

УДК 616.8-085.84

И.И. Максимов, В.Л. Сахаров, В.В. Котляров

**ПОРТАТИВНЫЙ МИОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗАТОР, СТИМУЛЯТОР,
БОС-ТРЕНАЖЕР**

В данной работе представлена информация о многофункциональном электромиографическом приборе, предназначенном для регистрации биосигналов мышц, для тренировки парализованных и ослабленных мышц с помощью метода биологической обратной связи (БОС), а также для формирования стимулирующих электрических импульсов и проведения сеансов аппаратной физиотерапии (методом электротерапии).

Электромиограф; электростимулятор; БОС-тренажер; инъектор.

I.I. Maximov, V.L. Sakharov, V.V. Kotlyarov

**PORTABLE MYOGRAPHIC ANALYSER, STIMULATOR, BIOFEEDBACK
TRAINER**

In this work information about multifunctional electromyographic system is represented. The system is designed for muscle biosignals registration, training of paralyzed and weakened muscles by means of biofeedback, stimulating electrical impulses generation and for system physiotherapy sessions (by means of electrotherapy).

Electromyograph; electrostimulator; biofeedback trainer; injector.

Прибор предназначен для проведения диагностических и терапевтических процедур с целью коррекции двигательных функций. Он имеет четыре режима.

Первый режим – режим анализатора точности введения инъекционной иглы при проведении инъекционных манипуляций.

Основное назначение режима – локализация двигательных точек мышц и топическое определение мышц-мишеней для инъекций препаратов-миорелаксантов: ботулотоксинов («Диспорт», «Ботокс»), местных анальгезирующих анестетиков (при проведении мышечных блокад) и противовоспалительных медикаментов. Точная инъекция препарата в зону двигательной точки способствует увеличению лечебного эффекта при существенно меньших дозах вводимого препарата. Также прибор может быть использован для быстрого количественного анализа сокращения мышц (накожными электродами) при проведении кинезиологической диагностики при изучении паттерна движений.

Прибор комплектуется специальными иглами для введения препарата в момент регистрации мышечной активности. Биоэлектрическая активность мышц (ЭМГ-активность, миограмма) выводится на динамики (наушники или портативные динамики). По специфическим аудио-характеристикам миограммы врач может верифицировать место инъекции (т.е. нахождение кончика иглы непосредственно в двигательной точке – в области наибольшей плотности концевых пластинок).

Второй режим – одиночная электростимуляция.

Данный режим позволяет кроме регистрации миограммы проводить электростимуляцию исследуемой мышцы. Электрические разряды, генерируемые прибором, вызывают потенциал действия и видимое сокращение мышц и соответствующий двигательный эффект (особенно в относительно мелких мышцах лица, предплечья, кисти и т.д.) [1].

Токовый разряд подается на кончик иглы, что вызывает ответную вызванную реакцию мышцы. Данная методика позволяет правильно выбрать и контролировать функцию мышц-мишеней. Последующая инъекция осуществляется в мышцу после предварительного определения ее функции, что существенно повышает точность введения и терапевтическую эффективность процедуры.

Прибор используется в диагностической и терапевтической работе неврологического и диагностического отделения.

Третий режим – режим БОС-тренажера.

Режим предназначен для проведения индивидуальных лечебных сеансов ЭМГ-БОС-тренинга парализованных и ослабленных мышц (последствия инсультов, ДЦП, травм нервных стволов и спинного мозга, неврит лицевого нерва, нарушения осанки и т.п.).

Данные сеансы тренинга пациент может проводить самостоятельно без участия врача, желательно после специального обучения инструктором. Прибор является одновременно и дозатором нагрузки, и «зеркалом», отображающим реальные мышечные сокращения тренируемых мышц. Принципиальным является возможность регистрации минимальных мышечных сокращений, невидимых глазом (при тяжелых параличах).

Прибор не оказывает никакого активного электрического воздействия на организм. Наоборот, он является датчиком-антенной, регистрирующим собственную биоэлектрическую активность мышц пациента. Данная активность – миограмма – является эквивалентом мощности мышечных сокращений и, контролируя ее, пациент получает возможность тренировать пораженные мышцы в условиях, когда нарушена физиологическая связь между мышцей и мозгом. Управляя мощностью мышечных сокращений, так же, как и при проведении упражнений лечебной физкультуры, пациент тренирует силовые качества мышцы и создает «новую» рефлекторную связь парализованной мышцы с пораженными структурами нервной системы [2]. Этот принцип получения дополнительной информации о качественных и количественных характеристиках функциональной активности тренируемого органа в реальном времени и называется биологической обратной связью.

При решении задач по коррекции осанки и во время кинезиотерапевтических воздействия данный метод используется для формирования оптимального двигательного стереотипа.

Четвертый режим – режим электротерапии. Он предназначен для проведения сеансов миостимуляции с целью расслабления или активации мышц. Включает 6 программ электростимуляции, которые представлены далее.

Рассмотрим технические решения, использованные в данном приборе.

Как видно из структурной схемы (рис. 1) режимы стимуляции и усиления электромиограммы обеспечиваются независимыми блоками прибора – блоком усилителя и блоком стимулятора. Коммутация входного разъема между усилителем и стимулятором обеспечивается с помощью блока входной коммутации (БВК). Этот блок построен на миниатюрных поляризационных электромагнитных реле. Так как применено поляризационное реле (Latching Type), то переключение происходит только один раз – при выборе соответствующего режима, что экономит энергию батарей.

Блок усилителя построен на базе микросхемы малопотребляющего инструментального усилителя AD627 фирмы Analog Devices, которая обеспечивает высокое подавление синфазной помехи (до 90 дБ) и низкий уровень шумов (38 $\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$). С выхода инструментального усилителя сигнал поступает на полосовой фильтр, состоящий из ФВЧ третьего порядка с частотой среза 85 Гц, и ФНЧ перво-

го порядка с частотой среза 2200 Гц. АЧХ фильтра перекрывает спектр электромиограммы и в то же время обеспечивает подавление сетевой помехи 50 Гц. Усиление всего тракта равно 800, динамический диапазон входа составляет ± 3 мВ.

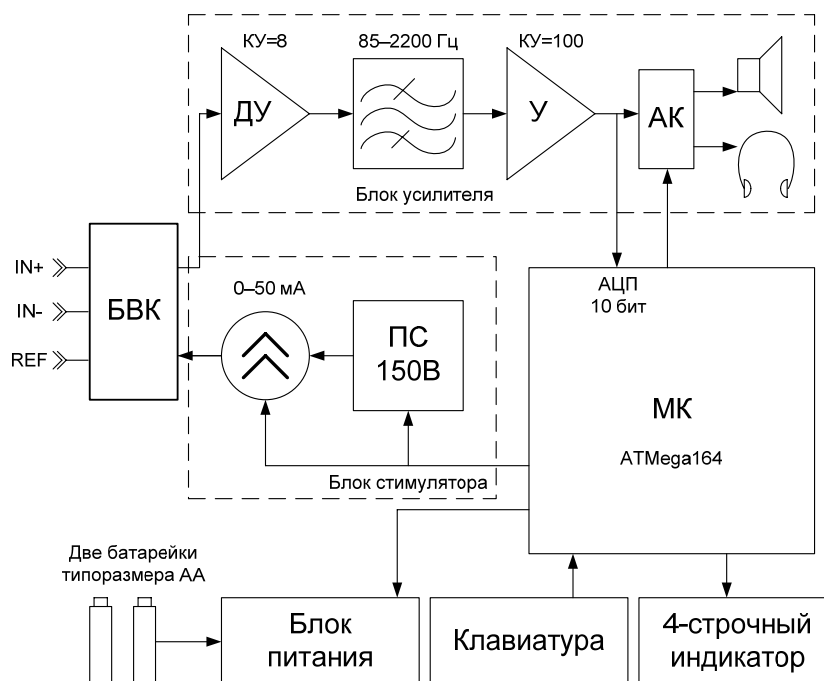


Рис. 1. Структурная схема прибора

Далее усиленный сигнал посредством аудиокоммутатора (АК) подается на встроенный динамик или разъем наушников, а также на вход 10-разрядного АЦП, встроенного в микроконтроллер ATmega164 фирмы Atmel. Это 8-битный AVR-микроконтроллер с богатым набором встроенной периферии и низким потреблением. В данном устройстве контроллер работает на частоте 8 МГц и выполняет приблизительно 8 миллионов операций в секунду.

После оцифровки с частотой 4 кГц анализатор каждые 0,5 с вычисляет мощность миограммы и выводит ее на экран в виде шкалы в линейном масштабе. Максимум шкалы может быть установлен в одно из 3-х значений – 3 мВ, 1,5 мВ, 0,5 мВ. При этом цена деления шкалы устанавливается в 150 мкВ, 75 мкВ и 25 мкВ соответственно.

Блок стимулятора выполнен на основе импульсного одноактного обратного повышающего стабилизатора. Стабилизатор тока построен на высоковольтном N-канальном транзисторе с управлением от микросхемы 10-битного ЦАП. Этот узел обеспечивает импульсы тока амплитудой от 0 до 50 мА длительностью 100 мкс. Точность установки амплитуды и длительности составляет 5 % во всем рабочем диапазоне прибора. Прибор способен выдавать как одиночные, так и ритмичные импульсы с частотой повторения от 1 до 20 Гц с шагом перестройки частоты 1 Гц.

Блок питания устройства обеспечивает повышение и стабилизацию напряжения, получаемого от двух батарей типоразмера АА. При допустимом входном напряжении от 2 В до 4 В на выходе этого блока получается напряжение 5 В и 3 В для питания различных частей других блоков устройства. Центральным элементом здесь является микросхема импульсного повышающего стабилизатора. Информация для пациента отображается на миниатюрном 4-строчном индикаторе, прибор управляется 6-ю кнопками.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Перкин Г.Д.* Диагностические тесты в неврологии. – М.: Медицина, 1994. – 302 с.
2. Справочник по физиотерапии // Под ред. В.Г. Ясногородского. – М.: Медицина, 1992. – 512 с.

Максимов Илья Игоревич

Особое конструкторское бюро «Ритм» Южного федерального университета.
E-mail: dopler_brain@mail.ru.
3347900, г. Таганрог, ул. Петровская, 99, тел.: (8634)623386.
Ведущий инженер.

Maximov Ilya Igorevitch

Design Office "Ritm" of the South Federal University.
E-mail: dopler_brain@mail.ru.
99, Petrovskaya st., Taganrog, 347900, Russia, Phone: (8634)623386.
Team leader.

Сахаров Вадим Леонидович

Научно-медицинская фирма «Нейротех».
E-mail: vadim@neurotech.ru.
347900, г. Таганрог, ул. Петровская, 99, тел.: (8634)311933.
Технический директор, доцент, к.т.н.

Sakharov Vadim Leonidovitch

Scientific and medical company «Neurotech».
E-mail: vadim@neurotech.ru.
99, Petrovskaya st., Taganrog, 347900, Russia, Phone: (8634)311933
Technical director, docent, Cand. of Tech. Sci.

Котляров Валерий Викторович

Центральная городская больница.
E-mail: neuro_kmv@mail.ru.
357500, г. Пятигорск, ул. Пирогова, 4, Тел.: (909)7586940.
Врач-невролог, к.м.н.

Kotlyarov Valery Viktorovitch

Central hospital.
E-mail: neuro_kmv@mail.ru.
4, Pirogov st., Pyatigorsk, 357500, Russia, Phone: (909)7586940.
Neurologist, Cand. of Med. Sci.