

исследования показали, что указанные выше недостатки были устранены. Это повысило надежность в работе и достоверность получаемой информации.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПРОГРАММИРУЕМОЙ АКТИВАЦИИ МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ В ТРЕНИРОВОЧНОМ ПРОЦЕССЕ

А. А. Тесленко, А. В. Попов, С. Г. Бунин, Т. А. Хабинец

Разработка системы технических средств интенсификации двигательного совершенствования и методики их использования в спортивной тренировке является одной из актуальных проблем подготовки спортсменов высокого класса. В Институте кибернетики АН УССР под руководством Б. Н. Малиновского и в лаборатории биомеханики КГИФК под руководством А. Н. Лапутина в этом направлении проводятся комплексные исследования, позволяющие на достаточно широкой научной основе решать задачи по управлению тренировочным процессом. Изучение различных аспектов согласования электрических процессов в мышечной системе с биомеханическими параметрами движений спортсменов позволило реализовать ранее сформулированную идею о возможности коррекции элементов движений непосредственно во время обучения и совершенствования в спортивной технике.

В работах В. С. Гурфинкеля (1955), Л. С. Алеева, С. Г. Буниновича (1965—1968), Л. М. Захаровой, В. И. Чернова (1970), Я. М. Коца (1975) и ряда других авторов широко освещаются разнообразные проблемы практического применения внешней электрической активизации мышечной системы человека. И. П. Ратов (1974) предложил использовать электрическую стимуляцию мышц обучаемого в тренировке в момент реализации спортсменом финальной фазы выполнения бросковых и метательных движений. А. Н. Лапутин (1978) разработал автоматизированную систему для программируемой активации мышц спортсмена под контролем ЭВМ.

В настоящее время мы рассматриваем возможности электрической активации мышц обучаемого непосредственно во время выполнения всей программы движения при спортивно-техническом совершенствовании. Для решения таких задач нами разрабатываются специальные технические устройства, позволяющие осуществлять специальные программируемое биоуправление мышечным сокращением в педагогическом процессе двигательного совершенствования. Разработанный для этих целей прибор пред-

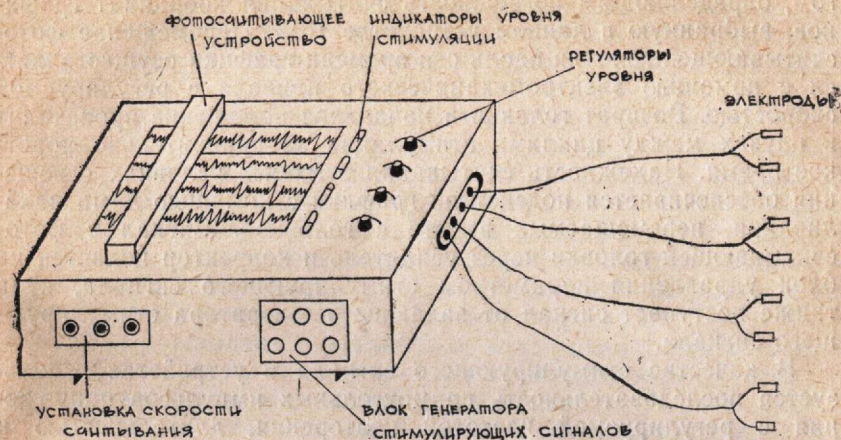


Рис. 1. Внешний вид устройства.

назначен для многоканальной электрической стимуляции нервно-мышечных групп и других целевых воздействий биоэлектрическим управлением движениями человека в спорте.

В отличие от разработанных ранее программных стимуляторов, в которых программа задается схемным путем, с помощью шаблонов, помещаемых на экран электроннолучевой трубки, в предлагаемом устройстве используется более удобный способ задания программ — естественное задание их в виде графика изменения того или иного параметра стимулирующего сигнала. Программа задается на стандартном листе бумаги с масштабной сеткой в виде графика, соответствующего одному полному циклу стимуляции по каждому каналу. Лист с программой устанавливается в считывающий блок стимулятора (рис. 1).

Считывающий блок стимулятора содержит многоканальное фотосчитывающее устройство. Фотосчитывающее устройство преобразует координаты точек графика в напряжения пропорциональной величины, которые управляют параметрами стимулирующего сигнала. Устанавливаемая скорость сканирования графика определяет длительность цикла программы управления и частоту повторения циклов. Положение фотосчитывающей головки в каждый момент времени указывает мгновенное значение управляемого параметра стимулирующего сигнала в каждом канале. Фотосчитывающая головка состоит из набора фотодиодов, размещаемых вдоль осей координат графиков с ша-

гом, определяющим погрешность считывания координат графиков, выбранную в данном устройстве 10%. Перемещение фотосчитывающей головки вдоль оси времени графика осуществляется с помощью электромеханического привода с регулируемой скоростью. Возврат головки в начальное положение происходит в паузах между циклами стимуляции за сравнительно короткое время. Надежность считывания в любых условиях освещения обеспечивается подсветкой графика с помощью ламп накаливания, перемещаемых вместе с головкой. Сигнал с фотосчитывающей головки через усилитель и корректор подается на блок управления параметром стимулирующего сигнала, куда также поступает сигнал от задающего генератора стимулирующего сигнала.

В качестве стимулирующего сигнала в устройстве используется последовательность прямоугольных импульсов напряжения с регулируемой частотой повторения, длительностью и крутизной переднего фронта генерируемого задающим генератором стимулирующего сигнала. Он конструктивно объединен с блоком управления параметрами стимулирующего сигнала, в котором осуществляется управление амплитудой, длительностью или частотой повторения стимулирующих импульсов. В стимуляторе также предусмотрено подключение любого внешнего генератора, используемого для задания вида стимулирующего сигнала (например, синусоидального).

Исследователю с той или иной целью представляется необходимым применять стимулирующие сигналы специальной формы, отличающиеся от стандартных сигналов. В описываемом устройстве имеется возможность формировать стимулирующий сигнал практически любой формы. Для этого один период сигнала выполняется в виде графика, который считывается с помощью одного канала фотосчитывающего устройства и запоминается в блоке памяти стимулирующего сигнала. Далее в процессе стимуляции стимулирующий сигнал считывается без разрушения памяти многократно с частотой, задаваемой генератором стимулирующих сигналов.

В цепи программного сигнала стимулятора введены устройства коррекции. Их назначение состоит в следующем. Известно, что программа стимуляции определяет степень возбуждения стимулируемых мышц. Однако величина возбуждения мышц и выполняемый в результате этого двигательный акт в значительной степени зависят от характера программы и в общем случае не совпадают с ней. Блок коррекции осуществляет необходимую коррекцию программного сигнала с целью максимального соответствия двигательного акта или усилия мышц в

изометрическом режиме заданной программы. В случае включения корректирующего устройства на графиках изображается программа двигательного ответа вместо программы стимуляции.

Стимулирующий сигнал через конечный усилитель и блок коммутации подается на электроды. Введение блока коммутации, усилителя биопотенциалов и анализатора параметров электропрограммы в схему стимулятора обусловлено необходимостью получения объективной оценки эффекта стимуляции. Для этой цели используется метод «биоэлектролокации», позволяющий в процессе стимуляции отводить вызванную биоэлектрическую активность стимулируемых мышц. Блок коммутации осуществляет переключение электродов с выхода оконечного усилителя на вход усилителя биопотенциалов во время отсутствия импульсов стимулирующего сигнала.

После усиления сигнал вызванной биоэлектрической активности подается на анализатор параметров электромиограммы, на выходе которого появляется сигнал, пропорциональный выбранному параметру электромиограммы. В устройстве предусмотрен анализ среднего значения, средней частоты, пикового значения и относительного количества возбужденных нейро-моторных единиц и относительного уровня синхронизации между ними. Последний параметр получается в результате одновременного анализа ряда параметров вызванной электромиограммы.

Сигнал среднего значения электромиограммы с анализатора подается на схему сравнения, куда также поступает промодулированный стимулирующий сигнал. На выходе схемы сравнения имеются стрелочные индикаторы, позволяющие судить об эффективности стимуляции тех или иных мышц по всем каналам. Эти же индикаторы используются для оценки величины тока стимуляции. Возможна также коррекция одного из параметров стимулирующего сигнала в зависимости от величины параметров электромиограммы.

Конструктивно прибор представляет собой единую настольную конструкцию (рис. 2), включающую в себя базовую (минимальную) часть стимулятора, состоящую из фотосчитывателя, блока коррекции, задающего генератора стимулирующего сигнала, блока управления параметрами и конечного усилителя. Базовая модель может дополняться блоками памяти стимулирующего сигнала, коммутации, УБП, анализа ЭМГ и сравнения.

В приборе предусмотрена замена головки фотосчитывающего устройства на головку с четырьмя чернильными перьями, в

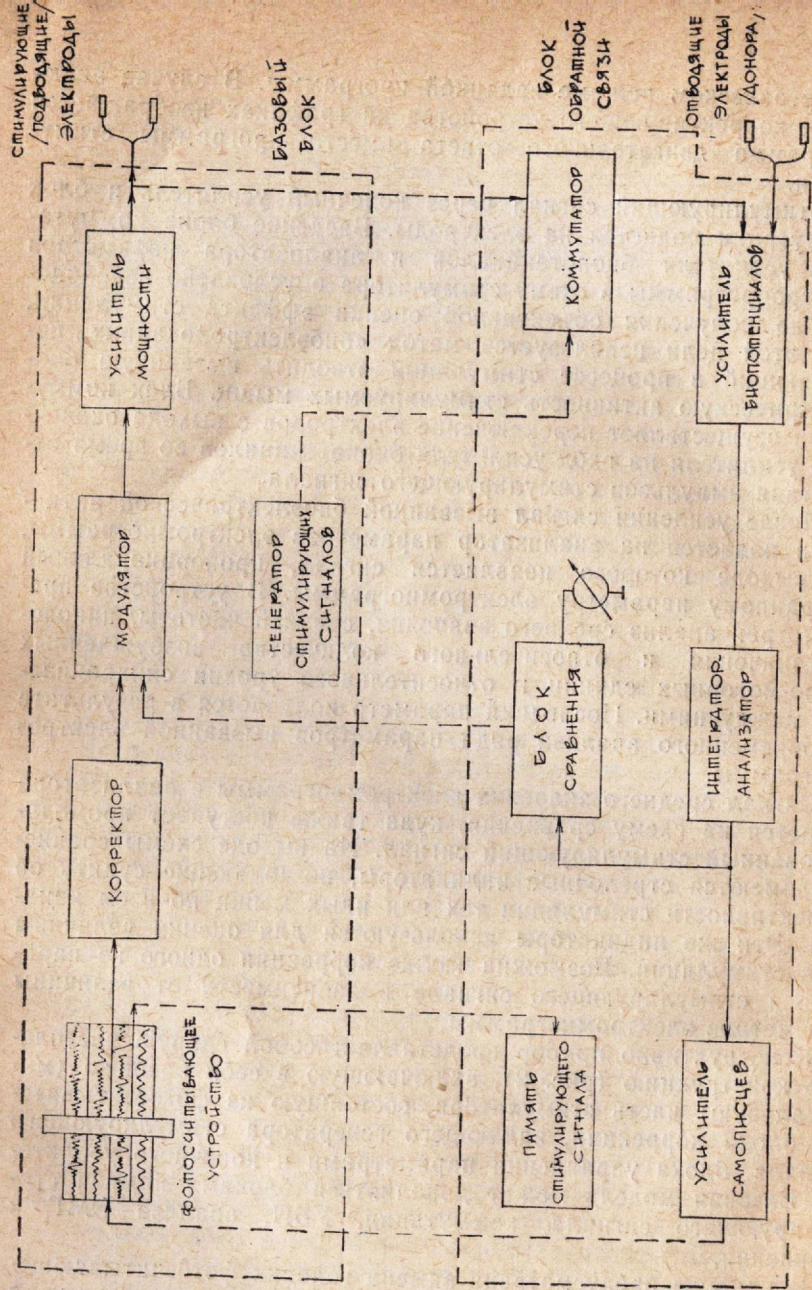


Рис. 2. Блок-схема одного канала устройства (базовая часть с блоком обратной связи).

результате чего блок считывания превращается в блок записи. Его подключение на выход четырехканального усилителя биопотенциалов (обычно включенного в цепь обратной связи) через усредняющие цепочки позволит производить запись средних значений электромиограмм, снимаемых с донора в целях анализа электромиографических образов движения. Считывание записанных составляющих в процессе стимуляции позволяет осуществлять управление движениями.

Предлагаемый стимулятор прост и удобен в работе. При этом легко реализуется индивидуальное задание программ стимуляции для каждого спортсмена и их смена в ходе тренировочного процесса. Появляется также возможность формирования библиотеки программ стимуляции и их включение в планы тренировок, наряду с другими предписаниями.

Стимулятор выполнен на современной элементной базе с широким использованием интегральных микросхем. Количество органов управления сведено к минимуму, что позволяет обслуживать прибор среднему медицинскому персоналу. Устройство, на наш взгляд, удовлетворяет самым разнообразным и противоречивым требованиям и позволяет объективно оценивать эффекты стимуляции.

В процессе педагогических экспериментов была разработана методика биомеханической коррекции элементов спортивной техники при обучении и двигательном совершенствовании в тренировке тяжелоатлетов, борцов вольного стиля, лыжников, футболистов и велосипедистов. У тяжелоатлетов по соответствующим программам при контроле стимулировались мышцы спины и ног в период двигательного совершенствования в рывке. У борцов вольного стиля стимулировались мышцы ног и спины при программируемой реализации захватов ног соперника (голова сбоку) в стойке. Лыжники использовали биоэлектрическую активацию мышц при отработке элементов техники лыжного хода, футболисты — ударов по мячу, велосипедисты — техники кругового педалирования.

Опыт применения в спортивной тренировке данного метода в условиях программируемой регламентации биомеханических характеристик элементов изучаемых движений позволяет судить об обнадеживающих перспективах интенсификации двигательного совершенствования с использованием биоэлектрической коррекции мышечной активности.