

Микропроцесорно управление на електромеханична система за прецизно прилагане на сила на натиск

Ивайло Иванов, Анелия Манукова, Иван Стоянов

Microprocessor control of electromechanical systems for precise application of force:
structural design, electronic circuit, mechanic plan and algorithm of a microprocessor system for precise application of force to 10N to the patient to increase the efficiency of detection and analysis of after dead spots

Key words: *accuracy, efficiency, microprocessor system, application of force, after dead spots*

ВЪВЕДЕНИЕ

В съдебната медицина непрекъснато се развиват нови методи за анализиране на състоянието на обектите с цел подобряване на качеството на извършваните манипулации и операции, и точността на получените заключения. Използваните методи и критерии за оценка на постморталните изменения на изследваните обекти са известни в табличен вид и номограми от литературата, но не съществува единна обективна качествена техническа оценка за охарактеризиране на изследвания обект и прилагане към експертизата.

Получаването на качествени резултати по определяне на часовия диапазон на настъпване на смъртта изисква да се изпълняват прецизно операциите от медицинския процес на оглеждане на обекта, използвайки съвременни технически средства. Определянето на състоянието на ранните трупни изменения чрез послесмъртните петна е един от основните показатели за оценка на състоянието на обекта. Според съществуващата методика в литературата е необходимо да се прилага натиск към обекта с еднаква сила, след което да се проследява и оценява промяната на оцветяването на кожата в изследвания участък [2]. Това обосновава и необходимостта от разработването на прецизна електронна система за прилагане на сила на натиск.

Целта на настоящата статия е да се представи структурна схема на микропроцесорно управление на електромеханична система за прецизно прилагане на сила на натиск до 100N на единица площ към повърхността на тялото в изследвания участък за повишаване на ефективността на разпознаване и анализиране на послесмъртните петна, необходими при изготвянето на обективно доказателство-приложение към медицинските експертизи в съдебната медицина.

СТРУКТУРНА СХЕМА НА МИКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ

Анализирайки съществуващите методи за оценка на времето, в което е настъпила смъртта, се наблюдават няколко проблема: 1) получените резултати се изменят в по-широки граници и зависят от субективен фактор; 2) системите за контрол се използват в повечето случаи за статистическа обработка.

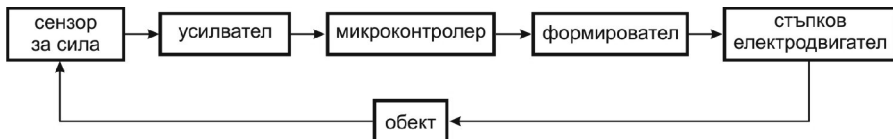
При снемане и обработване на получените резултати се използват не технически оборудвани методи, както и се наблюдават затруднения при качествено състоянието на обекта и прогнозиране на давността на събитието.

Разработването на прецизната система за прилагане на сила на натиск ще постави изследванията на по-високо ниво. Прилагането на еднаква сила, осигурена от електромеханична система, поставя всяко изследване при равни и еднакви условия. Оценяването на промяната на оцветяването на кожата се извършва чрез специализиран микроконтролер, който анализира по време на изследването

състоянието на кожата [3,4,5].

Блоквата схема на микропроцесорна система за прецизно прилагане на сила на натиск е показана на фиг.1.

Сензорът за сила е от тензометричен тип. При тези сензори изходният сигнал е електрическо напрежение със сравнително малка амплитуда, което определя и необходимостта от включване на усилвател след него [1]. Микроконтролерът обработва получения на аналоговия вход сигнал и го дискретизира посредством вградения АЦП. На изхода на микроконтролера се изработват четири сигнала за управление на четирифазния стъпков електродвигател [6]. Включеният формирова тел усилва сигналите за управление на стъпковия електродвигател, които създават постъпателната сила посредством редукторен механизъм.



фиг.1. Блоквата схема на електронна система за прецизно прилагане на сила на натиск

Принцип на работа на системата

В началният момент на подаване на захранващото напрежение, системата се привежда в работна готовност, което се характеризира с калибриране и позициониране на работния орган в нулева позиция.

След като се зададе силата на натиск за въздействие върху обекта, микроконтролерът започва да изработва поредица от сигнали, с които се развърта стъпковия електродвигател в постъпателна посока. Въртенето на електродвигателя предизвиква придвижване на работния орган в посока, перпендикулярна на обекта. Сензорът за сила е монтиран върху конструкцията на работния орган. Когато възникне сила на противодействие, тя се отчита и измерва от сензора за сила. Тъй като полученото напрежение от сензора е с ниска амплитуда, е необходимо да се усили от прецизен усилвател. Усиленото напрежение, съдържащо степента на приложената сила се подава към микроконтролера, се преобразува в цифров код, посредством вътрешен аналогово цифров преобразувател. В микроконтролера се сравняват измерената и зададената сила. Той изработва сигнали за въртене на стъпковия електродвигател, докато зададената и измерената сила не се изравнят или работният орган достигне крайно положение без да е приложил зададената сила. Достигането до крайно положение се изчислява на базата на броя подадени към електродвигателя стъпки, считани от нулевата позиция:

$$N = \frac{2\pi r_w \cdot n_o \cdot k_R}{l_B} \quad (1)$$

където:

N е общия брой стъпки от нулево до крайно положение;

n_o е броя стъпки, необходими за един пълен оборот на електродвигателя;

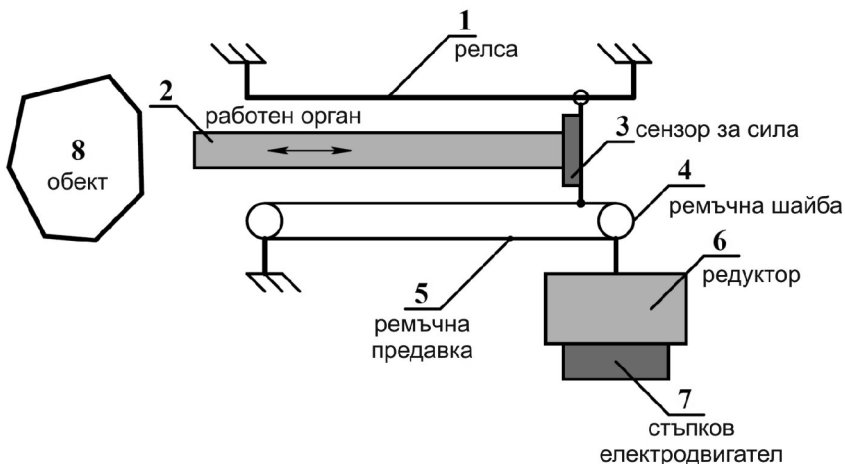
k_R е предавателното съотношение на редуктора;

r_w е радиуса на ремъчната шайба, предаващата движението;

l_B е дължината на работният орган.

Механичната част на представената система е дадена на фиг.2. При нея ъгловото преместване се преобразува в праволинейно посредством ремъчната предавка (5). Ъгловото преместване се създава от четирифазния стъпков

електродвигател (7) и редуктор (6). То се предава на ремъка посредством ремъчната шайба (4). Между ремък (5) и релса (1) е закрепен работният орган (2). Релсата (1) е поставена, за да предпазва работния орган от усукване. В основата на работния орган се намира сензорът за сила (3), чрез който се измерва силата на противодействие, тоест приложената сила.



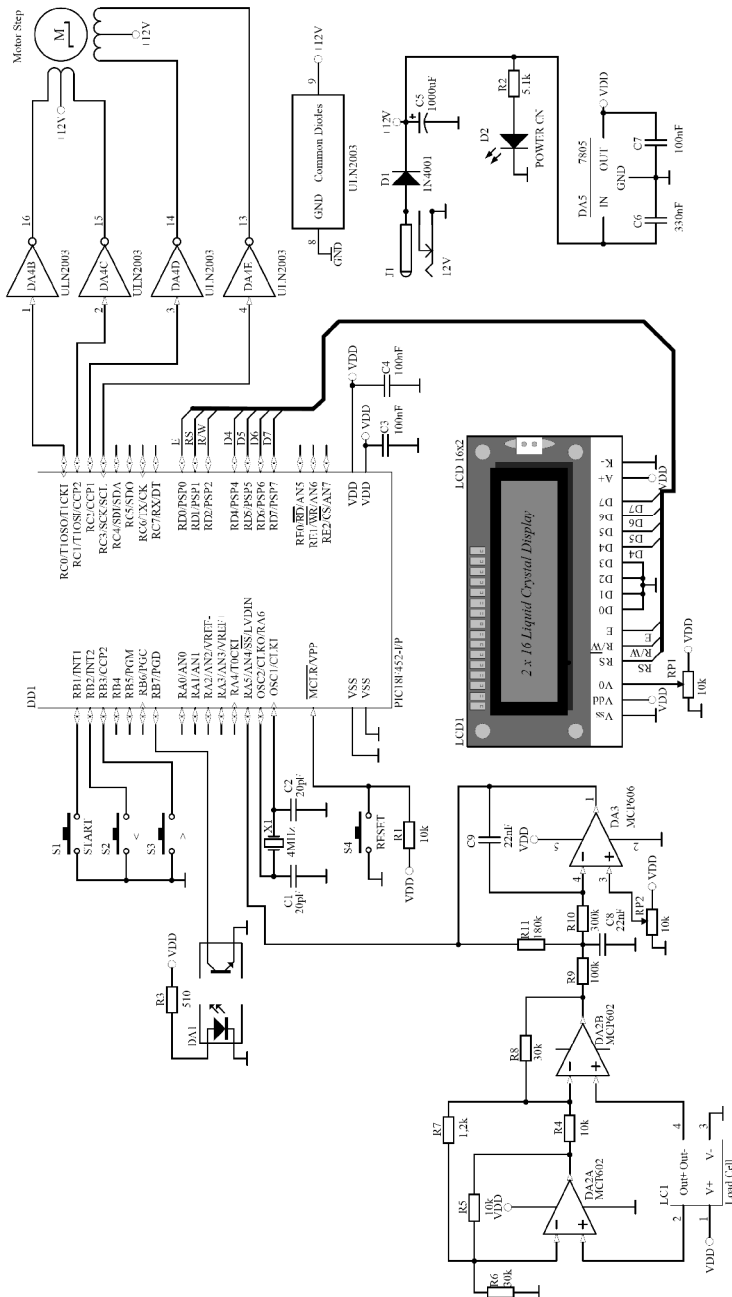
фиг.2. Механична схема на електронна система за прецизно прилагане на сила на натиск

Принципната електрическа схема на микропроцесорното управление на електромеханична система за прецизно прилагане на сила на натиск е представена на фиг.3.

В системата са предвидени три бутона за контрол. Чрез бутона S1 се стартира прилагането на силата на натиск към обекта. С бутони S2 и S3 се избира големината на силата, която ще се прилага. По време на работа на електромеханичната система тези бутони не са активни.

С цел точното позициониране на системата в нулево положение на работния орган е включен оптрон DA1 с въздушна междина. При запълване на въздушната междина от монтирана на работния орган непрозрачна пластина, се прекъсва оптронната връзка и по този начин се индицира на микроконтролера, че е в нулево положение. На дисплея LCD1 се визуализира зададената сила и по време на работа се изписват моментната ѝ стойност и разстоянието на работния орган от нулевото положение.

Управлението на стъпковия двигател се осъществява чрез интегрална схема DA4, която формира работните импулси. Тя се състои от седем групи дарлингтон транзистори с вграден обратен диод за работа с индуктивни товари. Всяка група издържа на натоварване до 500 mA, което е напълно достатъчно за управление на стъпковия електродвигател. Изходите на сензора за сила LC1 са свързани към диференциалния вход на инструментален усилвател, образуван от DA2A, DA2B, R4, R5, R6, R7 и R8. Той се характеризира с високо входно съпротивление и ниско захранващо напрежение от 5V.



фиг.3. Принципна електрическа схема на системата за прецизно прилагане на сила на натиск

Исходното напрежение на прецизния усилвател се изчислява чрез:

$$U_{OUT} = \left(1 + \frac{R_6}{R_5} + \frac{2 \cdot R_6}{R_7} \right) (U_{IN+} - U_{IN-}) \quad (2)$$

където:

U_{OUT} е изходно напрежение на инструменталния усилвател;

U_{IN+} е напрежението на неинвертиращия вход на инструменталния усилвател;

U_{IN-} е напрежението на инвертиращия вход на инструменталния усилвател;

Зависимост (2) е изпълнена само при спазване на условията $R_6=R_8$ и $R_4=R_5$.

Усилвателят DA3 и пасивните елементи R9, R10, R11, C8, C9 и R_{P2} образуват нискочестотен филтър на Бътървърт от втори ред. Той служи за премахване на високочестотните смущения получени от вибрациите на сензора за сила. Граничната му честота е 60Hz. Потенциометърът R_{P2} е поставен за изравняване на напреженията на несиметрия на двата входа на усилвателя с цел постигане на нулево напрежение на несиметрия в изхода по постоянен ток.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложеното микропроцесорно управление на електромеханична система за прилагане на сила на натиск е базирано на съвременни схемни решения, допринасящи за високата точност на системата. Това е постигнато чрез прецизността на механичната част и бързодействието и чувствителността на електронна част.

Предложената електромеханична система има следните предимства: 1) отстранява механичните грешки, предизвикани от субективния фактор при ръчното прилагане на сила на натиск; 2) осигурява висока точност на силовия натиск за точно определено време, надеждност и прецизност при работа.

Микропроцесорното управление на електромеханичната системата повишава ефективността при разпознаване и анализиране на послесмъртните петна, което е необходимо при изготвянето на обективни доказателства-приложения към медицинските експертизи в съдебната медицина.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Даскалов И., Стамболиев И., „Електромедицинска диагностична техника“, София, Техника, 1978.
- [2] Раданов С. „Съдебна медицина и медицинска деонтология“, Сиела, София, 2006, 621 стр.
- [3] Acarnley P. P., Stepping Motors: A Guide to Modern Theory and Practice, 4th ed, IEE Control Engineering Series 63, The Institution of Electrical Engineers, London, 1984.
- [4] Baker, C. Bonnie, Interfacing Pressure Sensors to Microchip's Analog Peripherals, AN695, Microchip Technology Inc, 2000.
- [5] Kenjo T. and A. Sugawara, Stepping Motors and Their Microprocessor Controls, 2^{ed} ed, Oxford University Press, England, 1994.
- [6] Krause P. and O. Wasynczuk, Electromechanical Motion Devices, McGraw-Hill Pub., New York, 1989.

За контакти:

маг. инж. Ивайло Иванов, редовен докторант, катедра “Електроника”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: (082) 888 682, e-mail: iivanov@ecs.uni-ruse.bg.

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

д-р Иван Стоянов, отделение „Съдебна медицина“, МБАЛ-Русе АД, тел.: (082) 834 361, mentat@abv.bg.

Докладът е рецензиран.