

УДК 616-71

П.М. Пинкольский

Индикатор функционирования автономного электростимулятора желудочно-кишечного тракта

Разработан портативный прибор, позволяющий определять состояние функционирования автономного электростимулятора желудочно-кишечного тракта, находящегося в пищевом тракте человека. Приведена функциональная схема прибора с обоснованием минимизации потребления энергии от источника питания, помехозащищенности и самотестирования.

Ключевые слова: желудочно-кишечный тракт, автономный электростимулятор, входные цепи, генератор, дифференциальный усилитель, индикатор, интегральная схема, компаратор, технологичность, чувствительность.

Введение

Серийно выпускаемые автономный электростимулятор желудочно-кишечного тракта (АЭС ЖКТ) и его модификации применяются в медицине при парезах, динамической кишечной непроходимости и для профилактики сахарного диабета. При применении необходим контроль их функционирования с целью правильной диагностики и оценки эффективности действия.

Ранее контроль функционирования АЭС ЖКТ осуществлялся с помощью специализированных приборов: электрокардиографа, электрогастрографа, а также рентгенологическим путем. Использование данных методов контроля функционирования имеет ряд существенных недостатков, таких, как дорогое оборудование, наличие квалифицированного персонала, применение только в специально оборудованных местах [1]. Дальнейшее расширение применяемости АЭС ЖКТ и его аналогов в медицинской практике [2–4] поставило перед разработчиками задачу создания портативного, электробезопасного, простого в управлении и эксплуатации, дешевого и технологичного в производстве индикатора функционирования АЭС ЖКТ (далее ИФЭС). Такой прибор был разработан. ИФЭС при эксплуатации не требует привлечения квалифицированного медицинского персонала. Он может быть применен самим пациентом и любым медицинским персоналом как в стационаре, так и в домашних и полевых условиях. Состояние функционирования АЭС ЖКТ, находящегося в желудочно-кишечном тракте человека, определяется по световой и звуковой индикации ИФЭС.

Принцип действия

Принцип действия ИФЭС основан на усилении наведенного сигнала АЭС ЖКТ (находящегося в желудочно-кишечном тракте пациента), снимаемого с помощью входных электродов ИФЭС с брюшной поверхности, сравнении его с опорным напряжением с помощью двухполярного компаратора и генерации светового и звукового сигналов при превышении сигналом порогового значения.

Помехоустойчивость ИФЭС обеспечивается применением дифференциального малошумящего операционного усилителя с симметрированием его входных цепей; преобразованием усиленного сигнала в цифровой с помощью двухполярного компаратора, применением в электрической схеме высокочастотных и низкочастотных фильтров.

Минимизация потребляемой энергии от источника питания достигается применением микроощных операционных усилителей с малым потреблением энергии, а также КМОП интегральных микросхем 561-й серии; применением ключевого режима работы выходных усилителей.

Схема ИФЭС позволяет осуществлять три режима работы:

- самоконтроль работоспособности схемы ИФЭС;
- проверка функционирования АЭС ЖКТ перед его применением пациентом;
- проверка функционирования АЭС ЖКТ, находящегося в желудочно-кишечном тракте пациента, при этом ИФЭС выдает звуковую и световую индикацию.

Самотестирование ИФЭС достигается подключением к входу электрической схемы ослабленного сигнала АЭС ЖКТ от его специализированной интегральной микросхемы И106А (пятнадцатиразрядный счетчик со схемой управления и генератором импульсов).

Звуковая и световая индикация ИФЭС соответственно обеспечивается пьезорезонансным излучателем и светодиодом красного спектра излучения.

Функциональная схема ИФЭС

Из функциональной схемы (рис. 1) следует, что импульсный сигнал АЭС ЖКТ через тело человека и входные электроды 4,5 поступает на вход электрической схемы индикатора и преобразуется в звуковую и световую индикацию. В функциональную схему входят: источник питания 1, переключатель питания 2, преобразователь однополярного напряжения источника питания 3 в двухполярное, входные электроды 4, 5 для снятия наведенного напряжения от сигнала АЭС ЖКТ с брюшной поверхности тела пациента, входные защитные цепи 6, дифференциальный усилитель 7, RC-фильтр 8, усилитель 9 с регулируемой обратной связью 10, которая с помощью переключателя чувствительности позволяет устанавливать два значения коэффициента усиления, соответствует «min» и «max», двухполярный компаратор 11, схема логического ИЛИ для сигналов АЭС ЖКТ 12, RC-фильтр 14, RC-генератор звуковой частоты 15, усилитель тока 16, пьезорезонансный излучатель 17, светодиод 18, вспомогательные электроды 19, 20 для проверки функционирования автономного электростимулятора перед применением его пациентом, диодный мост 21, усилитель 22, инвертор 23, кнопка включения режима контроля работоспособности схемы индикатора 24, генератор сигнала АЭС ЖКТ (И106А) 25, электронные ключи для развязки выходных цепей сигнала имитатора АЭС ЖКТ и входных цепей ИФЭС 26, RC-фильтр 27.

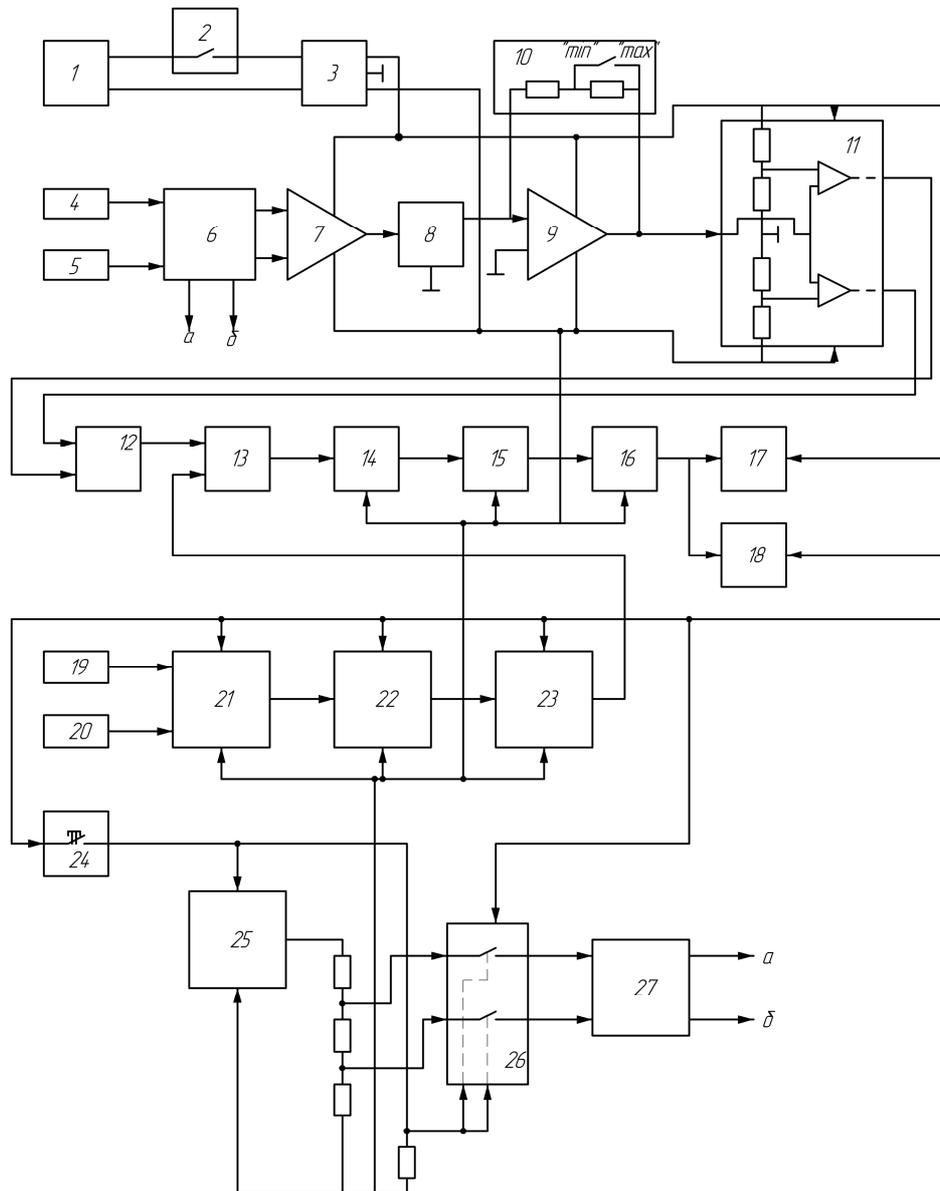


Рис. 1. Функциональная схема ИФЭС

Технические характеристики ИФЭС

Чувствительность, мВ	не хуже	$\pm 0,1 \pm 0,2$
Напряжение источника питания, В		9
Потребляемая мощность, мВт	не более	30
Масса, кг	не более	0,3
Продолжительность работы до смены источника питания, ч	не менее	180
Срок службы, лет		5
Габаритные размеры, мм		70×150×24
Время установления рабочего режима, с	не более	30

Конструкция ИФЭС

Внешний вид ИФЭС представлен на рис. 2. Индикатор выполнен в виде параллелепипеда. Корпус разборный, типовой (индекс G-939), выпускается фирмой «GAINTA», изготовлен из полистирола. Внутри корпуса находятся источник питания и электрическая схема на двух печатных платах. Корпус ИФЭС состоит из основания 1, крышки 2, крышки батарейного отсека 3 и верхней крышки 4, на которой установлены переключатели чувствительности 5 и питания 7, а также кнопка контроля схемы индикатора 6. Крышка 2 с основанием 1 образует неразъемное соединение с помощью четырех винтов-саморезов 8. В основании имеется отсек для установки источника питания – батареи «Крона-ВЦ» или аналогичных по характеристикам источников питания напряжением 9 В. Батарейный отсек закрывается крышкой 3. В основании имеются круглое отверстие для светового индикатора 9 и отверстия, расположенные по концентрическим окружностям, для звукового индикатора 10. На крышке 2 корпуса имеются два входных электрода 11 для снятия наведенного напряжения от импульсов тока АЭС ЖКТ с брюшной поверхности пациента и два вспомогательных электрода 12 для наложения на них колпаками автономного электростимулятора при проверке его функционирования. Для подключения электродов к электрической схеме индикатора в корпусе крышки соответственно имеются четыре круглых отверстия. Электроды 11, 12 образуют неразъемное соединение с крышкой 2 с помощью склеивания их соприкасающихся поверхностей.

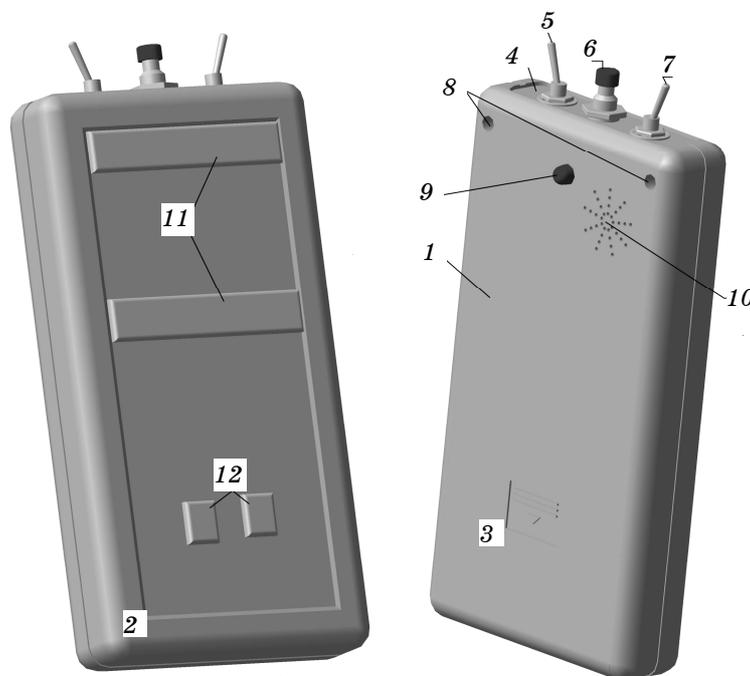


Рис. 2. Внешний вид ИФЭС

Экспериментальные исследования

Медицинские испытания были проведены на кафедре госпитальной хирургии СибГМУ в соответствии с программой и методикой испытаний.

В ходе испытаний была проконтролирована работоспособность автономных электростимуляторов желудочно-кишечного тракта перед их применением пациентом и во время нахождения в желудочно-кишечном тракте с помощью ИФЭС.

Для проведения испытаний ИФЭС было отобрано 10 пациентов. Средний возраст составил 51 год.

Было предоставлено 8 образцов АЭС ЖКТ и 2 плацебо. Проводился контроль 10 образцов ИФЭС.

Перед применением образцы АЭС ЖКТ были проверены на работоспособность с помощью ИФЭС.

После приема пациентами автономных электростимуляторов внутрь с помощью ИФЭС проверялось их функционирование во время нахождения в желудочно-кишечном тракте пациента.

Индикатор надежно выдавал звуковую и световую индикацию о функционировании автономного электростимулятора при наложении электродов индикатора на обнаженное тело в области кишечника. Отказов не было.

Заключение

Таким образом, разработана функциональная и электрическая принципиальная схема, конструкция индикатора функционирования электронного стимулятора. Прибор соответствует современным требованиям, предъявляемым к медицинским аппаратам, удобен в эксплуатации, надежен, легко самопроверяется.

Прибор защищен патентом РФ [5]. Имеется комплект КД.

Литература

1. Агафонников В.Ф. Автономные электростимуляторы желудочно-кишечного тракта / В.Ф. Агафонников, Г.Ц. Дамбаев, А.Г. Мартусевич. – Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2005. – С. 75–77.

2. Технические условия. ТУ 9444-017-07543077-2004 Электростимуляторы автономные желудочно-кишечного тракта АЭС ЖКТ, АЭС ЖКТ-Zn, АЭС ЖКТ-Cr. – Томск: ОАО «НИИПП», 2004. – 27 с.

3. Технические условия. ТУ 9444-018-07543077-2007 Электростимуляторы автономные желудочно-кишечного тракта АЭС ЖКТ-Cu, АЭС ЖКТ-Se, АЭС ЖКТ-Fe (по Агафонникову). – Томск: ОАО «НИИПП», 2007. – 32 с.

4. Технические условия. ТУ 9444-021-07543077-2009 Электростимуляторы автономные желудочно-кишечного тракта с покрытием слоями микроэлементов АЭС ЖКТ-Cu-Cr-Zn, АЭС ЖКТ-Cu-Fe (по Агафонникову). – Томск: ОАО «НИИПП», 2009. – 25 с.

5. Патент RU №2354978, МПК G01R 19/55. Индикатор функционирования автономного электростимулятора желудочно-кишечного тракта / С.С. Потапенков, В.Ф. Агафонников, Е.В. Агафонникова, П.М. Пинкольский. – Заявл. 20.08.2007. Опубл. 10.05.2009. – Бюл. – №13. – 10 с.

Пинкольский Павел Мирославович

Аспирант каф. конструирования узлов и деталей радиоаппаратуры ТУСУРа

Тел.: (382-2) 51-23-27

Эл. почта: Trumper@sibmail.com

Pinkolskij P.M.

Indicator of functioning of autonomous electrical stimulator of gastrointestinal tract

The portable device, which allows to test the state of autonomous electrical stimulator of gastrointestinal tract, has been designed. There has been shown the device function circuit, energy consumption minimization from power supply, noise immunity and self-testing study.

Keywords: gastrointestinal tract, autonomous electrical stimulator, input circuit, oscillator, differential amplifier, indicator, integrated circuit, comparator, manufacturability, sensitivity.