

*П.Ф. ЩАПОВ*, д-р техн. наук, профессор НТУ «ХПИ»  
*М.П. КАЧАНОВ*, к.т.н. (г. Харьков), доц. НТУ «ХПИ»

## **СИСТЕМА КОНТРОЛЯ НЕЧЕТКИХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

Розглянуто первинний перетворювач біопотенціалів і структурну схему мікропроцесорної системи контролю функціональних станів біологічного об'єкта по випадкових спектрально-нестационарних вимірювальних сигналах spectrum.

The pervichniy transformer of biopotentialov and flow diagram of the microprocessor checking system of the functional being of biological object on casual spectrum- transient measuring signals are considered.

**Постановка проблеми.** При моніторинге состояний біологічних об'єктів, як в клінічній медичинській практиці, так і в научних дослідженнях, використання електричних вимірних сигналів дозволяє отримати інформацію в формі випадкових процесів, що відображають динаміку змін як контролюваних состояний, так і впливаючих факторів. Зміна рівня послідовних обумовлює дискретну апріорну неоднорідність результатів вимірювань, що викликає неопределенність в оцінці рівня якісних состояний об'єкта контролю.

**Аналіз літератури.** Використання процедур обробки первинної інформації, представлена в формі спектрально-нестационарних випадкових процесів широко застосовують для виявлення змін динамічних систем і випадкових сигналів [1, 2]. Однак, технічна реалізація інформаційних технологій, що використовуються для контролю подібних сигналів в реальному часі, зустрічає певні труднощі, особливо в медицині [3,4].

**Ціль статті** – описання первинного перетворювача і мікропроцесорної системи контролю в реальному часі состояний органів шлунково-кишкового тракту (ЖКТ) у пацієнтів з терапевтичними і хірургічними проявами захворювань шлункової, жовчачої, тонкого і товстого кишечника.

### **Первинний перетворювач і система контролю.**

Для контролю біопотенціалів органів ЖКТ використовувався електричний перетворювач, розроблений і виготовлений в НТУ «ХПИ», що дозволяє оцінювати сумарну електричну активність м'язових стінок органів ЖКТ.

На рис. 1 цей перетворювач схематично зображено в формі зонда, на оболонці 1 якого закріплені три кільцевих 2, 3, 4 електрода,

изготовленных из титана. Электроды 2 и 4 являются сигнальными, а электрод 3 – заземляющим, присоединенным к экрану 5 зонда.

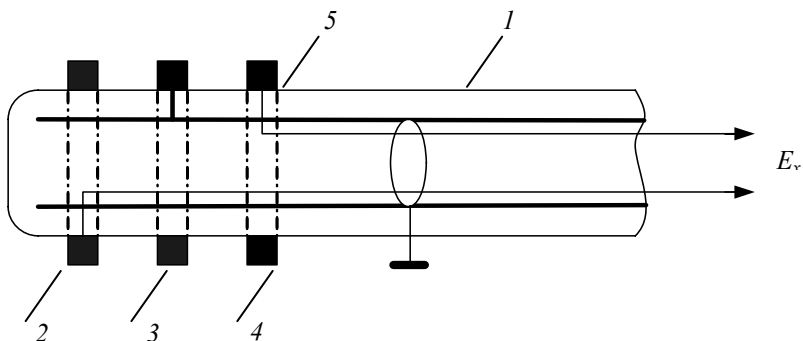


Рисунок 1 – Преобразователь биоэлектрической активности

Выходной сигнал  $E_x$  преобразователя (входная величина системы контроля) усиливается с помощью электромиографического комплекса ЭМГСТ-01. На рис. 2 представлена структурная схема микропроцессорной системы для функционального контроля и диагностики, в которой помимо электропотенциального преобразователя использовался стандартный преобразователь давления в электрический сигнал  $U_x$  (*Siemens Elema 746 b*), позволяющий осуществлять независимый контроль изменений функционального состояния органов ЖКТ в диапазоне изменения давления ( $-20 \div 300$ ) мм Нг.

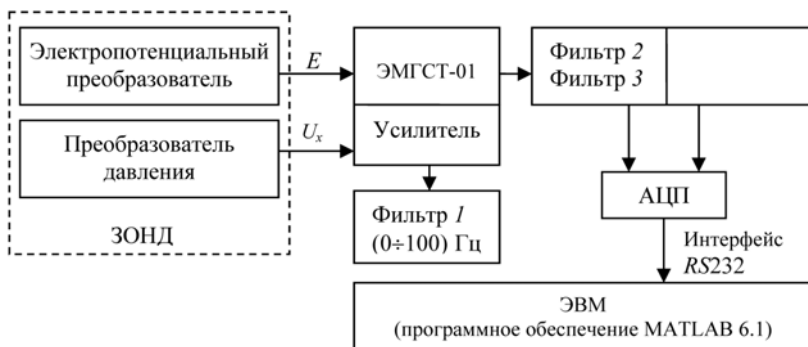


Рисунок 2 – Структурная схема микропроцессорной системы контроля функциональных состояний органов ЖКТ

Диапазон изменения значений сигнала  $E_x$  составил  $\pm 200$  мкВ. Оба преобразователя размещались на конце зонда, причем преобразователь

давления служил для получения измерительной информации о смене функциональных состояний на этапе обучения системы контроля.

Аналогово-цифровые фильтры 1, 2 и 3 использовались для выделения спектральных составляющих сигналов  $E_x$  и  $U_x$ , соответствующих группам функциональных состояний. С выхода АЦП АТ 90S4433 через интерфейс RS232 результаты измерений поступали на ЭВМ и анализировались с помощью пакета анализа сигналов *Simulink* 4.0, входящего в программное обеспечение *MATLAB* 6.1.

Для повышения достоверности определения нормального  $S_0$  и нарушенного  $S_1$  функциональных состояний при обучении системы контроля использовались высокоточные измерительные преобразователи:

- давления (*MPX5010DP–Motorola*);
- уровня pH (Ацидогастрометр АГМ 10-01; Ацидогастрометр ЕЛТС-01).

Преобразование первичного случайного измерительного сигнала во вторичную информацию (решения о виде состояния) осуществлялось в соответствии с процедурами вычисления статистик накопленных сумм [2, 4, 5].

Основная задача, возникающая в ходе контроля изменений свойств динамического объекта, является задачей параметрического тестирования входных случайных сигналов на отсутствие (или наличие) количественных изменений значений тех или иных числовых характеристик.

Общая модель тестирования – следующая. Дана последовательность  $x_1, \dots, x_n$  измерений значений сигнала  $x(t)$  в моменты времени  $t_1, \dots, t_n$ . Выдвинуты основная ( $H_0$ ) и альтернативная ( $H_1$ ) гипотезы о возможных состояниях ( $S_0$  и  $S_1$ ) объекта контроля,

$$H_0 : \{x_1, \dots, x_{r-1}\} \in X(t/S_0),$$

$$H_1 : \{x_r, \dots, x_n\} \in X(t/S_1),$$

где  $r$  – момент времени изменения состояния ( $1 < r < n$ ).

Выбор тестовых статистик, как информативных параметров процесса  $x(t)$ , зависит от наличия априорной информации о вероятностных свойствах.

Наиболее привлекательными, в плане минимума оцениваемых параметров при независимом тестировании гипотез  $H_0$  или  $H_1$ , являются двухмодельные статистики накопленных сумм [2], позволяющие обнаруживать спектральные изменения измерительного сигнала  $x(t)$ :

$$T_n = \frac{1}{\sqrt{2n}} \sum_{k=1}^n \left( \varepsilon_k^2 / \sigma_S^2 - 1 \right), \quad (1)$$

где  $\varepsilon_k$  – центрированный остаток случайного измерительного сигнала;  $\varepsilon_l(t) = \{\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_n\}$ ;  $\sigma_S^2$  – условная дисперсия центрированного остатка, когда

$$\sigma_S^2 = \begin{cases} \sigma_0^2, & \text{если } S \in S_0, \\ \sigma_1^2, & \text{если } S \in S_1. \end{cases}$$

Параметрами модели (1) являются, в данном случае, дисперсии  $\sigma_0^2$  и  $\sigma_1^2$ , что позволяет обнаруживать изменение мощности измерительного сигнала  $x(t)$ .

Как показали результаты клинических испытаний, использование случайных сигналов измерительной информации позволило не только в три раза снизить вероятность ошибки второго рода  $\beta$ , но увеличить достоверность контроля функциональных состояний до величины  $P_D = (0,89 \pm 0,01)$  по сравнению с величиной  $P_D = (0,75 \pm 0,01)$ , имеющей место в традиционных методиках функциональной диагностики [5].

**Выводы.** Практически доказана возможность создания микропроцессорных систем контроля нечетких состояний биологических объектов по случайным измерительным сигналам и получена техническая реализация информационно-измерительной системы для контроля в реальном времени изменений состояний органов желудочно-кишечного тракта.

**Список литературы:** 1. Малайчук В.П. Інформаційно-вимірювальні технології неруйнівного контролю: [навч. посіб.] / В.П. Малайчук, О.В. Мозговой, О.М. Петренко – Дніпропетровськ: РВВ ДНУ, 2001. – 240 с. 2. Обнаружение изменения свойств сигналов и динамических систем / [М. Басвиль, А. Вилски и др.]; пер. с англ. под ред. М. Басвиль, А. Банвениста. – М.: Мир, 1989. – 278 с. 3. Съём и обработка биоэлектрических сигналов: [учеб. пособие / под ред. К.В. Зайченко.] – С.Пб.: СПбГУАП, 2001.– 140 с. 4. Замятин П.Н. Разработка модифицированного алгоритма прогнозирования стохастических временных рядов в дилинговых информационных системах [Текст] / П.Н. Замятин, П.Ф. Щапов, Д.В. Сафронов // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2004. – № 4. – С. 50-53. 5. Велигодский Н.Н. Диагностика функционального состояния нижнего пищеводного сфинктера у больных с ГЭРБ с использованием методов обработки случайных сигналов измерительной информации [Текст] / Велигодский Н.Н., Щапов П.Ф., Горбулич А.В. [та ін.] // Вісник морфології. – 2003. – № 2. – С. 446-449.

Поступила в редакцию 15.02.2011