влакно. Синаптичната връзка между нервното и мускулното влакно е моторната плочица, която има съгласуваща роля. В нея постъпват сравнително маломощни сигнали от нервното влакно, а с помощта на междинното вещество ацетилхолин се осъществява деполяризирането на около 1000 пъти по-голяма площ в мускулното влакно.

Един мускул може да има много двигателни единици, като съответните им мускулни влакна са преплетени, т.е. влакната на различните единици не са обособени в отделни снопчета [1,3,5]. Броят на влакната в една двигателна единица варира от няколко до няколко хиляди, а силата ѝ се движи в границите ($10^{-3} \dots 2,5$)N. При регулиране на движенията в мозъка се обработва голям обем информация от различните входни преобразователи, напр. за положението и скоростта на придвижвания крайник, за напрежението в различни мускулни групи, и се подават управляващи сигнали към двигателните единици. При това времето за реакция на цялата система е от няколко десетки до няколкостотин милисекунди.

СТРУКТУРА НА ЕЛЕКТРОННАТА СИСТЕМА

Исходни параметри на ЕМГ сигналите

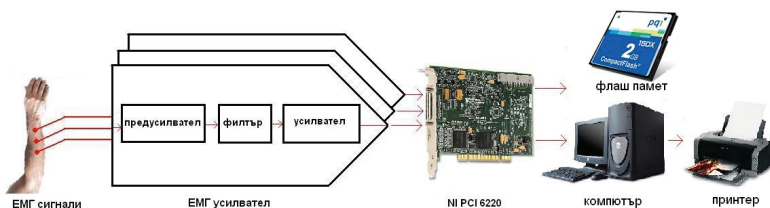
Необходимо е електромиографският усилвател да отговаря на специфични изисквания, от които основни са по-високо входно съпротивление, респ. по-нисък входен капацитет, по-висока горна гранична честота до 10kHz, но и по-висока долна гранична честота, която обикновено се превключва на 2Hz или 20Hz. На практика се работи с честотна лента от 20Hz до (3...4)kHz при наклон на честотната характеристика 6dB/oct или 12dB/oct [1,2,4]. Шумовото напрежение, приведено към входа е необходимо да бъде под $10\mu V$, а коефициентът на режекция за синфазни сигнали по-голям от 100dB.

Блокова схема на ЕМГ системата

Големият динамичен диапазон на входните сигнали от $10\mu V$ до 50mV налага регулирането на чувствителността и ширината на честотната лента да се изнесе към предните стъпала на усилвателя. Използват се два типа усилватели - диференциални предусилватели и основни усилватели (фиг.2 и фиг.3). Предусилвателите се намират в непосредствена близост до отвеждащите електроди, т.е. до пациента, като осигуряват усилване от около 500 пъти на отведения сигнал. Основните усилватели усилват напреженията след предусилвателите от 2 до 2000 пъти.

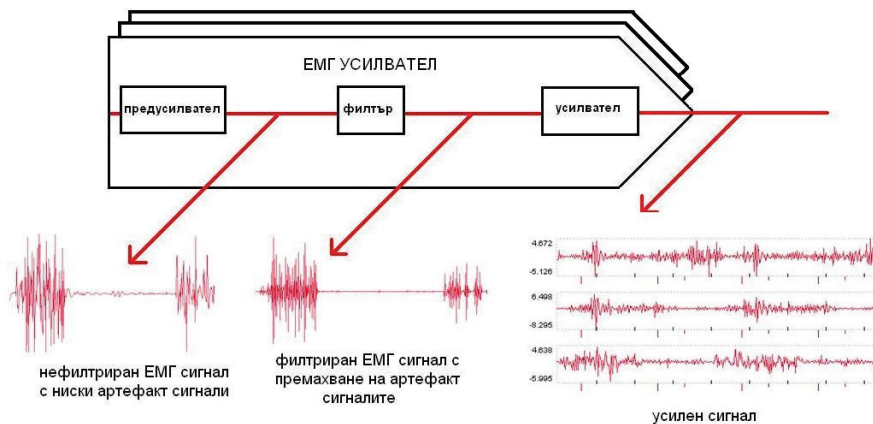
Усилвателите и електродите имат определено съпротивление, от което зависят загубите на полезния сигнал. Много важен фактор за качествено отвеждане на сигнала е входният импеданс на усилвателите и предусилвателите, който е над $10M\Omega$ [1,5]. Често срещан проблем е поляризацията на електродите. Входният ток на несиметрия на усилвателя може да поляризира електрода, ако има контакт със замърсена кожа. Затова обикновено се използват операционни усилватели с JFET входове.

Усиленият сигнал се филтрира за отстраняване на паразитните компоненти чрез високочестотни и нискочестотни RC филтри в обхвата 0,01Hz...20kHz. Основната роля на филтрите е да намалят шума или интерференцията на сигнала. Обработеното аналогово напрежение (фиг.4) се възпроизвежда от високоговорител за слухова обратна връзка и се подава на входа на специализиран микроконтролер, анализира се програмно в персоналния компютър и се визуализира на монитор.



Фиг.2. Блокова схема на електронна система за мониторинг на електромиографски сигнали

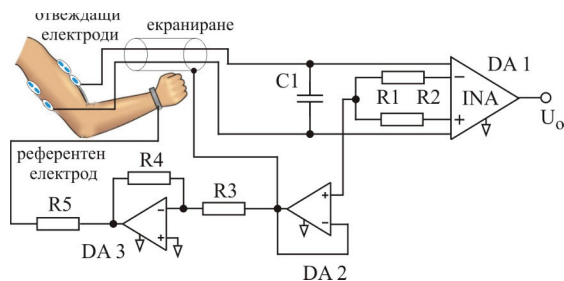
Използваните инструментални усилватели на фирмата Burr-Brown са изключително подходящи за медицински измервания поради високата точност, широка честотна лента при осигурено голямо усилване. Диференциалният усилвателят INA2128 и операционният усилвател ОРА2604 са избрани за конкретната схема, поради техните отличаваци ги показатели – ниска консумация на енергия и висок коефициент на потискане на симфазните сигнали (над 120dB). Описаното осигурява възможност за изграждане на електронния модул като преносимо устройство.



Фиг.3. Реални сигнали при работата на ЕМГ усилвателя

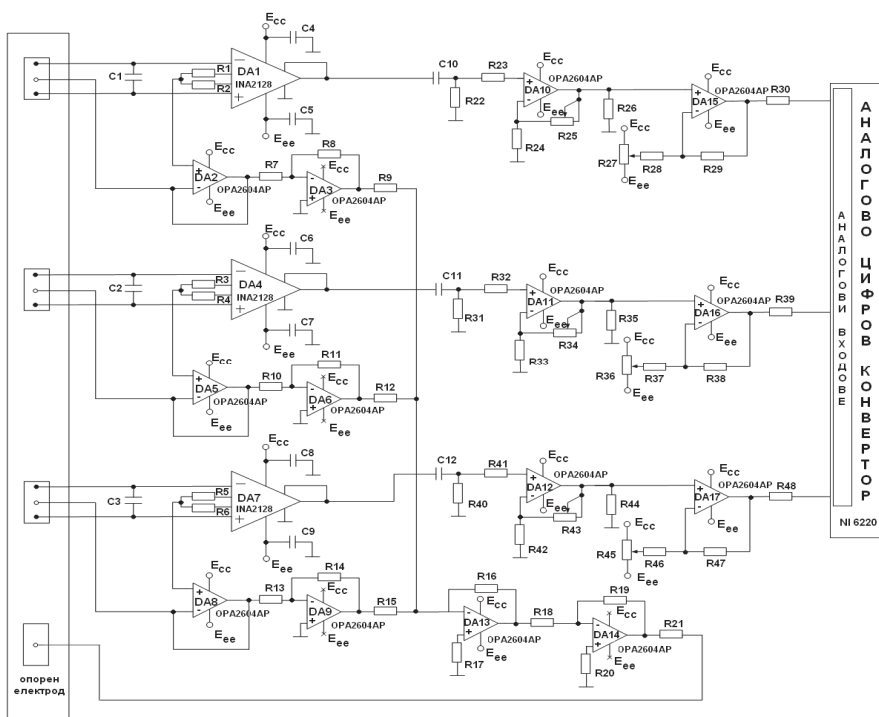
Задължителен етап при изграждането на медицински диагностични апаратури е защитата на пациента. В електронната система (фиг.5) се използва опорен потенциал като алтернативна защита на пациента.

Моделът за изграждане на алтернатива на защита на пациента в ЕМГ системата е представен на фиг.4 чрез DA2 и DA3. В тази веригата, електродът, свързан с китката на пациента се управлява от изходния сигнал на спомагателния операционен усилвател DA3, когато нулевият потенциал е установен и усилен. Отрицателната обратна връзка в усилвателя DA3 осигурява усилване 39 пъти и задава ниско ниво на нулевия потенциал. Тялото на пациента разпределя изходните токове от операционния усилвател, като намалява пиковите амплитуди на ЕМГ усилвателя и ефективно заземява пациента. С помощта на R5 (фиг.4) и R9, R12 и R15 (фиг.5) се ограничават токовете към пациента като допълнителна защита.



Фиг.4. Електронна част за изграждане на опорния сигнал

Реализираният ЕМГ усилвател има 3 канала, 3 предусилвателя и 3 звена за опорни сигнали (фиг.5). Опорните сигнали се обединяват в един чрез инвертиращ суматор DA13 с коефициент на усилване 1/3 (определя се от броя на каналите), като осреднения единичен опорен сигнал се подава към пациента през опорния електрод към неговата китка (или глезен).



Фиг.5. Електронна система на усилвател с осигуряване на опорен сигнал за мониторинг на ЕМГ сигнали

Усилвателят с корекция на усилването е второто ниво на ЕМГ усилвателя. Той предоставя възможността да се коригират изходните сигнали при определени обстоятелства, обикновено амплитудата на усилвания сигнал от предусилвателя не е достатъчно висока за преобразуване. Всеки канал има свое усилване и своя

собствена корекция (канал 1 - DA11, DA15), като така усилването на сигнала за даден канал, не влияе на другите канали.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработена е електронна система за мониторинг на електромиографски сигнали, която следи и усилва тези сигнали при покой и съкращаване на съответния мускул от човешкото тяло от три източника на електромиографски потенциали.

Предложената електронна система може да работи като преносима и като стационарна. Преносимият ѝ еквивалент се използва за продължителни изследвания на определени мускулни групи и за тази цел е предвидена външна памет за непрекъснат запис. Стационарният ѝ вариант е за кратковременни изследвания чрез визуализация на сигналите на монитор и слухово възприятие чрез високоговорител.

Електронна система може да намери приложение в роботиката при изработването на изкуствени крайници, където всеки сегмент се управлява от предходна здрава мускулна група.

ЛИТЕРАТУРА

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

[2] Christova L, Stephanova D, Kossev A (2007) Branched EMG electrodes for stable and selective recording of single motor unit potentials in humans. Biomed. Tech.52:117-121.

[3] Ishpekova BA, Christova LG, Alexandrov AS, Thomas PK (2005) The electrophysiological profile of hereditary motor and sensory neuropathy – Lom. J. Neurology Neurosurgery and Psychiatry 76:875-878.

[4] Malmivuo J., R.Plonsey. Bioelectromagnetism. Principles and Applications of Bioelectric and Biomagnetic Field. New York, Oxford, 1995.

[5] Vasileva D., I.Iliev, E.Dimitrov, Muscle effort degree measurement, ELECTRONICS' 2007, Sozopol, Bulgaria, pp. 15-18.

За контакти:

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

Докладът е рецензиран.