

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY PATENTU TYMCZASOWEGO

77 972

Patent tymczasowy dodatkowy
do patentu _____

Kl. 21g,24/01

Zgłoszono: 20.09.1971 (P. 150 581)

Pierwszeństwo: _____

MKP A61n 1/36

Zgłoszenie ogłoszono: 30.05.1973

Opis patentowy opublikowano: 30.05.1975

Twórca wynalazku: Roman Paśniczek

Uprawniony z patentu tymczasowego: Akademia Medyczna, Warszawa (Polska)

Stymulator nerwów do wspomagania ruchu kończyn

Przedmiotem wynalazku jest stymulator nerwów służący do wywołania lub wspomagania ruchów kończyn. Stymulatorem według wynalazku stymuluje się nerwy zaopatrujące mięśnie lub grupy mięśniowe odpowiedzialne za ruchy w określonym stawie.

Znane jest stosowanie elektronicznego aparatu ortopedycznego stymulującego dla uzyskania zgięcia grzbietowego i unoszenia zewnętrznego brzegu stopy, przy czym nerw strzałkowy stymuluje się impulsami elektrycznymi wytworzonymi w układzie z dławikiem. W układzie tym impuls o wartości amplitudy rzędu kilku woltów przychodzący na wejście przetwarza się do wartości kilkudziesięciu woltów na wyjściu. Wykorzystuje się w nim zjawisko gromadzenia się energii w rdzeniu i uzwojeniu dławika, oraz powstawania na nim przepięcia w momencie zaniku przepływu prądu uprzednio przezeń płynącego.

Elementem kluczującym przepływ prądu przez dławik jest tranzystor połączony w obwodzie szeregowo z dławikiem, opornikiem regulowanym i źródłem zasilania. Tranzystor kluczujący sterowany jest w obwodzie bazy z typowego generatora impulsów prostokątnych, pracującego w układzie multiwibratora astabilnego. Multiwibrator generujący serię impulsów w czasie odpowiadającym i równym okresowi wymaganego zgięcia stopy. W pozostałym odcinku cyklu chodu multiwibrator nie pracuje na skutek odłączenia go od źródła zasilania. Załączanie i odłączanie napięcia zasilania od multiwibratora astabilnego sterowane jest przez multiwibrator monostabilny uruchamiany impulsem z układu wyzwalającego.

Układ wyzwalający dostarcza impulsów w momencie zwarcia się styków mikrowyłącznika umieszczonego w obszarze buta porażonej nogi chorego w chwili oderwania przez niego pięty od podłoża. Impulsy uzyskane na wyjściu aparatu podawane są w okolicę nerwu strzałkowego poprzez elektrody powierzchniowe, które ustalone są na nodze za pomocą elastycznej opaski. Opornik regulowany, połączony szeregowo z dławikiem w obwodzie jego zasilania służy do regulacji wartości amplitudy impulsu stymulującego.

W znanych dotychczas stymulatorach występuje wiele niedogodności. Układ wyjściowy jest nieekonomiczny pod względem poboru prądu, co powoduje konieczność częstego ładowania baterii. Wynika to stąd, że wartość prądu płynącego przez uzwojenie dławika w chwili jego zaniku w uzwojeniu określa wielkość energii zgromadzonej w dławiku, oraz równocześnie limituje wielkość napięcia przepięcia występującego na nim, a więc

musi być stosunkowo duża, by zapewnić wymaganą moc i wartość napięcia w impulsie. Ponieważ prąd płynie przez dławik w okresie całej przerwy między impulsami, co nie jest konieczne dla prawidłowej pracy układu, więc średnia wartość prądu pobieranego ze źródła zasilania przez ten układ jest zawyżona.

Element kluczujący przepływ prądu przez uzwojenie dławika musi spełniać ostre wymagania na wytrzymałość na przebicie, gdyż występuje na nim pełna wartość napięcia przepięcia. Napięcie to z chwilą zwiększenia się oporności obciążenia, przed czym nie jesteśmy w stanie zabezpieczyć się, ze względu na wysychanie elektrod lub rozwarcie się obwodu obciążenia, znacznie przekracza maksymalną wielkość napięcia bodźca. Dlatego zastosowano element ograniczający w postaci diody Zenera. Tak więc układ kluczowania wymaga stosowania specjalnego tranzystora o bardzo wysokich napięciach przebicia U_{CEO} i U_{CBO} oraz jednej wysokonapięciowej diody Zenera, lub kilku połączonych szeregowo.

Z kolei dławik wytwarzający wysokonapięciowe impulsy stymulujące wymaga stosowania takich materiałów ferromagnetycznych na rdzeń, by przy wymaganych dla urządzeń noszonych przez chorych niewielkich rozmiarach i małym ciężarze oraz przy stosunkowo niedużej wielkości prądu przepływającego przez uzwojenie, kumulował energię zapewniającą wymaganą moc i wielkość napięcia w czasie trwania impulsu stymulującego.

W stosowanym dotychczas stymulatorze nie można uzyskać bodźców stymulujących o czasie trwania rzędu kilku milisekund, co konieczne jest niekiedy dla uzyskania prawidłowego efektu stymulacji. Regulacji amplitudy impulsu stymulującego polegająca w dotychczas stosowanym rozwiązaniu na regulacji wartości prądu przepływającego przez dławik, za pomocą opornika regulowanego jest słuszną dla konkretnego obciążenia.

W wypadku oporności obciążenia napięcia impulsu wyjściowego zmienia się. Po pewnym czasie następuje zwiększanie oporności obciążającej na skutek wysychania i zwiększania się oporności elektrod, więc wartość napięcia impulsu wyjściowego rośnie.

W przypadku znacznego wzrostu wartości oporności powoduje to występowanie zjawiska, które chory odczuwa jako bolesne pieczenie lub szczypanie w miejscu przyłożenia elektrod, przy jednoczesnym zmniejszaniu się lub braku efektu stymulacji.

Układ wyzwalania multiwibratora monostabilnego zadającego czas trwania serii impulsów stymulujących wymaga użycia mikrowyłącznika o bardzo małych wymiarach. Zastosowanie mikrowyłącznika pociąga za sobą konieczność wykonania odpowiedniej konstrukcji mechanicznej mocującej mikrowyłącznik, zapewniającej prawidłową jego pracę i zabezpieczającej go przed uszkodzeniem. To znacznie podraża koszt aparatu, a równocześnie obniża niezawodność całości urządzenia. Ponadto ze względu na rozmiary konstrukcja ta wymaga adaptacji obuwia chorego, ponieważ musi być umieszczona pod piętą porażonej nogi chorego, na przykład w obcasie buta, tak by nie była przyczyną dolegliwości. Pociąga to za sobą uszkodzenie obuwia, gdyż po wyjęciu jej, obuwie to nadaje się do użytku dopiero po ponownej adaptacji.

Wszystki omówione wyżej rozwiązania konstrukcyjne podnoszą znacznie koszt urządzenia i zmniejszają w pewnym stopniu jego niezawodność, a niektóre z nich wręcz zniechęcają chorego do używania aparatu.

Celem wynalazku jest usuwanie tych niedogodności, czyli znaczne obniżenie kosztu i zwiększenie niezawodności urządzenia, wyeliminowanie konieczności adaptacji obuwia chorego dla zamontowania w nim elementu wyzwalającego oraz zabezpieczenie chorego przed możliwością wystąpienia niepożądanego efektu jakim jest ból w czasie stymulacji.

Aby osiągnąć ten cel wytyczono sobie zadanie opracowania stymulatora pozwalającego na zastosowanie elementów ogólnie dostępnych, prostych i niezawodnych. Stymulator powinien nadawać się do zastosowania bez konieczności zaopatrywania kończyny w układ adaptacyjny.

Zgodnie z wytyczonym zadaniem zewnętrzne stymulowanie nerwów uzyskuje się według wynalazku dzięki temu, że indywidualny stymulator składa się z układu wyjściowego z autotransformatorem, połączonego z obcinaczem diodowym, który jest sprzężony z układem zadającym czas trwania bodźców oraz generatorem impulsów.

Układ zadający czas trwania stymulacji połączony jest z układem wyzwalania zawierającym płaski zestyk dociskowy.

Układ wyjściowy podwyższający amplitudę impulsów zawiera wtórnik emiterowy wykonany na tranzystorze i autotransformatorze podwyższającym napięcie. Niskonapięciowa część uzwojenia autotransformatora umieszczona jest w obwodzie emiterowym tranzystora. Układ wyjściowy zawiera na wejściu potencjometr regulujący amplitudę bodźca stymulacyjnego. Obcinacz diodowy kształtujący wielkości amplitud kolejno po sobie następujących bodźców stymulacyjnych sprzężony jest z układem zadającym czas trwania serii bodźców.

Układ wyzwalania serii bodźców składa się ze zwieranego zestyku dociskowego połączonego z rozładowywanym kondensatorem w zespole oporników i separującej diody.

Stymulator nerwów według wynalazku posiada zalety wynikające, przede wszystkim, z zastosowania układu wtórnika z autotransformatorem do przetwarzania amplitudy impulsu, regulacji wielkości bodźca

potencjometrem na wejściu wtórnika, oraz układu wyzwalania dającego impuls wyzwalający w chwili rozwarcia się kontaktów zestyku i samej konstrukcji zestyku pozwalającej na umieszczenie go bezpośrednio pod piętą, lub zamontowania we wkładce do buta.

Układ wyjściowy aparatu jest bardzo ekonomiczny pod względem poboru prądu ze źródła zasilania, a to z dwu powodów. Po pierwsze odtykany jest tylko w czasie trwania impulsu, w pozostałym okresie, to znaczy w czasie przerwy między impulsami, jest zatkany. Prąd pobierany w czasie odetkania jest niewiele większy od wymaganej wartości prądu wynikającej z wielkości mocy wydzielającej się na obciążeniu. Zwiększenie prądu wynika jedynie ze strat mocy na autotransformatorze i prądu magnesującego rdzeń. Po drugie w wypadku zmniejszenia się obciążenia maleje również wartość pobieranego prądu i osiąga wartość prądu jałowego w chwili rozwarcia się obwodów obciążenia. Stymulator nie wymaga stosowania elementów specjalnych, bowiem możliwy jest do zrealizowania na elementach o przeciętnych parametrach elektrycznych. Materiały ferromagnetyczne stosowane na rdzeń autotransformatora w przeciwieństwie do dławika posiadają prostokątną i wąską pętlę histerezy. Zapewniają w związku z tym niskie straty mocy na autotransformatorze, a ze względu na niewielką kumulację energii powodują mniejsze przepięcia w chwili zaniku przepływu prądu i dzięki temu można je bardzo łatwo zlikwidować blokując uzwojenie niskonapięciowe diodą, kondensatorem lub nawet opornikiem.

Zastosowanie wtórnika z autotransformatorem na wyjściu powoduje małą zależność napięcia stymulującego od charakteru obciążenia ze względu na niską oporność wyjściową, jednoznaczność regulacji wielkości amplitudy impulsu wyjściowego zarówno dla układu z obciążeniem znamionowym jak i bez obciążenia oraz możliwość przetransformowania impulsu o czasie trwania kilku milisekund.

Zaletą układu wyzwalania jest to, że daje możliwość zastosowania prostego zestyku dociskowego w miejsce mikrowyłącznika jako elementu wyzwalającego, służącego do samoczynnego załącznika stymulacji w czasie chodu. Z kolei zesty, ze względu na jego minimalną grubość, pozwala na umieszczenie bezpośrednio pod piętą lub we wkładce do buta. To wyklucza konieczność dokonywania adaptacji obuwia chorego przy zaaparowaniu.

Ponadto układ obcinacza diodowego użyty w rozwiązaniu według wynalazku do kształtowania wielkości amplitud bodźców nie powoduje zmian ich czasu trwania i częstotliwości powtarzania w chwili załączenia i wyłączenia stymulacji, ponieważ generator impulsów pracuje ciągle. Impulsy z generatora przycinane są amplitudowo w układzie obcinacza do poziomu, który może być dowolnie uformowany w odcinku czasu odpowiadającym okresowi stymulacji. Oprócz tego nie powoduje zmniejszania maksymalnej wartości amplitudy, co ma miejsce w wypadku zastosowania tranzystora szeregowego. Wykorzystanie stymulatora szczególnie w przypadkach porażień połowicznych, czyli hemiplegii, do stymulacji nerwu strzałkowego i promieniowego daje znaczną poprawę funkcji chodu i funkcji chwytnej ręki. Stymulując nerw strzałkowy hemiplegika powoduje się zgięcie grzbietowe i unoszenie zewnętrznego brzegu stopy w fazie przenoszenia kończyny porażonej, a tym samym ułatwia się jego samodzielności lokomocyjną oraz poprawia estetykę chodu. W przypadkach zastosowania aparatu bezpośrednio po porażeniu i systematycznym jego używaniu porażona funkcja stopniowo i stosunkowo szybko ulega poprawie.

Urządzenie do stosowania według wynalazku jest dokładnie wyjaśnione na podstawie jego przykładu wykonania.

Przedmiot wynalazku jest uwidoczniony na przykładzie wykonania na rysunku, który przedstawia schemat elektryczny stymulatora.

Jak uwidoczniono na fig. 1 układ wyjściowy 1 połączony jest z obcinaczem diodowym 2, generatorem impulsów 3, układem zadającym czas serii bodźców 4 i układem wyzwalania 5 z płaskim zestykiem dociskowym 6 oraz elektrodami stymulującymi 7.

Jak już wspomiano, stymulator uruchamiany jest w przypadku dostarczania bodźców do stymulacji nerwu strzałkowego, płaskim podstopowym zestykiem dociskowym umieszczonym pod piętą porażonej nogi chorego.

W układzie wyjściowym 1 przetwarza się amplitudy impulsów od wartości pojedynczych woltów do kilkudziesięciu woltów na elektrodach. Układ 1 wykonany jest na tranzystorze pracującym jako wtórnik emiterowy i autotransformatorze podwyższającym napięcie, którego niskonapięciową część uzwojenia umieszczono w obwodzie emiterowym tranzystora. Masa układu i koniec wysokonapięciowej części uzwojenia połączone są przewodami elektrycznymi z powierzchniowymi elektrodami stymulacyjnymi 7, które przykładają się w okolicy nerwu strzałkowego i ustala się na nodze za pomocą opaski elastycznej.

Wtórnik układu wyjściowego steruje się napięciem z suwaka potencjometru będącego obciążeniem poprzedniego stopnia, na który przychodzą impulsy generatora impulsów 3 o amplitudzie formowanej w układzie obcinacza diodowego 2. Potencjometrem reguluje się amplitudę impulsów przychodzących na wejście wtórnika. Zmiany amplitudy na wejściu powtarzane są na wyjściu wtórnika, czyli na odczepie niskonapięciowym autotransformatora, a zwielokrotnione przez jego przekładnicę przenoszą się na elektrody. W efekcie regulując potencjometrem napięcie na wejściu układu przetwarzającego uzyskuje się proporcjonalne zmiany napięcia

bodźca stymulującego. Warunki pracy wtórnika są tak dobrane by w okresie przerwy między impulsami był on zatkany, czyli nie przewodził i nie pobierał prądu ze źródła zasilania. W momencie przyjścia impulsu na jego wejście następuje odetkanie tranzystora i wytworzenie bodźca o wartości odpowiadającej ustawieniu na potencjometrze. Energia skumulowana w rdzeniu i uzwojeniu autotransformatora w czasie przepływu prądu w impulsie, która jest przyczyną powstania przepięć na uzwojeniu w chwili zaniku prądu podczas opadania impulsu wytrąca się na diodzie przyłączonej równolegle do części niskonapięciowej uzwojenia.

Obcinacz diodowy 2 wykonany jest na jednej diodzie, służy do kształtowania narastania i opadania wielkości bodźców kolejno po sobie następujących w czasie trwania stymulacji oraz całkowitego ich wycinania w pozostałym odcinku cyklu chodu. Amplitudę napięcia generatora impulsów 3 ogranicza się w układzie obcinacza do wartości napięcia uzyskiwanego na ładującym i rozładowywującym się z określonymi stałymi czasowymi kondensatorze. Kondensator zasilany jest z układu zadającego czas trwania serii bodźców 4. Generator impulsów 3 pracuje w układzie typowego multiwibratora astabilnego i dostarcza impulsów prostokątnych o takim czasie trwania i częstotliwości powtarzania, przy których uzyskuje się najbardziej prawidłowy efekt stymulacyjny.

Układ zadający czas trwania serii bodźców 4 podobnie jak poprzedni jest typowym multiwibratorem monostabilnym. Uruchamiany jest z układu wyzwalania 5 i służy do wyznaczania czasu trwania stymulacji. Układ wyzwalania 5, zawierający płaski zestyk dociskowy 6, daje impuls wyzwalający w momencie rozwarcia się kontaktów zestyku, który umieszczony jest pod piętą porażonej nogi chorego.

Płaski zestyk dociskowy 6 wykonano z dwu sprężystych metalowych blaszek odizolowanych od siebie za pomocą przekładki nieprzewodzącej. Przekładkę wykonuje się z materiału zmieniającego swoją grubość pod naciskiem, wówczas blaszki są sztywne i zamocowane na stałe do przekładki. W przypadku użycia sztywnej przekładki – sprężystość blaszek oraz ich kształt i powiązania z przekładką muszą być dostosowane tak, by dawały zwarcie obwodu elektrycznego w chwili postawienia i obciążenia stopy ciężarem ciała chorego, a rozwarzały się z chwilą odciążenia. Kontaktry zestyku połączone są przewodami elektrycznymi z układem wyzwalania.

Zastrzeżenia patentowe

1. Stymulator nerwów do wspomagania ruchu kończyn, znamienny tym, że składa się z układu wyjściowego (1) z autotransformatorem, którego wejście połączone jest z wyjściem obcinacza diodowego (2), sprzężonego z układem zadającym czas trwania serii bodźców (4) oraz generatorem impulsów (3), przy czym układ zadający (4) połączony jest z układem wyzwalania (5) zawierającym płaski zestyk dociskowy (6).

2. Stymulator według zastrz. 1, znamienny tym, że układ wyjściowy podwyższający amplitudę impulsów zawiera wtórnik emiterowy wykonany na tranzystorze i autotransformatorze podwyższającym napięcie, którego niskonapięciowa część uzwojenia umieszczona jest w obwodzie emiterowym tranzystora.

3. Stymulator według zastrz. 1 albo 2, znamienny tym, że układ wyjściowy zawiera na wejściu potencjometr regulujący amplitudę bodźca stymulującego.

4. Stymulator według zastrz. 1, znamienny tym, że układ wyzwalania serii bodźców składa się ze zwierzanego zestyku dociskowego połączonego z rozładowywanym kondensatorem w zespole oporników i separującej diody.

5. Stymulator według zastrz. 1, znamienny tym, że płaski zestyk dociskowy składa się z elastycznej lub twardej przekładki nieprzewodzącej oraz sprężystych odpowiednio uformowanych przewodzących płytek stykowych.

