



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

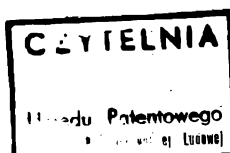
Zgłoszono: 04.02.78 (P.204440)

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 05.11.79

Opis patentowy opublikowano: 30.06.1982

Int. Cl.²
A61M 16/00



Twórcy wynalazku: Marek Darowski, Zbigniew Wański

Uprawniony z patentu: Polska Akademia Nauk Instytut Biocybernetyki
i Inżynierii Biomedycznej, Warszawa (Polska)

Czasowy układ sterujący naprzemienną, kontrolowaną wentylacją płuc

1

Przedmiotem wynalazku jest czasowy układ sterujący naprzemienną, podciśnieniową i nadciśnieniową wentylacją płuc stosowaną jako jedna z form terapii w przypadkach występowania niewydolności układu oddechowego chorego, a w szczególności u przedwcześnie urodzonych dzieci cierpiących na niedodmę.

Naprzemienna kontrolowana wentylacja płuc polega na połączeniu dwóch zabiegów: cyklicznego podawania tlenu lub powietrza wzbogaconego tlenem pod pewnym nadciśnieniem a także cyklicznego wytwarzania podciśnienia wokół klatki piersiowej chorego. Oba zabiegi muszą być z sobą ściśle zsynchronizowane, aby można je było razem stosować i funkcję tę spełnia układ sterujący.

Znany jest czasowy układ sterujący zapewniający uzyskanie wymaganych przebiegów ciśnień przez mechaniczne sterowanie mikroprzełączników, które z kolei sterują pracą zastawki wdechowej oraz zaworu łączącego inkubator ze źródłem podciśnienia, będącymi zaworami elektromagnetycznymi. Układ ten składa się z 12-pozycyjnego, obracającego się przełącznika krzywkowego, którego krzywki mogą być indywidualnie ustawione w zależności od wymaganego stosunku czasu włączenia do czasu wyłączenia zaworów elektromagnetycznych. Krzywki napędzane są przez silnik o zmiennej prędkości — do maksymalnej wynoszącej 80 obr./min. Mikroprzełączniki są połączone w pary, zatem istnieje możliwość wyboru jednego z sześć-

2

ciu położeń krzywek do sterowania obydwoma zaworami elektromagnetycznymi. Taka jest też ilość programów sterowania nimi. Prędkość obrotowa silnika napędzającego krzywki jest regulowana za pomocą osobnego urządzenia sterującego, aby zapewnić stabilność częstotliwości wentylacji. Z uwagi na użycie tlenu w obwodzie wentylacji nadciśnieniowej zaistniała konieczność wprowadzenia szeregu zabezpieczeń do układu, a mianowicie: oddzielono elementy elektryczne nie mające bezpośredniej styczności z tlenem za pośrednictwem specjalnych przegród, specjalnie zaprojektowano zawór elektromagnetyczny do pracy z tlenem, a także zainstalowano wentylator zabezpieczający przed powolnym wzrostem koncentracji tlenu w układzie sterującym.

Z uwagi na swe przeznaczenie układ sterujący naprzemienną, kontrolowaną wentylacją płuc musi odznaczać się wysoką niezawodnością działania. Cechę tę trudno jest osiągnąć w układach posiadających mechanizmy o dużej ilości ruchowych części, bowiem ich zużycie w czasie pracy jest główną przyczyną zawodnej pracy całych układów. Z punktu widzenia niezawodności podstawową wadą przedstawionego przykładowo rozwiązania układu sterującego jest zbyt duża ilość ruchomych części w nim występujących. Bowiem, zadaniem omawianego układu sterującego jest bezawaryjna, ciągła i długotrwała praca, co pociąga za sobą dużą ilość przełączeń poszczególnych ruchomych

części i mechanizmów, a zatem szybkie ich zużycie.

Znany jest też układ sterujący kontrolowaną wentylacją płuc będący przedmiotem zgłoszenia patentowego nr P-171 261. Zbudowany jest on z elementów strumieniowych i zawiera układ logiczny połączony z licznikiem dwójkowo-dziesiętnym, zadajnikiem kodu dwójkowego i blokiem pamięci. Układ ten charakteryzuje wysoka niezawodność działania, jednak jego zastosowanie ogranicza się jedynie do prowadzenia wentylacji nadciśnieniowej.

Istota wynalazku polega na tym, że w układzie sterującym wyjście poszczególnych stopni licznika dwójkowo-dziesiętnego połączone są jednocześnie z wejściami dwóch układów logicznych, których pozostałe wejścia połączone są z wyjściami zadajników kodu dwójkowego. Wyjście ostatniego stopnia licznika dwójkowo-dziesiętnego połączone jest z wejściami jedynkującymi dwóch elementów pamięci, a wyjścia układów logicznych połączone są z wejściami zerującymi elementów pamięci, których wyjście, jedno wprost, a drugie zanegowane, połączone są z wejściami logicznego elementu koniunkcji, przy czym wyjście wprost elementu pamięci połączone jest najlepiej za pośrednictwem członu opóźnienia czasowego z wejściem logicznego elementu koniunkcji.

Czasowy układ sterujący według wynalazku może być zrealizowany technicznie za pomocą dowolnych elementów logicznych bez części ruchomych, na przykład elementów strumieniowych, lub elektronicznych. Czasowy układ sterujący według wynalazku z uwagi na brak części ruchomych charakteryzuje się wysoką niezawodnością, jego struktura zapewnia niezależność nastaw parametrów czasowych kontrolowanej wentylacji, a także niezależność ich wartości od parametrów układu oddychowego pacjenta. Zastosowanie w układzie sterującym generatora o stabilnej częstotliwości i powtarzalnych jej nastawach umożliwia uzyskanie dokładnych i powtarzalnych nastaw parametrów czasowych — częstotliwości wentylacji i czasów wentylacji nadciśnieniowej i podciśnieniowej.

Przedmiot wynalazku zostanie dokładniej omówiony w oparciu o rysunek, na którym fig. 1 przedstawia układ połączeń respiratora, fig. 2 wymagane podczas terapii przebiegi ciśnień a fig. 3 schemat układu sterującego.

Podczas terapii dziecko umieszczone jest po szyję w inkubatorze, który połączony jest ze źródłem podciśnienia za pośrednictwem zaworu Z_2 i opornika R_2 . Usta dziecka połączone są ze źródłem nadciśnienia tlenu, powietrza lub powietrza wzbogaconego tlenem i z atmosferą za pośrednictwem zastawki wydechowej Z_1 i opornika R_1 . Ze źródła nadciśnienia gaz wypływa w sposób ciągły i kierowany jest do płuc dziecka, gdy zastawka wydechowa Z_1 jest zamknięta, lub przez opornik R_1 do atmosfery, gdy zastawka wydechowa Z_1 jest otwarta. Źródło podciśnienia wytwarza w inkubatorze podciśnienie — o wartości nastawionej za pomocą opornika R_2 , gdy zawór Z_2 jest otwarty, a jego zamknięcie powoduje połączenie źródła pod-

ciśnienia z atmosferą. Otwieraniem i zamykaniem zastawki wydechowej Z_1 i zaworu Z_2 steruje czasowy układ sterujący.

Figura 2 przedstawia wymagane w terapii przebiegi czasowe ciśnień: ciśnienia mierzonego na poziomie ust dziecka p_n i ciśnienia w inkubatorze p_p . Jak z tych przebiegów wynika ciśnienie p_n zaczyna wzrastać, gdy ciśnienie p_p zanika, a cykliczne zmiany obu ciśnień następują z tą samą częstotliwością.

Zadaniem czasowego układu sterującego jest generowanie prostokątnych sygnałów Y_n i Y_p sterujących zastawką wydechową Z_1 i zaworem Z_2 , których przebiegi czasowe odpowiadają przebiegom czasowym ciśnień p_n i p_p . Prędkość narastania i opadania przebiegów ciśnień p_n i p_p może być regulowana odpowiednio za pomocą oporników R , R_1 i R_2 . Czasy trwania sygnałów Y_n i Y_p o wartości binarnej „1” wyznaczają czasy otwarcia zastawki Z_1 i zaworu Z_2 , zatem odpowiadają fazom wdechu i podciśnienia na przebiegach czasowych ciśnień p_n i p_p , a także wartościom czasów t_n i t_p na przebiegach czasowych sygnałów Y_n i Y_p . Wartości wymaganych sygnałów t_n i t_p , częstotliwości wentylacji f , która wyraża się odwrotnością cyklu wentylacji T , ustawiane są w czasowym układzie sterującym.

Czasowy układ sterujący zawiera następujące główne podzespoły i elementy: generator impulsów 1, stopnie licznika 2a, 2b, 2c, 2d tworzące licznik dwójkowo-dziesiętny, układy logiczne 3 i 6, zadajniki kodu dwójkowego 4 i 7, elementy pamięci 5 i 8, członu opóźnienia czasowego 9 i element logiczny koniunkcji 10. Generator impulsów 1 połączony jest z pierwszym stopniem 2a licznika dwójkowo-dziesiętnego, a wyjścia poszczególnych stopni 2a, 2b, 2c i 2d z wejściami układów logicznych 3 i 6. Wyjścia zadajnika kodu 4 połączone są z wejściami układu logicznego 3, a wyjścia zadajnika kodu 7 z wejściami układu logicznego 6. Wyjście ostatniego stopnia 2d licznika połączone jest z wejściami jedynkującymi elementów pamięci 5 i 8, a wejścia zerujące elementów pamięci 5 i 8 odpowiednio z wejściami układów logicznych 3 i 6. Wyjście zanegowane elementu pamięci 5 połączone jest z jednym wejściem elementu logicznego koniunkcji 10, a wyjście elementu pamięci 8 za pośrednictwem członu opóźnienia czasowego 9 połączone jest z drugim wejściem logicznego elementu koniunkcji 10. Działanie czasowego układu sterującego według wynalazku jest następujące:

Impulsy X z generatora 1 zliczone są przez licznik złożony ze stopni 2a, 2b, 2c, 2d i sygnał wyjściowy Y_1 ostatniego stopnia 2d „jedynkuje” elementy pamięci 5 i 8 z częstotliwością 10-krotnie mniejszą niż częstotliwość impulsów X . W czasie zliczania impulsów wartości binarne sygnałów wyjściowych X_1, X_2, X_3, X_4 poszczególnych stopni licznika 2a, 2b, 2c, 2d zmieniają się w kodzie naturalnym zmieniając stan wejść układów logicznych 3 i 6. Stan pozostałych wejść układów logicznych 3 i 6 jest ustalony za pomocą zadajników kodu 4 i 7, których sygnały wejściowe X_4 i X_{12} stanowią sygnały wejściowe odpowiednich układów

logicznych 3 i 6. Układy logiczne 3 i 6 realizują następujące funkcje logiczne:

$$Y_2 = (X_1 + X_5) (X_2 + X_6) (X_3 + X_7) (X_4 + X_8) \\ Y_3 = (X_1 + X_9) (X_2 + X_{10}) (X_3 + X_{11}) (X_4 + X_{12})$$

Zatem dla wybranych kombinacji sygnałów $X_5 \div X_{12}$, nastawianych za pomocą zadajników kodu 4 i 7, otrzymuje się sygnały wyjściowe Y_2 i Y_3 układów logicznych 3 i 6 o wartości binarnej „1”, po określonej ilości zliczonych impulsów X . Sygnały Y_2 i Y_3 zerują odpowiednio elementy pamięci 5 i 8. Sygnałem wyjściowym elementu pamięci 5 jest sygnał wyjściowy Y_p czasowego układu sterującego, zatem jego częstotliwość i czas trwania wyznaczają odpowiednio częstotliwości wentylacji podciśnieniowej i czas trwania fazy podciśnienia t_p .

Jak stąd wynika częstotliwość wentylacji f zmienia się przez zmianę częstotliwości sygnału wyjściowego X generatora 1, a czas trwania fazy podciśnienia t_p — za pomocą zmian kombinacji sygnałów wyjściowych $X_5 \div X_8$ zadajnika kodu 4. Analogicznie — częstotliwość i czas trwania sygnału wyjściowego Y_4 elementu pamięci 8 wyznaczają odpowiednio częstotliwość wentylacji nadciśnieniowej — równej częstotliwości wentylacji podciśnieniowej jako warunek koniecznej synchronizacji obu rodzajów wentylacji i sumę czasów trwania fazy podciśnienia t_p i fazy wdechu t_n . Faza wdechu powinna rozpocząć się w chwili zakończenia fazy podciśnienia, zatem istnieje konieczność dalszej wspólnej obróbki sygnałów Y_p i Y_4 . Podając sygnały Y_p i Y_4 na wejście logicznego elementu koniunkcji 10 tak, że sygnał Y_p wchodzi bezpośrednio na jedno wejście elementu 10, a sygnały Y_4 za pośrednictwem członu opóźnienia czasowego 9, na drugie wejście tego ele-

mentu otrzymujemy na wyjściu elementu koniunkcji 10 sygnał wyjściowy Y_n czasowego układu sterującego.

Częstotliwość i czas trwania sygnału Y_n wyznaczają odpowiednio częstotliwość wentylacji nadciśnieniowej i czas trwania fazy wdechu t_n . Zastosowany w czasowym układzie sterującym człon opóźnienia czasowego 9 opóźnia przyjscie sygnału Y_4 do elementu 10 względem sygnału Y_p , co zabezpiecza przed możliwością pojawienia się niepożądanych szybkozmiennych zmian na wyjściu Y_n w chwili rozpoczęcia cyklu wentylacji, a ściślej — fazy podciśnienia.

Zastrzeżenie patentowe

Czasowy układ sterujący naprzemienną, podciśnieniową i nadciśnieniową kontrolowaną wentylacją płuc zawierający generator impulsów, licznik dwójkowo-dziesiętny oraz blok pamięci, **znamienny tym**, że wyjścia poszczególnych stopni licznika dwójkowo-dziesiętnego (2a, 2b, 2c, 2d) połączone są jednocześnie z wejściami dwóch układów logicznych (3, 6), których pozostałe wejścia połączone są z wyjściami zadajników kodu dwójkowego (4, 7), wyjście ostatniego stopnia licznika dwójkowo-dziesiętnego (2d) połączone jest z wejściami jedynkującymi dwóch elementów pamięci (5, 8), a wyjścia układów logicznych (3, 6) połączone są z wejściami zerującymi elementów pamięci (5, 8), których wyjścia, jedno wprost, a drugie zanegowane, połączone są z wejściami logicznego elementu koniunkcji (10), przy czym wyjście wprost elementu pamięci (8) połączone jest korzystnie za pośrednictwem członu opóźnienia czasowego (9) z wejściem logicznego elementu koniunkcji (10).

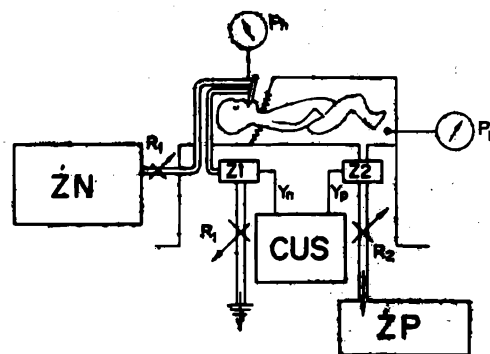


Fig.1

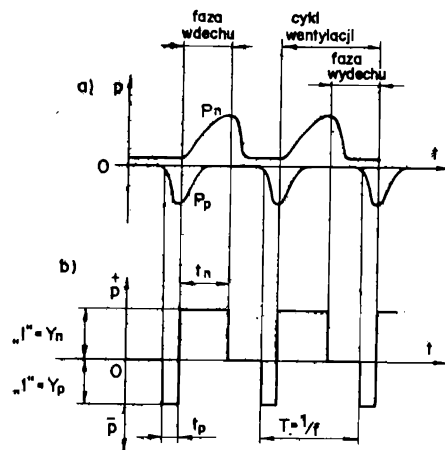


Fig. 2

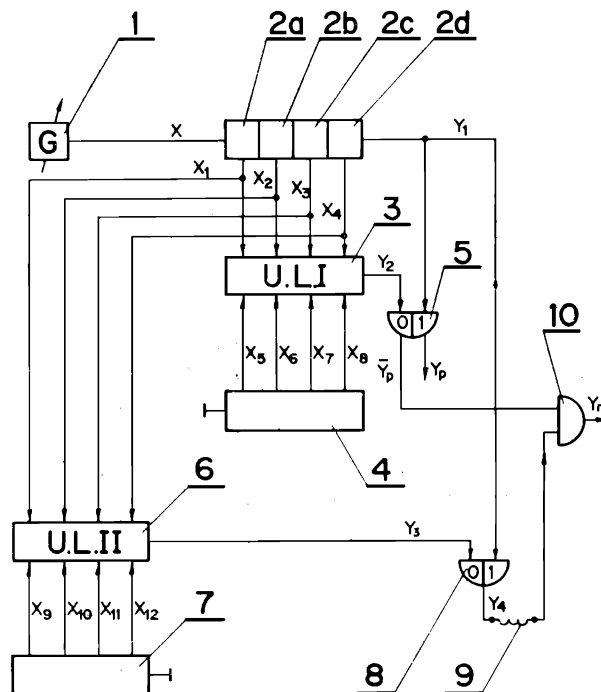


Fig. 3