



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

ДЛЯ СЛУЖЕБНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКЗ. №

000050

(19) **SU** (11) **1550671**

A1

(51) 5 А 61 N 1/36

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГКНТ СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 4414458/28-14

(22) 21.04.88

(72) В.В.Шпак и А.А.Остапенко

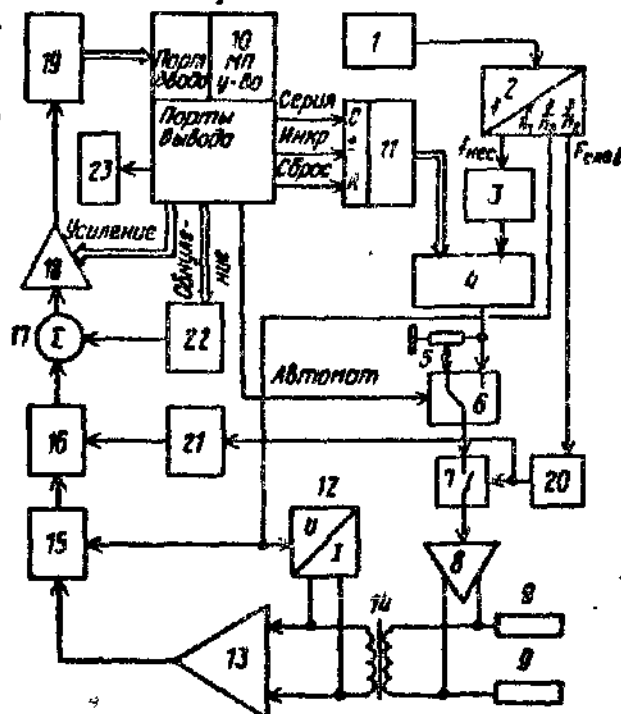
(53) 615.471(088.8)

(56) Авторское свидетельство СССР
№ 1480179, кл. А 61 N 1/36, 1989.

(54) ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯТОР

(57) Изобретение относится к медицинской технике, а именно к электростимуляторам для чрескожного воздействия на нервно-мышечный аппарат скелетных мышц, и может быть использовано в клинической и спортивной практике для лечения, профилактики, тренировки, диагностики или исследования. Цель изобретения - повышение эффективности стимуляции путем обеспечения контроля дозирования и

нормирования стимуляционного воздействия. Электростимулятор содержит генератор 1 импульсов, делитель 2 частоты, формирователь 3 синусоидальных колебаний, первый цифроаналоговый преобразователь 4, регулятор 5 амплитуды, ключ 7, усилитель мощности 8, электроды 9, микроЭВМ 10, счетчик 11, преобразователь 12 напряжение - ток, усилитель 13, трансформатора 14, синхронный детектор 15, запоминающее устройство 16, сумматор 17, второй усилитель 18, аналого-цифровой преобразователь 19, формирователь 20 импульсов, второй цифроаналоговый преобразователь 22, расширитель 21 импульсов. Работой электростимулятора управляет микроЭВМ. 10. 1 ил.



Изобретение относится к медицине, а именно к электростимуляторам.

Цель изобретения - повышение эффективности стимуляции путем обеспечения контроля дозирования и нормирования стимуляционного воздействия.

На чертеже изображена схема электростимулятора.

Устройство содержит генератор 1 импульсов, делитель 2 частоты, формирователь 3 синусоидальных колебаний, первый цифроаналоговый преобразователь 4, регулятор 5 амплитуды, переключатель 6, ключ 7, усилитель 8 мощности, электроды 9, микроЭВМ 10, счетчик 11, преобразователь 12 напряжения - ток, первый усилитель 13, трансформатор 14, синхронный детектор 15, запоминающее устройство 16, сумматор 17, второй усилитель 18, аналого-цифровой преобразователь 19, формирователь 20 импульсов, расширитель 21, второй цифроаналоговый преобразователь 22 и регистратор 23.

Устройство работает следующим образом.

Импульсный сигнал с выхода генератора 1 импульсов поступает на вход делителя 2 частоты, где и производится соответственно деление частоты входного сигнала на n 1, n 2 и n 3. Импульсный сигнал со второго выхода делителя 2 частоты, задающий частоту следования стимулов, используется затем для формирования необходимой длительности стимулов в формирователе 20 импульсов. Сформированный таким образом, импульсный сигнал с требуемой частотой и длительностью поступает на один вход ключа 7.

С первого выхода делителя 2 частоты импульсный сигнал в виде меандра поступает на вход формирователя 3 синусоидальных колебаний, представляющего собой, по сути, полосовой фильтр, настроенный на первую гармонику входного сигнала. Таким образом, в формирователе 3 синусоидальных колебаний фильтруется вторая и более высокие гармоники входного импульсного сигнала, и на его выходе имеется синусоидальный сигнал, который поступает на аналоговый вход умножающего первого цифроаналогового преобразователя 4. Амплитуда синусоидального сигнала на выходе первого цифроаналогового преобразователя 4 зависит от кода, поступающего на его цифровой вход.

Кроме того, амплитуда сигнала с выхода первого цифроаналогового преобразователя 4 может дополнительно регулироваться при помощи регулятора 5 амплитуды, представляющего собой переменный резистор. Это позволяет установить необходимую величину сокращения стимулируемой мышцы в ручном режиме.

Формирование радиоимпульсных стимулов осуществляется при помощи ключа 7. Попеременное его замыкание приводит к появлению радиоимпульсов (стимулов) на входе усилителя 8 мощности с требуемыми параметрами. После усиления стимулы поступают на электроды 9. Применение одного генератора 1 импульсов и последующее деление частоты делителем 2 частоты позволяет строго их фазировать, то есть каждый радиоимпульс всегда начинается с нулевой разницей фаз. Такое фазирование стимулов повышает качество электро- стимуляции за счет равномерного ответа стимулируемых структур на пачку стимулов. Равномерность ответа стимулируемых структур, то есть плавность мышечного сокращения является результатом того, что в течение пачки все стимулы начинаются с нулевой фазой несущего сигнала, а не с произвольной фазой, вызывающей фибрилляцию стимулируемой мышцы.

На электроды 9 поступает также высокочастотный сигнал с третьего выхода делителя 2 частоты через преобразователь 12 напряжение - ток и трансформатор 14. Межэлектродное сопротивление стимулируемой мышцы оказывает шунтирующее влияние, поэтому амплитуда высокочастотного сигнала на входе первого усилителя 13 зависит от величины этого сопротивления. При произвольном или вызванном электростимуляцией сокращении мышцы ее сопротивление увеличивается пропорционально силе сокращения. Поэтому напряжение на входе и выходе первого усилителя 13 будет зависеть от величины сокращения стимулируемой мышцы. Для исключения шунтирования межэлектродного сопротивления выходным сопротивлением усилителя 8 мощности последнее должно быть значительно больше первого. Это может быть достигнуто, например, включением на выходе усилителя 8 мощности нелинейных элементов в виде встречно-парал-

лельно включенных диодов. Усиленное первым усилителем 13 переменное напряжение далее выпрямляется синхронным детектором 15, обеспечивающим высокую помехозащищенность измеряемого сигнала, поступает на динамическое запоминающее устройство 16. Управление работой запоминающего устройства 16 осуществляется синхронными со стимулами импульсами формирователя 20 импульсов. Для исключения влияния поляризационных явлений, возникающих на границе раздела электрод - кожа, длительность синхронизирующих импульсов формирователя 20 импульсов увеличена при помощи расширителя 21 импульсов.

Таким образом, в запоминающем устройстве 16 хранится сигнал о величине сокращения мышцы в промежуток времени действия высокоамплитудного стимула и следовых влияний (поляризации). Так как скважность стимулов достаточно большая, то запоминание сигнала на время действия стимула не оказывает отрицательного влияния на этот информативный сигнал. На выходе запоминающего устройства 16 имеется постоянное напряжение, амплитуда которого зависит от величины сопротивления стимулируемого участка ткани и его изменения при сокращении мышцы и не зависит от амплитуды стимулов. Дальнейшая работа электростимулятора зависит от алгоритмической информации, определяемой программой функционирования, хранящейся в постоянном запоминающем устройстве микроЭВМ 10.

В начале проведения процедуры электростимуляции необходимо ввести данные с пульта управления микроЭВМ 10 об усилении реоплетизмограммы, длительностей пачек стимулов и пауз между ними, а также выбрать режим электростимуляции. Электростимулятор позволяет работать в двух режимах - ручном и автоматическом. В ручном режиме необходимо устанавливать амплитуду стимулов при помощи регулятора 5 амплитуды, а в автоматическом режиме амплитуда стимулов задается программно и поддерживается автоматически таким образом, чтобы величина сокращения стимулируемой мышцы в течение пачки стимулов была постоянной и равна заданной.

При выборе ручного режима работы по цепи "Автомат" поступает сигнал на переключатель 6, подключая вход ключа 7 к выводу регулятора 5 амплитуды. Затем необходимо выбрать вид и значение дозы. Возможными вариантами видов дозы может быть, например, дозирование длительности процедуры по времени, либо по утомлению стимулируемых структур, либо по величине работы, выполняемой стимулируемой мышцей. Дозирование по времени заключается в автоматическом прекращении процедуры электростимуляции по истечении заданного промежутка времени. Дозирование по утомлению заключается в автоматическом прекращении процедуры электростимуляции, если текущая амплитуда сокращения стимулируемой мышцы или текущая площадь под кривой сокращения мышцы в ответ на пачку стимулов уменьшится на заданную величину по сравнению с сокращением в начале процедуры. Дозирование по работе заключается в автоматическом прекращении процедуры электростимуляции, если суммарная площадь всех кривых сокращений мышцы в ответ на пачки стимулов достигнет заданного значения.

Далее по выбранному виду дозы задают ее значение, например при дозировке по времени 15 мин, при дозировке по утомлению 50%, при дозировке по оценке работы 500 Ом·с или другие значения дозы.

После задания дозы начинается процедура электростимуляции. По цепи "Сброс" производится сброс информации счетчика 11 и удержание его в этом состоянии на время паузы. В этот промежуток времени производится измерение базового сопротивления стимулируемого участка ткани, для чего по цепи "Обнуление" поступает цифровой код, обеспечивающий нулевой аналоговый сигнал на выходе второго цифроаналогового преобразователя 22. По цепи "Усиление" поступает сигнал, устанавливающий единичное усиление второго усилителя 18 с цифровым управлением. Сигнал с выхода второго усилителя 22 с цифровым управлением, несущий информацию о базовом сопротивлении стимулируемого участка ткани, через аналого-цифровой преобразователь 19 поступает на микроЭВМ 10, где запоминается.

По завершении промежутка времени паузы из микроЭВМ 10 по цепи "Сброс" поступает разрешающий сигнал на счетчик 11 на промежуток времени пачки. По цепи "Обнуление" на вход второго цифроаналогового преобразователя 22 поступает цифровой сигнал о значении базового сопротивления. Аналоговый сигнал с выхода второго цифроаналогового преобразователя 22 поступает на вход вычитания сумматора 17 и, таким образом, осуществляется компенсация базового сопротивления. Из микроЭВМ 10 поступает сигнал на увеличение усиления второго усилителя 18 с цифровым управлением до заданного значения. На вход аналого-цифрового преобразователя 19 поступает аналоговый сигнал об изменении базового сопротивления, связанного с сокращением стимулируемой мышцы, с требуемым усилением и компенсацией значения базового сопротивления. После этого производится запись кривой изменения базового сопротивления. Одновременно с этим из микроЭВМ 10 по цепи "Инкр." поступает на счетчик 11 сигнал на суммирование импульсов, а по цепи "Серия" на счетный вход счетчика 11 поступает $N_{\text{макс}}$ количество импульсов. Темп поступления этих импульсов обеспечивает плавное сокращение стимулируемой мышцы. При помощи регулятора 5 амплитуды стимулов удерживают необходимую величину сокращения стимулируемой мышцы, которую возможно наблюдать на экране дисплея микроЭВМ 10.

После каждой пачки стимулов имеется возможность изменить значение параметров и режима, а также производится измерение значения дозы по выбранному виду. Если доза не выполнена, то цикл пауза - пачка продолжается. При выполнении заданной дозы процедура электростимуляции автоматически прекращается, то есть во время пачки через микроЭВМ 10 по цепи "Серия" на счетный вход счетчика 11 не поступают импульсы и на его выходе имеется нулевой код, что соответствует отсутствию синусоидальных колебаний на выходе умножающего первого цифроаналогового преобразователя 4. После прекращения процедуры электростимуляции имеется возможность просмотреть записанные в память микроЭВМ 10 кривые мышечного сокращения и произвести

необходимый их обмер (амплитуду, площадь, время и т.д.). При необходимости интересующий участок кривой мышечного сокращения может быть документирован через микроЭВМ 10 регистратором 23.

При выборе автоматического режима работы из микроЭВМ 10 по цепи "Автомат" поступает сигнал на переключатель 6, подключая вход аналогового ключа 7 к выходу первого цифроаналогового преобразователя 4. Затем необходимо выбрать вид и значение дозы. Возможным вариантом видов дозы может быть, например, дозирование длительности процедуры по времени, либо по величине работы, выполняемой стимулируемой мышцей. По выбранному виду дозы задают ее значение, затем нормируют амплитуду сокращения стимулируемой мышцы. Нормирование заключается в задании амплитуды сокращения стимулируемой мышцы, которая будет являться ответной реакцией на электрической воздействию как части от максимально возможной величины сокращения этой мышцы, то есть

$$R_{\text{зад}} = K \Delta R_{\text{макс}}$$

где $R_{\text{зад}}$ - заданная величина сокращения стимулируемой мышцы;

K - коэффициент, лежащий в пределах 0,1-0,9;

$\Delta R_{\text{макс}}$ - максимально возможная величина сокращения стимулируемой мышцы.

Собственно, нормирование заключается в задании коэффициента K , вводимого с клавиатуры пульта управления микроЭВМ 10. Дальнейшая процедура состоит из двух этапов - этапа тестирования и этапа электростимуляции.

Суть тестирования заключается в постепенном увеличении амплитуды стимулов с необходимой скоростью и определении максимальной величины сокращения стимулируемой мышцы $\Delta R_{\text{макс}}$, то есть той величины сокращения стимулируемой мышцы, которая не изменяется с увеличением амплитуды стимулов (насыщение).

Этап тестирования начинается с формирования паузы - аналогично этапу в ручном режиме. Затем формируется первая пачка стимулов, отличительной особенностью которой является периодическая, например через каждые 20 мс, выдача импульсов через микроЭВМ 10

по цепи "Серия". Одновременно с увеличением амплитуды стимулов производится запись в память микроЭВМ 10 информации о величине сокращения стимулируемой мышцы анализ этой кривой по выходу на плату. Выход на плату свидетельствует о включении в процесс сокращения стимулируемой мышцы всех ее мышечных волокон, то есть о насыщении. После достижения платы измеряется максимальное значение амплитуды сокращения стимулируемой мышцы $\Delta R_{\text{макс}}$, которое условно принимается за 1 или же за 100%, то есть за функциональную возможность стимулируемой мышцы, и запоминается в микроЭВМ 10 и производится сброс счетчика 11. На этом этап тестирования закончен. Далее начинается этап электростимуляции с формирования паузы, как это описано выше. Затем формируется пачка стимулов, как и в ручном режиме, за исключением того, что в процессе выдачи импульсов микроЭВМ 10 по цепи "Серия" производит анализ необходимости увеличения или уменьшения амплитуды стимулов. Для этого в микроЭВМ 10 анализируется кривая $\Delta R_{\text{тек}}$, то есть ответная реакция стимулируемой мышцы. Если амплитуда сокращения стимулируемой мышцы $\Delta R_{\text{тек}}$ меньше заданной величины сокращения $\Delta R_{\text{зад}}$, то продолжается выдача импульсов и продолжает поступать сигнал на суммирование импульсов в счетчике 11. Если же амплитуда сокращения стимулируемой мышцы $\Delta R_{\text{тек}}$ больше заданной величины сокращения $\Delta R_{\text{зад}}$, то по цепи "Инкр." на счетчик 11 поступает сигнал на вычитание. Таким образом, осуществляется автоматическое поддержание ответной реакции стимулируемой мышцы $\Delta R_{\text{тек}}$ в течение длительности пачки на уровне заданного значения $\Delta R_{\text{зад}}$. Цикл пауза-пачка продолжается до достижения заданного значения дозы. Когда доза выполнена, электростимуляция автоматически прекращается и имеется возможность просмотреть записанные в память микроЭВМ 10 кривые мышечного сокращения и произвести необходимый их обмер. При необходимости кривая может быть документирована через регистратор 23.

Таким образом, предлагаемый электростимулятор по сравнению с известным обладает рядом технических преимуществ, которые позволяют расширить

область его применения. Этими преимуществами являются: контроль процедуры электростимуляции по величине сокращения стимулируемой мышцы, являющийся физиологическим показателем; дозирование длительности процедуры по таким физиологическим показателям, как утомление стимулируемых структур, или величине работы, выполненной стимулируемой мышцей; нормирование величины сокращения стимулируемой мышцы в зависимости от ее функционального состояния, что позволяет практически полностью автоматизировать процедуру электростимуляции. Кроме того, в предлагаемом биоуправляемом электростимуляторе имеется возможность программно изменять параметры и режимы электростимуляции в процессе выполнения процедуры электростимуляции.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Электростимулятор, содержащий микроЭВМ, счетчик, входы которого подключены к группе выходов микроЭВМ, генератор импульсов, формирователь синусоидальных колебаний, формирователь импульсов, делитель частоты, вход которого подключен к выходу генератора импульсов, а первый и второй выходы подключены к входам формирователя синусоидальных колебаний, и формирователя импульсов, регулятор амплитуды, первый цифроаналоговый преобразователь, входы которого соединены с выходами счетчика, другой вход подключен к выходу формирователя синусоидальных колебаний, а выход соединен с регулятором амплитуды, и последовательно соединенные ключ, один вход которого подключен к выходу формирователя импульсов, усилитель мощности и электроды, отличающийся тем, что, с целью повышения эффективности стимуляции путем обеспечения контроля дозирования и нормирования стимуляционного воздействия, он содержит первый усилитель, преобразователь напряжение - ток, трансформатор, одни выводы которого подключены к электродам, а другие - к выходам преобразователя напряжение - ток и входам первого усилителя, запоминающее устройство, синхронный детектор, выход которого подключен к одному входу запоминающего устройства, один вход подключен к выходу первого усилителя, а другой вход сое-

динен с третьим выходом делителя частоты и входом преобразователя напряжение - ток, расширитель импульсов, вход которого подключен к выходу формирователя импульсов, а выход соединен с другим входом запоминающего устройства, второй цифроаналоговый преобразователь, сумматор, второй усилитель, аналого-цифровой преобразователь, регистратор и переключатель, 10
одни входы которого подключены к выходам регулятора амплитуды и первого цифроаналогового преобразователя, а выход соединен с другим входом ключа, 15
причем первый, второй, третий и чет-

вертый выходы микроЭВМ соединены соответственно с другим входом переключателя, входом второго цифроаналогового преобразователя, одними входами второго усилителя и входом регистратора, вход микроЭВМ подключен к выходу аналого-цифрового преобразователя, вход которого соединен с выходом второго усилителя, один вход сумматора подключен к выходу запоминающего устройства, другой вход подключен к выходу второго цифроаналогового преобразователя, а выход соединен с другим входом второго усилителя.

Редактор С.Рекова

Составитель Б. Попов

Техред А.Кравчук

Корректор Л.Патай

Заказ 578/ДСП

Тираж 358

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г.Ужгород, ул. Гагарина, 101