

---

---

**НОВЫЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ  
СИСТЕМЫ И ЭЛЕМЕНТЫ**

---

---

УДК 796.015.59

**ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ  
ЭЛЕКТРОМИОСТИМУЛЯТОРА ПОВЫШЕННОЙ МОЩНОСТИ**

© 2021 г. П. С. Мартьянов\*

*Научно-технологический центр уникального приборостроения РАН,  
ул. Бутлерова, 15, Москва, 117342 Российская Федерация*

*\*E-mail: La3232@mail.ru*

Поступила в редакцию 13.01.2021 г.

После доработки 13.01.2021 г.

Принята к публикации 23.01.2021 г.

Представлена разработка оригинального электромиостимулятора, а также исследованы функциональные возможности предлагаемого устройства. Основной особенностью данного устройства является получение выходного сигнала повышенной мощности, а также его применение в полуавтоматическом режиме. Данный электромиостимулятор был создан в НТЦ УП РАН на основе предыдущих разработок в этой области. Проведен пробный эксперимент с целью испытания данного прибора в тренировочном процессе спортсменов высокой квалификации.

DOI: 10.31857/S0033849421070081

### ВВЕДЕНИЕ

Среди множества разработанных спортивных электронных приборов представлены различные модели электромиостимуляторов. Особенность электромиостимуляции заключается в том, что она воздействует с помощью электрических сигналов на нервно-мышечный аппарат человека и активизирует большее количество мышечных волокон, чем при естественном мышечном сокращении. Это позволяет развивать большие мышечные усилия, а в случае невозможности осуществления самопроизвольных сокращений осуществлять движение в неподвижной до этого мышце. В различных литературных источниках отмечается положительное влияние на повышение физических качеств атлетов. Наиболее существенные отличия выявлены в показателях силы, гибкости и быстроты [1, 2]. Важно, что электромиостимуляционный (ЭМС) сигнал воздействует на нервно-мышечный аппарат атлетов как в статическом положении тела (так называемая электромиостимуляционная тренировка) [3], так и при воспроизведении упражнения в определенной фазе движения (в зависимости от тех двигательных задач, которые ставятся перед спортсменом в данный момент времени) [1]. Кроме того, режимы подачи ЭМС-сигналов на работающие мышцы атлетов могут быть различными, например, режим “двигательной подсказки” или режим “мощностного наполнения” [4]. Данный метод тренировочного воздействия применяется

в различных видах спорта: в тяжелой атлетике, велоспорте, силовом троеборье, легкой атлетике, гимнастике и др.

Представленный в работе электромиостимулятор имеет два выходных канала: первый канал работает в автоматическом режиме, что позволяет самостоятельно регулировать такие параметры, как частота выходного сигнала, амплитуда, длительность пачки импульсов, скважность. Второй выходной канал полуавтоматический, т.е. длительность самой пачки импульсов можно выбирать любую, это необходимо для ЭМС-тренировки в преодолевающей или уступающей фазе движения.

Для более эффективного воздействия ЭМС-сигнал может иметь различную форму импульсов, частоту, амплитуду, скважность. Перечисленные параметры могут варьироваться в широком диапазоне. В ходе экспериментальных исследований были определены оптимальные величины частоты и скважности [5]. Величина ЭМС-сигнала, как правило, ограничивается индивидуальными особенностями организма спортсменов. Что касается формы сигнала, то чаще применяется прямоугольная, реже – треугольная. Это связано с тем, что сигнал прямоугольной формы оказывает более масштабное воздействие на нервно-мышечный аппарат человека и делает мышечное сокращение гораздо мощнее, за счет вовлечения в работу большего числа двигательных единиц.

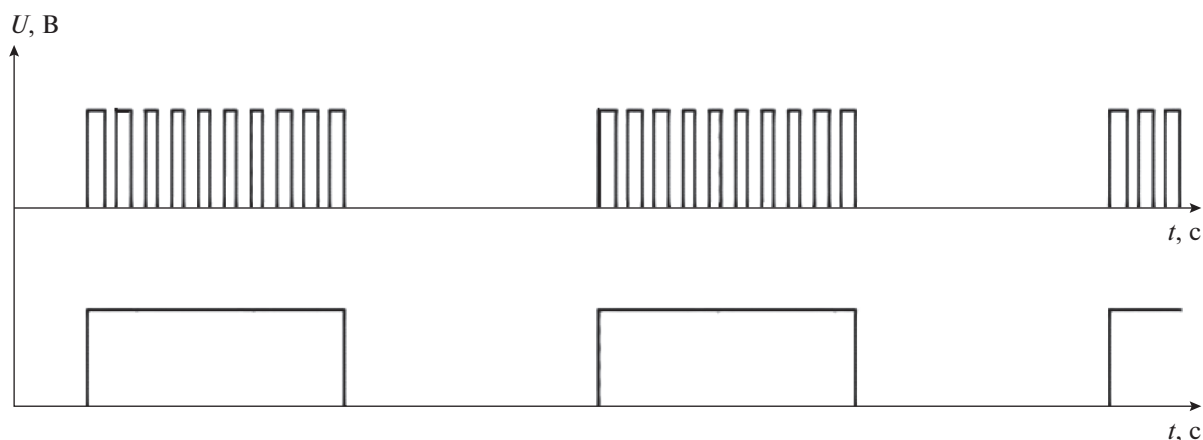


Рис. 1. Схематическое изображение сигнала в виде пачек импульсов.

## 1. ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА

Стандартная тренировка с использованием ЭМС-воздействия осуществляется в виде активации нервно-мышечного аппарата атлета серией последовательных пачек импульсов, с определенной частотой, длительностью и скважностью. Схематическое изображение выходного сигнала в виде последовательности импульсов представлено на рис. 1.

Отличие разработанного макета электромиостимулятора от предыдущего, реализованного нами устройства состоит в том, что воздействие на мышцы атлета производится непосредственно во время выполнения упражнения. При использовании автоматического режима работы (периодическая последовательность пачек импульсов) сложно подстроиться в ритм движения атлета при выполнении им упражнения. Для этого намного удобней использовать полуавтоматический режим работы устройства, когда воздействие сигнала на мышцы атлета осуществляется в нужный момент времени с целью развития максимальных усилий [6].

Мощность выходного ЭМС-сигнала зависит от разных параметров. У стимуляторов Миоволна-4, Миомодель-10, SilverFoxF-905, NV-2000X (а также их аналогов) интенсивность (мощность) воздействия достигается за счет увеличения длительности каждого импульса в пачке. В этом случае испытуемый чувствует более сильное сокращение мышц. В предлагаемом нами стимуляторе интенсивность воздействия на нервно-мышечный аппарат увеличивается за счет роста амплитуды сигнала без увеличения длительности импульсов. Результаты экспериментов показывают, что этот метод более эффективен для увеличения силовых показателей и больше подходит для спортсменов высокой квалификации. Кроме того, сокращение длительности импульсов в пачке дает

возможность осуществить ЭМС-воздействие непосредственно в движении, поскольку длительность определенных фаз в различных упражнениях измеряется секундами и миллисекундами. Второй выходной канал устройства работает в полуавтоматическом режиме, когда при включении тумблера на корпусе формируются пачки импульсов с теми же параметрами амплитуды и частоты, что и на первом выходном канале. Это особенно необходимо для более согласованного включения мышц при использовании устройства во время выполнения упражнения.

Фотография электромиостимулятора приведена на рис. 2. Основные его характеристики: напряжения питания 12 В, амплитуда выходного сигнала 12...60 В, форма сигнала — однополярный меандр, частота 50...110 Гц, длительность пачки импульсов 0.5...6 с.

Для генерации высоковольтного сигнала в макете использовался импульсный повышающий регулятор напряжения LM2577, который преобразовывает постоянное входное напряжение в напряжение на выходе в диапазоне 3.5...70 В. Данное решение позволило не использовать трансформаторы, которые являются громоздкими, занимают довольно большую площадь печатной платы и увеличивают габариты устройства и вес конструкции.

Для проектирования ниже предложенного макета электромиостимулятора использовалась структурная схема, которая представлена на рис. 3. Повышающий регулятор напряжения LM2577 преобразовывает входное напряжение питания 12 В в регулируемое напряжение от 12 до 60 В, необходимое для работы транзисторного ключа. Регулировка напряжения от 12 до 60 В осуществляется за счет переменных резисторов 16К1 номиналом 25 кОм. Стабилизатор напряжения LM7805 преобразовывает напряжение 12 в 5 В, что нужно для питания микросхем таймеров NE555 и элемента И-Не. Первый таймер генерирует импульсы в диапазоне ча-



Рис. 2. Макет электромиостимулятора.



Рис. 3. Структурная схема электромиостимулятора.

стот 50...110 Гц, второй таймер – в диапазоне частот 0.2...2 Гц. Регулировка частоты сигнала осуществляется с использованием переменных резисторов 16К1 номиналами 25 и 50 кОм. Далее эти два сигнала умножаются с инверсией микросхемой логики И-НЕ, в результате чего получаются уже пачки импульсов амплитудой около 5 В. Эти пачки импульсов поступают на вход транзисторного ключа на базе высоковольтных транзисторов MJD44H11 и MJD45H11, которые усиливают выходной сигнал в диапазоне значений амплитуд

12...60 В в зависимости от требований. Затем с выхода первого канал сигнал поступает на электроды из токопроводящей ткани, закрепленные на теле испытуемого. Полуавтоматический режим работы обеспечивает второй канал, формирующий непрерывный импульсный сигнал с такими же значениями амплитуды и частоты с тем отличием, что сигнал подается на выход 2 при нажатии тактовой кнопки, поэтому использование второго таймера и умножителя не нужно. Если кнопка не нажата, то на выходе 2 сигнала нет. В



Рис. 4. Фотография внешнего вида печатного узла.

цепях 1 и 2 канала стоят вольтметры, которые показывают выходную амплитуду сигнала.

Фотография внешнего вида печатного узла макета устройства представлена на рис. 4.

На заключительном этапе был проведен пробный эксперимент с разработанным макетом. ЭМС-воздействие производилось на мышцы рук предплечья с амплитудой сигнала в диапазоне 30...55 В с частотой в диапазоне 60...100 Гц в течение одного месяца два-три раза в неделю по 10–15 мин. Силовые показатели мышц предплечья измеряли на ручном динамометре. В результате эксперимента, сила сгибателей мышц кисти увеличилась в среднем на 30%.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработан макет высоковольтного электромиостимулятора. Для реализации высоковольтных цепей применялся преобразователь напряжения LM2577, что дало значительный выигрыш по габаритам и массе устройства по сравнению с использованием трансформатора.

2. Реализован полуавтоматический канал, дающий возможность использовать устройство в нужный момент при выполнении атлетом упражнения.

3. Проведен пробный эксперимент, показывающий эффективность применения макета электромиостимулятора для увеличения силовых показателей атлетов высокой квалификации.

4. По результатам работы был получен патент на полезную модель [7].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мартьянов С.С.* Методические приемы адаптивной коррекции движения в тяжелоатлетических упражнениях и их реализация при помощи программируемых устройств: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. М.: Всесоюз. научно-исслед. ин-т физической культуры (ВНИИФК), 1989. 20 с.
2. *Мартьянов С.С., Кубышева Н.Л., Мартьянов П.С.* // Междунар. сб. научных трудов “Интеграция мировых научных процессов как основа общественного прогресса”. Вып. 44. Казань: Общество науки и творчества. 2016. С. 183.
3. *Коц Я.М.* Спортивная физиология. Учебник. М.: Физкультура и спорт, 1998. С. 200.
4. *Ратов И.П.* // Теория и практика физической культуры. 1976. № 10. С. 66.
5. *Мартьянов С.С.* // Обучение и воспитание: методики и практика. 2015. № 23. С. 104.
6. *Мартьянов П.С., Чуриков Д.В.* // РЭ. 2020. Т. 65. № 10. С. 1037.
7. *Мартьянов П.С.* Электромиостимулятор повышенной мощности // Пат. РФ № 191018. Оpubл. офиц. бюл. “Изобретения. Полезные модели” № 20. 18.07.2019 г.