

## ЛОКАЛИЗИРАНЕ НА ЛОШ КОНТАКТ В СИСТЕМА ЗА МНОГОКАНАЛНА ЕЛЕКТРОСТИМУЛАЦИЯ

Иво Цветанов Илиев  
Технически Университет – София

**Iliev I. Faulty contact localization in a system for multichannel electrical stimulation.** *In recent medical practice the multichannel electrostimulation is preferred because it gives the possibility for big muscle and muscle group stimulate. The duration of the procedure more often is longer then 30 minutes. During this time there is real possibility for faulty contact in any channel due to patient movement or drying of the electrodes. The bad contact reduces the efficiency of the procedure and some times can lead to pain feeling. The solution presented here gives possibility for immediately bad contact identification, stop the influence in this channel and start alarm.*

Въздействието с електрически ток върху жива тъкан е широко приложима лечебна процедура при различни заболявания [1], [2]. В преобладаващата си част апаратите, реализиращи такова въздействие са предназначени за стимулация на мускули и на мускулни групи и формират класа на физиотерапевтичните електростимулатори. Повишаването на ефикасността от тяхното приложение е свързано с използване на широка гама от токови форми с регулируеми параметри, възможност за промяна на поляритета, възможност за синтезиране на набор от въздействия с различна продължителност и градация от най-слабо към най-силно дразнене [3], [4] и т.н. Същевременно формирането на последователност от въздействия води до увеличаване на продължителността на лечебната процедура, която от 10 мин. при нормално въздействие става 30-40 мин. при цялостна процедура. При такава продължителност възможността за движения на пациента, макар и ограничени, е напълно реална, още повече ако става дума за процедура при деца. Това от своя страна води до по-голяма вероятност за влошаване на контакта между електродите и тялото, а понякога същият резултат се получава и при изсъхване на електродите при по-дългата процедура.

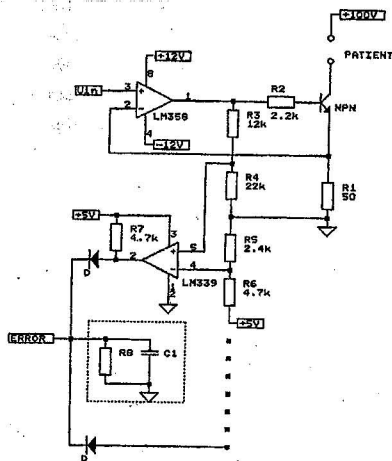
Преобладаващата част от съвременните физиотерапевтични електростимулатори, осъществяващи въздействие по един или два канала (*MedicorStim*, *Diadyn-2*, *Бипулсатор*, *Микротонус* и др.) разпознават наличието на лош контакт и реагират с прекратяване на въздействието и включване на звукова аларма. Възстановяването на

процедурата изисква нормализиране на контакта между електродите и кожата и ново инициализиране на параметрите на въздействие.

Проблем възниква при многоканалните (най-често 8 канала – 16 електрода) електростимулатори, при които точното локализиране на лошия контакт е наложително от една страна за прекратяване на въздействието само в конкретния канал и избягване на дискомфорта на пациента и от друга за облекчаване на медицинския персонал при изпълнение на процедурата за възстановяване на контакта и реинициализиране на параметрите на въздействието. Предложените решения в настоящата работа са насочени към решаването на този проблем.

### Схемно решение

Разпознаването на лош контакт между електродите и тялото на пациента се извършва с помощта на следяща схема реализирана с компаратор LM339 и включена във веригата на крайното стъпало на електростимулатора (фиг.1).



Фиг. 1

Самото крайно стъпало е реализирано по схема на генератор на ток управляван с напрежение. Неинвертиращият вход на компаратора е включен посредством резистивен делител (R3, R4) към изхода на операционния усилвател, а на инвертиращия му вход е подадено опорно напрежение от втори резистивен делител (R5, R6). При така

подбраните стойности на елементите и при максимално входно напрежение  $U_{in}=2.5V$  токът през пациента не надвишава  $50mA$ , а напрежението на инвертиращия вход на компаратора е по-ниско от това на неинвертиращия и на изхода му има  $0V$  – лог.0. При разкъсване на пациентната верига режимът на работа на операционния усилвател се променя и той сработва като компаратор, при което на изхода му излиза приблизително положителното захранващо напрежение. В резултат компараторът (LM339) превключва изхода си в  $5V$  – лог.1, което състояние се регистрира от управляващата схема (микроконтролер) и се разпознава възникване на събитие “лош контакт”.

При многоканална система за стимулация, включваща съответния брой крайни стъпала с помощта на схема диодно “ИЛИ” се разпознава наличие на лош контакт (сигнал ERROR на фиг.1), независимо от мястото на възникване.

### Алгоритъм за локализиране на лош контакт

Алгоритъмът за локализиране на лош контакт е представен с помощта на псевдокод. Представеният програмен сегмент е част от цялата програма и се изпълнява приблизително всяка секунда.

```

FOR (I=1,I<9,I++) {
  CH(I)=0;
  IF (ERROR==0) GOTO END_CHECK;
  OLD_CH(I)=0;
}
END_CHECK: PRINT "CHECK CHANNEL (I)";
ALARM(ON);
FOR (I=0,I<9,I++) {
  CH(I)=OLD_CH(I);
}

```

където:  $CH(I)$  и  $OLD\_CH(I)$  са масиви от стойности, съответстващи на установената големина на тока в отделните канали.

По този начин се локализира каналът с лош контакт, като се извежда неговия номер и се включва алармен сигнал. Времето за анализиране на един канал е под  $100$  микросекунди, така че тестването за лош контакт в последния канал става максимум след  $800$  микросекунди. Изключването на въздействието в отделните канали за такъв интервал от време практически не се усеща от пациента. При наличие на лош контакт в повече от един от каналите първо се

локализира този с най-голям номер и се върви към предходните до пълното им възстановяване.

### Резултати и дискусия

Представеното схемно решение е включено в апарат за многоканална електростимулация ESTHER 448 [4], внедрен в редовно производство от фирма "Шумел – М". Разработването на алгоритъм за точното локализиране на канал с лош контакт се наложи в резултат от натрупаните наблюдения и опит при работата с него. Вариантът с извеждане на съобщение за възникнало събитие "лош контакт" и прекратяване на въздействието във всички канали се оказва неудобен, поради необходимостта от последователна ръчна проверка на всички канали и последваща настройка на големината на тока във всеки от тях. Същевременно големите възможности, които дава апаратът от гледна точка на токовете въздействия, като напр. реверсивна бягаща вълна със и без застъпване между отделните канали, ограничава възможността за локализиране на лошия контакт на базата на индивидуалните възприятия на пациента, още повече при стимулация на участъци с ниска чувствителност.

Предложеното схемно решение има недостатъкът, че при въздействие със специфични форми на тока, напр. много кратък импулс под 1 милисекунда и ниска честота под (3Hz). В този случай, за да се разпознае коректно каналът с лош контакт е наложително включването на правилно оразмерена RC-верига (R8, C1 на фиг.1). Друго решение на този проблем е възможно чрез усложняване на схемното решение, включващо допълнителен регистър и управляваща логика.

### Литература

- [1] Костадинов Д., Гачева Й. Основи на физикалната терапия. Медицина и физкултура. 1978.
- [2] Daskalov I., Bankov S. Electrical Stimulation of Innervated Muscles. Journal of Clinical Engineering 22/6 383-390, 1997.
- [3] Илиев И., Повишаване на функционалните възможности на апарат за диадинамична терапия. Национална конференция ЕЛЕКТРОНИКА' 2000 – Ботевград, 2000.
- [4] Илиев И., Приложение на нискочестотни импулсни токове в апарат за естетическа терапия. Е+Е 5-6, 68-71, 2000.