

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 245527 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **442630**

(22) Data zgłoszenia: **2022.10.25**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2024.04.29 BUP 18/2024**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.08.19 WUP 34/2024**

(51) MKP:

A61B 5/00 (2006.01)

A61B 5/02 (2006.01)

A61B 5/021 (2006.01)

A61B 5/022 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**MUSZ PRZEMYSŁAW IMER SYSTEMS,
Wrocław, PL
KUBICA JACEK, Osielsko, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**PRZEMYSŁAW MUSZ, Trzebnica, PL
JACEK KUBICA, Osielsko, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Regina Kozłowska, Wrocław, PL

(54) Tytuł:

Urządzenie do pomiaru parametrów śródbłonna naczyniowego i sposób przetwarzania sygnалу pomiarowego

PL 245527 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do pomiaru parametrów śródbłonka naczyniowego i sposób przetwarzania sygnału pomiarowego, przeznaczone do wyznaczania wskaźnika przekrwienia reaktywnego spowodowanego działaniem śródbłonka naczyniowego.

Sposób oceny stanu biochemicznego śródbłonka naczyniowego u ssaków, zwłaszcza u ludzi lub myszy, znany z polskiego zgłoszenia patentowego nr P.410634, polega na pobraniu próbki będącej fragmentem tkanki śródbłonka, a następnie pomiarze zawartości tyrozyny i fenyloalaniny oraz określeniu stosunku zawartości tyrozyny do fenyloalaniny, będącego wskaźnikiem stanu biochemicznego i czynnościowego śródbłonka, przy czym pomiar stosunku zawartości obu substancji wyznacza się poprzez analizę sygnału z widm uzyskanych przy użyciu konfokalnego systemu obrazowania ramanowskiego.

Sposób i aparat do nieinwazyjnej oceny aktywności śródbłonka u pacjenta znane z europejskiego opisu patentowego nr EP1585424, w szczególności przeznaczone są do wskazywania obecności stanu dysfunkcji śródbłonka, poprzez zastosowanie ciśnienia zamykającego na określonej części ramienia lub nogi pacjenta w celu zablokowania w nim tętniczego przepływu krwi; utrzymywanie ciśnienia zamykającego przez z góry określony czas; usuwanie ciśnienia zamykającego po upływie określonego czasu w celu przywrócenia tętniczego przepływu krwi; monitorowanie palca ramienia lub nogi za pomocą sondy napalcowej w celu wykrycia w nim zmian tonu tętnic obwodowych przed i po przyłożeniu ciśnienia zamykającego na ramię lub nogę pacjenta; i wykorzystując wszelkie wykryte zmiany w obwodowym napięciu tętniczym do oceny aktywności śródbłonka u pacjenta. Urządzenie ma mankiety okluzyjne do wywierania nacisku okluzyjnego na z góry określoną część ramienia lub nogi pacjenta w celu zablokowania przepływu krwi w nim przez określony czas; napalcową sondę monitorującą do monitorowania palca pod kątem zmian w obwodowym ciśnieniu tętniczym przed i po przyłożeniu ciśnienia zamykającego na ramię lub nogę pacjenta; oraz procesor zaprojektowany do wykorzystywania wszelkich wykrytych zmian we wspomnianym obwodowym tętniczym, w tym zmian dynamicznego przebiegu czasowego sygnału po usunięciu ciśnienia zamykającego, do oceny aktywności śródbłonka u pacjenta, a zwłaszcza do wskazywania obecności stanu dysfunkcji śródbłonka.

Urządzenie do oceny funkcji śródbłonka naczyniowego znane z europejskiego opisu patentowego nr EP2896358, zawiera pierwszy mankiety owinięty wokół jednej z kończyn górnych lub dolnych pacjenta, drugi mankiety owinięty wokół tej samej kończyny górnej lub dolnej, trzeci mankiety, który ma być owinięty wokół kończyny górnej lub dolnej po przeciwnej stronie ciała pacjenta, kontroler ciśnienia w mankiecie, który kontroluje ciśnienie przykładane do pierwszego mankiety, drugiego mankiety i trzeciego mankiety, czujniki ciśnienia w mankiecie, które wykrywają ciśnienie powietrza w drugim mankiecie i trzecim mankiecie, detektor fali tętna, który wykrywa odpowiednie fale tętna na drugim mankiecie i trzecim mankiecie na podstawie wyjść czujników ciśnienia.

Urządzenie do kontroli czynności śródbłonka naczyniowego znane z europejskiego opisu patentowego nr EP2918224, zawiera mankiety, który jest zamontowany na pierwszej części ciała pacjenta, jednostkę kontroli ciśnienia w mankiecie, która kontroluje ciśnienie przykładane do mankiety, czujnik ciśnienia, który jest podłączony do pierwszego mankiety, jednostkę wykrywania ciśnienia w mankiecie, która wykrywa ciśnienie w mankiecie na wyjściu czujnika ciśnienia, jednostkę wykrywania fali tętna, która wykrywa fale tętna na wyjściu czujnika ciśnienia, jednostkę pomiaru ciśnienia krwi, która mierzy wartość ciśnienia krwi w oparciu o ciśnienie mankiety i fale tętna, jednostkę pamięci, która przechowuje w niej wartość wskaźnika elastyczności wskazującą na elastyczność naczynia krwionośnego pacjenta i jednostkę analityczną, która przetwarza dane w celu oceny funkcji śródbłonka naczynia krwionośnego.

Nieinwazyjne urządzenie do oceny funkcji śródbłonka naczyniowego znane z chińskiego zgłoszenia patentowego nr CN105232013 (A), składa się z trzech mankiety do pomiaru ciśnienia krwi, jednostki kontroli ciśnienia w mankietach, pompy powietrza, dwóch czujników ciśnienia, układu kondycjonowania sygnału i obwodu akwizycji A/D (analogowo-cyfrowego), jednostki przetwarzania danych i modułu wyświetlacza. Każdy mankiety do pomiaru ciśnienia krwi jest wyposażony w niezależny kanał wlotowy z zaworem wlotowym i kanał wylotowy z zaworem wylotowym, kanał wlotowy każdego mankiety do pomiaru ciśnienia krwi jest połączony z pompą powietrza, a każdy zawór wlotowy i każdy zawór wylotowy jest sterowany przez jednostkę kontroli ciśnienia mankiety; dwa czujniki ciśnienia są umieszczone w kanałach wylotowych odpowiednio dwóch mankiety do pomiaru ciśnienia krwi, dwa czujniki ciśnienia są połączone z obwodem kondycjonowania sygnału i akwizycji A/D, który jest połączony z jednostką przetwarzania danych, a jednostka przetwarzania danych jest połączona z modułem wyświetlacza.

Istota urządzenia według wynalazku polega na tym, że pompa powietrza połączona jest magistralą pneumatyczną z zaworem spustowym i poprzez pierwszy zawór z pierwszym mankietem uciskowym, drugi zawór z drugim mankietem uciskowym, trzeci zawór z trzecim mankietem okluzyjnym oraz poprzez zawór zbiornika ze zbiornikiem powietrza, przy czym magistrala pneumatyczna wyposażona jest w trzeci czujnik ciśnienia, zaś pomiędzy zbiornikiem powietrza i pierwszym mankietem uciskowym osadzony jest pierwszy różnicowy czujnik ciśnienia oraz pomiędzy zbiornikiem powietrza i drugim mankietem uciskowym osadzony jest drugi różnicowy czujnik ciśnienia, ponadto pierwszy różnicowy czujnik ciśnienia, drugi różnicowy czujnik ciśnienia i trzeci czujnik ciśnienia, oraz zawory pierwszy, drugi i trzeci, zawory spustowy i zbiornika, podłączone są do kontrolera.

Korzystnie, do kontrolera podłączony jest interfejs komunikacyjny.

Korzystnie, do kontrolera podłączony jest interfejs użytkownika.

Istota sposobu według wynalazku polega na tym, że na badaną kończynę pacjenta zakłada się pierwszy mankiet uciskowy oraz proksymalnie względem pierwszego mankieta uciskowego zakłada się trzeci mankiet okluzyjny, zaś na drugiej, odpowiadającej kończynie pacjenta zakłada się drugi mankiet uciskowy, po czym mierzy się stan śródbłonna naczyniowego, przy czym pomiar realizuje się w trzech fazach pomiaru. W pierwszej fazie pomiaru otwiera się zawory pierwszy i drugi oraz zawór zbiornika i włącza się pompę powietrza połączoną z magistralą pneumatyczną, którą przez otwarte zawory pierwszy i drugi pompuje się powietrze do mankieta uciskowego pierwszego i drugiego oraz przez zawór zbiornika do zbiornika powietrza, przy czym poziom ciśnienia w magistrali pneumatycznej monitoruje się trzecim czujnikiem ciśnienia, aż do osiągnięcia zadanego poziomu napompowania, po czym wyłącza się pompę powietrza oraz zamyka wszystkie zawory, następnie różnicowymi czujnikami ciśnienia pierwszym i drugim mierzy się różnicę ciśnień pomiędzy mankieta uciskowymi pierwszym i drugim, a zbiornikiem powietrza. W drugiej fazie pomiaru otwiera się trzeci zawór, włącza się pompę powietrza i przez magistralę pneumatyczną pompuje się powietrze do trzeciego mankieta okluzyjnego do ciśnienia wyższego niż skurczowe ciśnienie krwi pacjenta, przy czym trzecim czujnikiem ciśnienia monitoruje się poziom ciśnienia, po czym wyłącza się pompę powietrza i zamyka trzeci zawór. W trzeciej fazie pomiaru otwiera się trzeci zawór i zawór spustowy, przez który ewakuuje się powietrze z trzeciego mankieta okluzyjnego, po upływie trzeciej fazy pomiaru otwiera się zawory pierwszy i drugi, zawór zbiornika oraz zawór spustowy, przez który ewakuuje się powietrze z mankieta uciskowego pierwszego i drugiego oraz zbiornika powietrza, a po ewakuowaniu powietrza zawory zamyka się, przy czym podczas trwania trzech faz pomiaru różnicowymi czujnikami ciśnienia pierwszym i drugim mierzy się wartości różnicy ciśnień powietrza pomiędzy ciśnieniami w mankieta uciskowych i wartością ciśnienia w zbiorniku powietrza, które rejestruje się, następnie zmierzone sygnały z różnicowych czujników ciśnienia pierwszego i drugiego przetwarza się i analizuje.

Korzystnie, przetwarza się sygnały z różnicowych czujników ciśnienia pierwszego i drugiego, przy czym sygnał zmierzony pierwszym różnicowym czujnikiem ciśnienia stanowiący różnicę ciśnienia pomiędzy pierwszym mankietem uciskowym a zbiornikiem powietrza, kolejno filtruje się pierwszym filtrem górnoprzepustowym, wyznacza się wartość bezwzględną w pierwszym module wartości bezwzględnej i filtruje się pierwszym filtrem dolnoprzepustowym, po czym przefiltrowany zmierzony sygnał całkuje się jednocześnie pierwszym modulem całkującym i drugim modulem całkującym, przy czym moduły całkujące pierwszy i drugi synchronizuje się kontrolerem faz, następnie wartość sygnału scałkowanego pierwszym modulem całkującym dzieli się w pierwszym module dzielenia przez wartość sygnału scałkowanego drugim modulem całkującym i kieruje do trzeciego modułu dzielenia, podobnie sygnał zmierzony drugim różnicowym czujnikiem ciśnienia stanowiący różnicę ciśnienia pomiędzy drugim mankietem uciskowym a zbiornikiem powietrza, kolejno filtruje się drugim filtrem górnoprzepustowym, wyznacza się wartość bezwzględną w drugim module wartości bezwzględnej i filtruje się drugim filtrem dolnoprzepustowym, po czym przefiltrowany zmierzony sygnał całkuje się jednocześnie trzecim modulem całkującym i czwartym modulem całkującym, przy czym moduły całkujące trzeci i czwarty synchronizuje się kontrolerem faz, następnie wartość sygnału scałkowanego trzecim modulem całkującym dzieli się w drugim module dzielenia przez wartość sygnału scałkowanego czwartym modulem całkującym i kieruje do trzeciego modułu dzielenia, w którym dzieli się wartość sygnału wyjściowego z pierwszego modułu dzielenia przez wartość sygnału wyjściowego z drugiego modułu dzielenia, a otrzymana wartość stanowi wskaźnik przekrwienia reaktywnego spowodowanego działaniem śródbłonna naczyniowego, następnie klasyfikuje się ją do określonej grupy, wyznaczonej na podstawie analizy statystycznej.

Korzystnie, sygnał zmierzony pierwszym różnicowym czujnikiem ciśnienia filtruje się trzecim filtrem dolnoprzepustowym oraz sygnał zmierzony drugim różnicowym czujnikiem ciśnienia filtruje się

czwartym filtrem dolnoprzepustowym, następnie przefiltrowane sygnały porównuje się w komparatorze i poprzez drugą bramkę logiczną i pierwszą bramkę logiczną steruje się otwieraniem i zamykaniem zaworów pierwszego i drugiego oraz zaworu zbiornika, przy czym kontrolerem faz steruje się pierwszą bramką logiczną, drugą bramką logiczną, trzecim zaworem, zaworem spustowym i pompą powietrza.

Korzystnie, zmierzone sygnały całkuje się drugim modułem całkującym i czwartym modułem całkującym w czasie trwania pierwszej fazy pomiaru przez co najmniej 10 sekund, najkorzystniej od 20 do 90 sekund, natomiast zmierzone sygnały całkuje się pierwszym modułem całkującym i trzecim modułem całkującym w czasie trwania trzeciej fazy pomiaru przez co najmniej 10 sekund, najkorzystniej od 20 do 90 sekund.

Korzystnie, przez zawory pierwszy i drugi pompuje się powietrze do mankietów uciskowych pierwszego i drugiego do takiej samej wartości, a ewentualne różnice ciśnienia pomiędzy mankietami uciskowymi pierwszym i drugim kompensuje się, przy czym ciśnienie mierzone pierwszym różnicowym czujnikiem ciśnienia oraz ciśnienie mierzone drugim czujnikiem ciśnienia filtruje się odpowiednio trzecim filtrem dolnoprzepustowym i czwartym filtrem dolnoprzepustowym, i porównuje się wartości sygnałów przefiltrowanych. Jeżeli różnica przefiltrowanych wartości ciśnienia w mankietach uciskowych pierwszym i drugim jest większa niż dopuszczalna różnica ciśnień, to przy zamkniętym zaworze spustowym otwiera się jednocześnie zawory pierwszy i drugi, a po wyrównaniu średniego poziomu ciśnienia w mankietach uciskowych pierwszym i drugim, zamyka się zawory pierwszy i drugi.

Urządzenie do pomiaru parametrów śródbłonka naczyniowego i sposób przetwarzania sygnału pomiarowego według wynalazku pozwala na całkowite uniezależnienie procedury pomiarowej od umiejętności lub doświadczenia operatora. W przypadku części istniejących metod wyznaczania parametrów zależnych od śródbłonka naczyniowego operator jest zobowiązany do manualnej obsługi mankieta okluzyjnego w określonym oknie czasowym, zaś metoda określana jako FMD (ang. flow-mediated dilation), oparta na analizie rozszerzenia tętnicy spowodowanego reperfuzją naczyń kończyny poddanej okluzji, jest szczególnie podatna na błędy związane z interpretacją położenia ścian naczynia na obrazie ultrasonograficznym. Urządzenie automatycznie obsługuje pompowanie i ewakuację powietrza z mankietów uciskowych i mankieta okluzyjnego dzięki zastosowaniu elektronicznie sterowanych zaworów oraz pompy powietrza. Zaletą sposobu jest możliwość wyrównywania ciśnienia w mankietach pomiarowych w sposób pneumatyczny (pasywny), poprzez otwarcie zaworów w obu kanałach pomiarowych. Zastosowanie komparatora porównującego ciśnienia różnicowe w obu mankietach pomiarowych pozwala na automatyczne wyrównanie (skompensowanie) zmian poziomu ciśnienia, spowodowanych np. utratą powietrza poprzez drobne nieszczelności mankietów lub zmianą pozycji kończyny w trakcie badania. Obserwacje empiryczne wskazują jednoznacznie na silną zależność amplitudy fali tętna, rejestrowanej za pomocą mankieta kończynowego, od poziomu stałego ciśnienia powietrza panującego w mankiecie. Możliwość dokładnego zbalansowania ciśnień przez wspólną magistralę pneumatyczną znacząco zwiększa dokładność pomiaru i stabilizuje warunki rejestracji fali tętna. Zastosowanie układu pięciu zaworów i jednej, wspólnej magistrali pneumatycznej z pompą powietrza i czujnikiem ciśnienia prowadzi do znacznej redukcji stopnia złożoności urządzenia. Zastosowanie zbiornika powietrza pod ciśnieniem, które stanowi ciśnienie odniesienia dla obu czujników różnicowych, pozwala na użycie czujników o zakresie pomiarowym wielokrotnie mniejszym niż wymagany zakres pracy trzeciego czujnika monitorującego poziom ciśnienia w magistrali pneumatycznej. Konfiguracja taka zwiększa rozdzielczość pomiaru i znacząco rozszerza zakres dynamiki w porównaniu do urządzeń, bazujących na czujnikach mierzących ciśnienie w mankietach względem otoczenia atmosferycznego.

Przedmiot wynalazku w przykładzie wykonania uwidoczniony jest na rysunku, na którym Fig. 1 przedstawia schemat blokowy urządzenia do pomiaru parametrów śródbłonka naczyniowego, Fig. 2 – przebiegi czasowe sygnałów sterujących pompą powietrza i zaworami, Fig. 3 – przebiegi czasowe sygnałów sterujących pompą powietrza i zaworami przy użyciu funkcji automatycznej kompensacji ciśnienia w mankietach uciskowych, a Fig. 4 – schemat funkcjonalny kontrolera.

Przykład 1

Urządzenie do pomiaru parametrów śródbłonka naczyniowego ma pompę powietrza PM, która połączona jest magistralą pneumatyczną MP z zaworem spustowym ZS i poprzez pierwszy zawór Z1 z pierwszym mankiem uciskowym M1, drugi zawór Z2 z drugim mankiem uciskowym M2, trzeci zawór Z3 z trzecim mankiem okluzyjnym M3 oraz poprzez zawór zbiornika ZZ ze zbiornikiem powietrza ZP. Magistrala pneumatyczna MP wyposażona jest w trzeci czujnik ciśnienia CZ3, zaś pomiędzy zbiornikiem powietrza ZP i pierwszym mankiem uciskowym M1 osadzony jest pierwszy różnicowy

czujnik ciśnienia CZ1 oraz pomiędzy zbiornikiem powietrza ZP i drugim mankietem uciskowym M2 osadzony jest drugi różnicowy czujnik ciśnienia CZ2. Pompa powietrza PM, pierwszy różnicowy czujnik ciśnienia CZ1, drugi różnicowy czujnik ciśnienia CZ2 i trzeci czujnik ciśnienia CZ3 oraz zawory pierwszy Z1, drugi Z2, trzeci Z3, spustowy ZS i zbiornika ZZ podłączone są do kontrolera K, do którego podłączony jest interfejs komunikacyjny IK.

Przykład 2

Urządzenie do pomiaru parametrów śródbłonka naczyniowego wykonane jak w przykładzie pierwszym z tą różnicą, że do kontrolera K podłączony jest interfejs użytkownika IU.

Przykład 3

Sposób przetwarzania sygnału pomiarowego polega na tym, że na badaną kończynę pacjenta zakłada się pierwszy mankiet uciskowy M1 oraz proksymalnie względem pierwszego mankieta uciskowego M1 zakłada się trzeci mankiet okluzyjny M3, zaś na drugiej, odpowiadającej kończynie pacjenta, zakłada się drugi mankiet uciskowy M2, po czym mierzy się stan śródbłonka naczyniowego, przy czym pomiar realizuje się w trzech fazach pomiaru A, B, C. W pierwszej fazie pomiaru A otwiera się zawory pierwszy Z1 i drugi Z2 oraz zawór zbiornika ZZ i włącza się pompę powietrza PM połączoną z magistralą pneumatyczną MP, którą przez otwarte zawory pierwszy Z1 i drugi Z2 pompuje się powietrze do mankieta uciskowego pierwszego M1 i drugiego M2 oraz przez zawór zbiornika ZZ do zbiornika powietrza ZP, przy czym poziom ciśnienia w magistrali pneumatycznej MP monitoruje się trzecim czujnikiem ciśnienia CZ3, aż do osiągnięcia zadanego poziomu napompowania, po czym wyłącza się pompę powietrza PM oraz zamyka wszystkie zawory Z1, Z2, Z3, ZZ. Następnie różnicowymi czujnikami ciśnienia pierwszym CZ1 i drugim CZ2 mierzy się różnicę ciśnień pomiędzy mankietami uciskowymi pierwszym M1 i drugim M2 a zbiornikiem powietrza ZP. W drugiej fazie pomiaru B otwiera się trzeci zawór Z3, włącza się pompę powietrza PM i przez magistralę pneumatyczną MP pompuje się powietrze do trzeciego mankieta okluzyjnego M3 do ciśnienia wyższego niż skurczowe ciśnienie krwi pacjenta, przy czym trzecim czujnikiem ciśnienia CZ3 monitoruje się poziom ciśnienia, po czym wyłącza się pompę powietrza PM i zamyka trzeci zawór Z3. W trzeciej fazie pomiaru C otwiera się trzeci zawór Z3 i zawór spustowy ZS, przez który ewakuuje się powietrze z trzeciego mankieta okluzyjnego M3, po upływie trzeciej fazy pomiaru C otwiera się zawory pierwszy Z1, drugi Z2, zawór spustowy ZS oraz zawór zbiornika ZZ, przez które ewakuuje się powietrze z mankieta uciskowego pierwszego M1 i drugiego M2 oraz zbiornika powietrza ZP. Po ewakuowaniu powietrza zawory zamyka się, przy czym podczas trwania trzech faz pomiaru A, B, C różnicowymi czujnikami ciśnienia pierwszym CZ1 i drugim CZ2 mierzy się wartości różnicy ciśnień powietrza pomiędzy ciśnieniami w mankietach uciskowych M1, M2 i wartością ciśnienia w zbiorniku powietrza ZP, które rejestruje się, następnie zmierzone sygnały z różnicowych czujników ciśnienia pierwszego CZ1 i drugiego CZ2, przetwarza się i analizuje. Przetwarza się sygnały z różnicowych czujników ciśnienia pierwszego CZ1 i drugiego CZ2, przy czym sygnał zmierzony pierwszym różnicowym czujnikiem ciśnienia CZ1, stanowiący różnicę ciśnienia pomiędzy pierwszym mankietem uciskowym M1 a zbiornikiem powietrza ZP, kolejno filtruje się pierwszym filtrem górnoprzepustowym FG1, wyznacza się wartość bezwzględną w pierwszym module wartości bezwzględnej MW1 i filtruje się pierwszym filtrem dolnoprzepustowym FD1, po czym przefiltrowany zmierzony sygnał całkuje się pierwszym modulem całkującym MC1 i drugim modulem całkującym MC2, przy czym moduły całkujące pierwszy MC1 i drugi MC2 synchronizuje się kontrolerem faz KF. Następnie wartość sygnału scałkowanego pierwszym modulem całkującym MC1 dzieli się w pierwszym module dzielenia MD1 przez wartość sygnału scałkowanego drugim modulem całkującym MC2 i kieruje do trzeciego modułu dzielenia MD3, podobnie sygnał zmierzony drugim różnicowym czujnikiem ciśnienia CZ2, stanowiący różnicę ciśnienia pomiędzy drugim mankietem uciskowym M2 a zbiornikiem powietrza ZP, kolejno filtruje się drugim filtrem górnoprzepustowym FG2, wyznacza się wartość bezwzględną w drugim module wartości bezwzględnej MW2 i filtruje się drugim filtrem dolnoprzepustowym FD2, po czym przefiltrowany zmierzony sygnał całkuje się jednocześnie trzecim modulem całkującym MC3 i czwartym modulem całkującym MC4, przy czym moduły całkujące trzeci MC3 i czwarty MC4 synchronizuje się kontrolerem faz KF, następnie wartość sygnału scałkowanego trzecim modulem całkującym MC3 dzieli się w drugim module dzielenia MD2 przez wartość sygnału scałkowanego czwartym modulem całkującym MC4 i kieruje do trzeciego modułu dzielenia MD3, w którym dzieli się wartość sygnału wyjściowego z pierwszego modułu dzielenia MD1 przez wartość sygnału wyjściowego z drugiego modułu dzielenia MD2, a otrzymana wartość stanowi wskaźnik przekrwienia reaktywnego spowodowanego działaniem śródbłonka naczyniowego k_E , następnie klasyfikuje się ją do określonej grupy, wyznaczonej na podstawie analizy statystycznej. Ponadto sygnał zmierzony pierwszym różnicowym czujnikiem ciśnienia CZ1 filtruje się trzecim

filtrem dolnoprzepustowym FD3 oraz sygnał zmierzony drugim różnicowym czujnikiem ciśnienia CZ2 filtruje się czwartym filtrem dolnoprzepustowym FD4, następnie przefiltrowane sygnały porównuje się w komparatorze KM i poprzez drugą bramkę logiczną OR i pierwszą bramkę logiczną AND steruje się otwieraniem i zamykaniem zaworów pierwszego Z1, drugiego Z2 i zbiornika ZZ, przy czym kontrolerem faz KF steruje się bramkami logicznymi pierwszą AND i drugą OR, trzecim zaworem Z3, zaworem spustowym ZS oraz pompą powietrza PM. W sposobie tym zmierzony sygnał całkuje się drugim modulem całkującym MC2 i czwartym modulem całkującym MC4 w czasie trwania pierwszej fazy pomiaru A przez 10 sekund, natomiast zmierzony sygnał całkuje się pierwszym modulem całkującym MC1 i trzecim modulem całkującym MC3 w czasie trwania trzeciej fazy pomiaru C przez 10 sekund.

Pompą powietrza PM i zaworami pierwszym Z1, drugim Z2, trzecim Z3, spustowym ZS i zbiornika ZZ steruje się sygnałami impulsowymi generowanymi przez kontroler faz KF o przebiegach czasowych, przedstawionych na fig. 2, przy czym włącza się pompę powietrza PP na początku trwania faz pomiaru pierwszej A i drugiej B, po czym wyłącza się pompę powietrza PZ. Ponadto po włączeniu pompy powietrza PP, w pierwszej fazie pomiaru A przy otwartych zaworach O pierwszym Z1, drugim Z2 i zbiornika ZZ, pompą powietrza PM pompuje się powietrze do pierwszego mankietu uciskowego M1, drugiego mankietu uciskowego M2 i zbiornika powietrza ZP, a po ich napompowaniu zawory pierwszy Z1, drugi Z2 i zbiornika ZZ zamyka się Z, w drugiej fazie pomiaru B przy otwartym zaworze O trzecim Z3 pompą powietrza PM pompuje się powietrze do trzeciego mankietu okluzyjnego M3, a po jego napompowaniu trzeci zawór Z3 zamyka się Z, zaś w trzeciej fazie pomiaru C otwiera O się zawory trzeci Z3 i spustowy ZS, które po ewakuacji powietrza z trzeciego mankietu okluzyjnego M3, zamyka się Z. Po skończonym pomiarze pozostałe zawory pierwszy Z1, drugi Z2, spustowy ZS i zbiornika ZZ otwiera O się, a po ewakuacji nimi powietrza zamyka się Z.

Przykład 4

Sposób przetwarzania sygnału pomiarowego przebiega jak w przykładzie trzecim z tą różnicą, że przez zawory pierwszy Z1 i drugi Z2 pompuje się powietrze do mankiatów uciskowych pierwszego M1 i drugiego M2 do takiej samej wartości, a różnice ciśnienia pomiędzy mankietami uciskowymi pierwszym M1 i drugim M2 kompensuje się, przy czym ciśnienie mierzone pierwszym różnicowym czujnikiem ciśnienia CZ1 oraz ciśnienie mierzone drugim różnicowym czujnikiem ciśnienia CZ2 filtruje się odpowiednio trzecim filtrem dolnoprzepustowym FD3 i czwartym filtrem dolnoprzepustowym FD4, i komparatorem KM porównuje się wartości sygnałów przefiltrowanych. Jeżeli różnica przefiltrowanych wartości ciśnienia w mankietach uciskowych pierwszym M1 i drugim M2 jest większa niż dopuszczalna różnica ciśnień, to przy zamkniętym zaworze spustowym ZS otwiera się jednocześnie zawory pierwszy Z1 i drugi Z2, a po wyrównaniu średniego poziomu ciśnienia w mankietach uciskowych pierwszym M1 i drugim M2, zamyka się zawór pierwszy Z1 i drugi Z2. W sposobie tym zmierzony sygnał całkuje się drugim modulem całkującym MC2 i czwartym modulem całkującym MC4 w czasie trwania pierwszej fazy pomiaru A przez 90 sekund, natomiast zmierzony sygnał całkuje się pierwszym modulem całkującym MC1 i trzecim modulem całkującym MC3 w czasie trwania trzeciej fazy pomiaru C przez 90 sekund.

Wykaz oznaczeń na rysunku:

AND – pierwsza bramka logiczna,

CZ1 – pierwszy różnicowy czujnik ciśnienia,

CZ2 – drugi różnicowy czujnik ciśnienia,

CZ3 – trzeci czujnik ciśnienia,

FD1 – pierwszy filtr dolnoprzepustowy,

FD2 – drugi filtr dolnoprzepustowy,

FD3 – trzeci filtr dolnoprzepustowy,

FD4 – czwarty filtr dolnoprzepustowy,

FG1 – pierwszy filtr górnoprzepustowy,

FG2 – drugi filtr górnoprzepustowy,

IK – interfejs komunikacyjny,

IU – interfejs użytkownika,

K – kontroler,

k_E – wskaźnik przekrwienia reaktywnego spowodowanego działaniem śródbłonka naczyniowego,

KF – kontroler faz,

KM – komparator,

M1 – pierwszy mankiet uciskowy,

M2 – drugi mankiet uciskowy,

M3 – trzeci mankiet okluzyjny,
MP – magistrala pneumatyczna,
MW1 – pierwszy moduł wartości bezwzględnej,
MW2 – drugi moduł wartości bezwzględnej,
MC1 – pierwszy moduł całkujący,
MC2 – drugi moduł całkujący,
MC3 – trzeci moduł całkujący,
MC4 – czwarty moduł całkujący,
MD1 – pierwszy moduł dzielenia,
MD2 – drugi moduł dzielenia,
MD3 – trzeci moduł dzielenia,
O – zawór otwarty,
OR – druga bramka logiczna,
PP – pompa włączona,
PZ – pompa wyłączona,
PM – pompa powietrza,
Z – zawór zamknięty,
Z1 – pierwszy zawór,
Z2 – drugi zawór,
Z3 – trzeci zawór,
ZP – zbiornik powietrza,
ZS – zawór spustowy,
ZZ – zawór zbiornika,
A – pierwsza faza pomiaru,
B – druga faza pomiaru,
C – trzecia faza pomiaru.

Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie do pomiaru parametrów śródłonka naczyniowego zawierające zamontowane na kończynach pacjenta trzy mankiety wyposażone w zawory i czujniki ciśnienia podłączone do kontrolera, do którego podłączona jest również pompa powietrza i interfejs, **znamiennie tym**, że pompa powietrza (PM) połączona jest magistralą pneumatyczną (MP) z zaworem spustowym (ZS) i poprzez pierwszy zawór (Z1) z pierwszym mankiem uciskowym (M1), drugi zawór (Z2) z drugim mankiem uciskowym (M2), trzeci zawór (Z3) z trzecim mankiem okluzyjnym (M3) oraz poprzez zawór zbiornika (ZZ) ze zbiornikiem powietrza (ZP), przy czym magistrala pneumatyczna (MP) wyposażona jest w trzeci czujnik ciśnienia (CZ3), zaś pomiędzy zbiornikiem powietrza (ZP) i pierwszym mankiem uciskowym (M1) osadzony jest pierwszy różnicowy czujnik ciśnienia (CZ1) oraz pomiędzy zbiornikiem powietrza (ZP) i drugim mankiem uciskowym (M2) osadzony jest drugi różnicowy czujnik ciśnienia (CZ2), ponadto pompa powietrza (PM), pierwszy różnicowy czujnik ciśnienia (CZ1), drugi różnicowy czujnik ciśnienia (CZ2) i trzeci czujnik ciśnienia (CZ3) oraz zawory pierwszy (Z1), drugi (Z2), trzeci (Z3), spustowy (ZS) i zbiornika (ZZ) podłączone są do kontrolera (K).
2. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że do kontrolera (K) podłączony jest interfejs komunikacyjny (IK).
3. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że do kontrolera (K) podłączony jest interfejs użytkownika (IU).
4. Sposób przetwarzania sygnału pomiarowego polegający na umieszczeniu na badanej kończynie pacjenta mankieta uciskowego, **znamiennie tym**, że na badaną kończynę pacjenta zakłada się pierwszy mankiem uciskowy (M1) oraz proksymalnie względem pierwszego mankieta uciskowego (M1) zakłada się trzeci mankiem okluzyjny (M3), zaś na drugiej, odpowiadającej kończynie pacjenta zakłada się drugi mankiem uciskowy (M2), po czym mierzy się stan śródłonka naczyniowego, przy czym pomiar realizuje się w trzech fazach pomiaru (A, B, C), w pierwszej fazie pomiaru (A) otwiera się zawory pierwszy (Z1) i drugi (Z2) oraz zawór zbiornika (ZZ) i włącza się pompę powietrza (PM) połączoną z magistralą pneumatyczną (MP),

którą przez otwarte zawory pierwszy (Z1) i drugi (Z2) pompuje się powietrze do mankietów uciskowych pierwszego (M1) i drugiego (M2) oraz przez zawór zbiornika (ZZ) do zbiornika powietrza (ZP), przy czym poziom ciśnienia w magistrali pneumatycznej (MP) monitoruje się trzecim czujnikiem ciśnienia (CZ3), aż do osiągnięcia zadanego poziomu napompowania, po czym wyłącza się pompę powietrza (PM) oraz zamyka wszystkie zawory (Z1, Z2, Z3, ZZ), następnie różnicowymi czujnikami ciśnienia pierwszym (CZ1) i drugim (CZ2) mierzy się różnicę ciśnień pomiędzy mankietami uciskowymi pierwszym (M1) i drugim (M2), a zbiornikiem powietrza (ZP); w drugiej fazie pomiaru (B) otwiera się trzeci zawór (Z3), włącza się pompę powietrza (PM) i przez magistralę pneumatyczną (MP) pompuje się powietrze do trzeciego mankieta okluzyjnego (M3), do ciśnienia wyższego niż skurczowe ciśnienie krwi pacjenta, przy czym trzecim czujnikiem ciśnienia (CZ3) monitoruje się poziom ciśnienia, po czym wyłącza się pompę powietrza (PM) i zamyka trzeci zawór (Z3); w trzeciej fazie pomiaru (C) otwiera się trzeci zawór (Z3) i zawór spustowy (ZS), przez który ewakuuje się powietrze z trzeciego mankieta okluzyjnego (M3), po upływie trzeciej fazy pomiaru (C) otwiera się zawory pierwszy (Z1) i drugi (Z2) oraz zawór spustowy (ZS), przez który ewakuuje się powietrze z mankietów uciskowych pierwszego (M1) i drugiego (M2), a po ewakuowaniu powietrza zawory zamyka się, przy czym podczas trwania trzech faz pomiaru (A, B, C) różnicowymi czujnikami ciśnienia pierwszym (CZ1) i drugim (CZ2) mierzy się wartości różnicy ciśnień powietrza pomiędzy ciśnieniami w mankietach uciskowych (M1, M2) i ciśnieniem w zbiorniku powietrza (ZP), które rejestruje się, następnie zmierzone sygnały z różnicowych czujników ciśnienia pierwszego (CZ1) i drugiego (CZ2), przetwarza się i analizuje.

5. Sposób według zastrz. 4, **znamienny tym**, że przetwarza się sygnały z różnicowych czujników ciśnienia pierwszego (CZ1) i drugiego (CZ2), przy czym sygnał zmierzony pierwszym różnicowym czujnikiem ciśnienia (CZ1), stanowiący różnicę ciśnienia pomiędzy pierwszym mankietem uciskowym (M1), a zbiornikiem powietrza (ZP), kolejno filtruje się pierwszym filtrem górnoprzepustowym (FG1), wyznacza się wartość bezwzględną w pierwszym module wartości bezwzględnej (MW1) i filtruje się pierwszym filtrem dolnoprzepustowym (FD1), po czym przefiltrowany zmierzony sygnał całkuje się jednocześnie pierwszym module całkującym (MC1) i drugim modulem całkującym (MC2), przy czym moduły całkujące pierwszy (MC1) i drugi (MC2) synchronizuje się kontrolerem faz (KF), następnie wartość sygnału scałkowanego pierwszym modulem całkującym (MC1) dzieli się w pierwszym module dzielenia (MD1) przez wartość sygnału scałkowanego drugim modulem całkującym (MC2), i kieruje do trzeciego modułu dzielenia (MD3), podobnie sygnał zmierzony drugim różnicowym czujnikiem ciśnienia (CZ2), stanowiący różnicę ciśnienia pomiędzy drugim mankietem uciskowym (M2), a zbiornikiem powietrza (ZP), kolejno filtruje się drugim filtrem górnoprzepustowym (FG2), wyznacza się wartość bezwzględną w drugim module wartości bezwzględnej (MW2) i filtruje się drugim filtrem dolnoprzepustowym (FD2), po czym przefiltrowany zmierzony sygnał całkuje się jednocześnie trzecim modulem całkującym (MC3) i czwartym modulem całkującym (MC4), przy czym moduły całkujące trzeci (MC3) i czwarty (MC4) synchronizuje się kontrolerem faz (KF), następnie wartość sygnału scałkowanego trzecim modulem całkującym (MC3) dzieli się w drugim module dzielenia (MD2) przez wartość sygnału scałkowanego czwartym modulem całkującym (MC4) i kieruje do trzeciego modułu dzielenia (MD3), w którym dzieli się wartość sygnału wyjściowego z pierwszego modułu dzielenia (MD1) przez wartość sygnału wyjściowego z drugiego modułu dzielenia (MD2), a otrzymana wartość stanowi wskaźnik przekrwienia reaktywnego spowodowanego działaniem śródbłonna naczyniowego (k_E), następnie klasyfikuje się ją do określonej grupy, wyznaczonej na podstawie analizy statystycznej.
6. Sposób według zastrz. 5, **znamienny tym**, że sygnał zmierzony pierwszym różnicowym czujnikiem ciśnienia (CZ1) filtruje się trzecim filtrem dolnoprzepustowym (FD3) oraz sygnał zmierzony drugim różnicowym czujnikiem ciśnienia (CZ2) filtruje się czwartym filtrem dolnoprzepustowym (FD4), następnie przefiltrowane sygnały porównuje się w komparatorze (KM) i poprzez drugą bramkę logiczną (OR) i pierwszą bramkę logiczną (AND) steruje się otwieraniem i zamykaniem zaworów pierwszego (Z1), drugiego (Z2) i zbiornika (ZZ), przy czym pierwszą bramkę logiczną (AND), drugą bramkę logiczną (OR), trzeci zawór (Z3), zawór spustowy (ZS) i pompę powietrza (PM) steruje się kontrolerem faz (KF).
7. Sposób według zastrz. 5, **znamienny tym**, że zmierzony sygnał całkuje się drugim modulem całkującym (MC2) i czwartym modulem całkującym (MC4) w czasie trwania pierwszej fazy

- pomiaru (A) przez co najmniej 10 sekund, korzystnie od 20 do 90 sekund, natomiast zmierzony sygnał całkuje się pierwszym modulem całkującym (MC1) i trzecim modulem całkującym (MC3) w czasie trwania trzeciej fazy pomiaru (C) przez co najmniej 10 sekund, korzystnie od 20 do 90 sekund.
8. Sposób według zastrz. 4, **znamienny tym**, że przez zawory pierwszy (Z1) i drugi (Z2) pompuje się powietrze do mankietów uciskowych pierwszego (M1) i drugiego (M2) do takiej samej wartości, a różnice ciśnienia pomiędzy mankietami uciskowymi pierwszym (M1) i drugim (M2) kompensuje się, przy czym ciśnienie mierzone pierwszym różnicowym czujnikiem ciśnienia (CZ1) oraz ciśnienie mierzone drugim różnicowym czujnikiem ciśnienia (CZ2) filtruje się odpowiednio trzecim filtrem dolnoprzepustowym (FD3) i czwartym filtrem dolnoprzepustowym (FD4), i komparatorem (KM) porównuje się wartości sygnałów przefiltrowanych, jeżeli różnica przefiltrowanych wartości ciśnienia w mankietach uciskowych pierwszym (M1) i drugim (M2) jest większa niż dopuszczalna różnica ciśnień, to przy zamkniętym zaworze spustowym (ZS) otwiera się jednocześnie zawory pierwszy (Z1) i drugi (Z2), a po wyrównaniu średniego poziomu ciśnienia w mankietach uciskowych pierwszym (M1) i drugim (M2), zamyka się zawór pierwszy (Z1) i drugi (Z2).

Rysunki

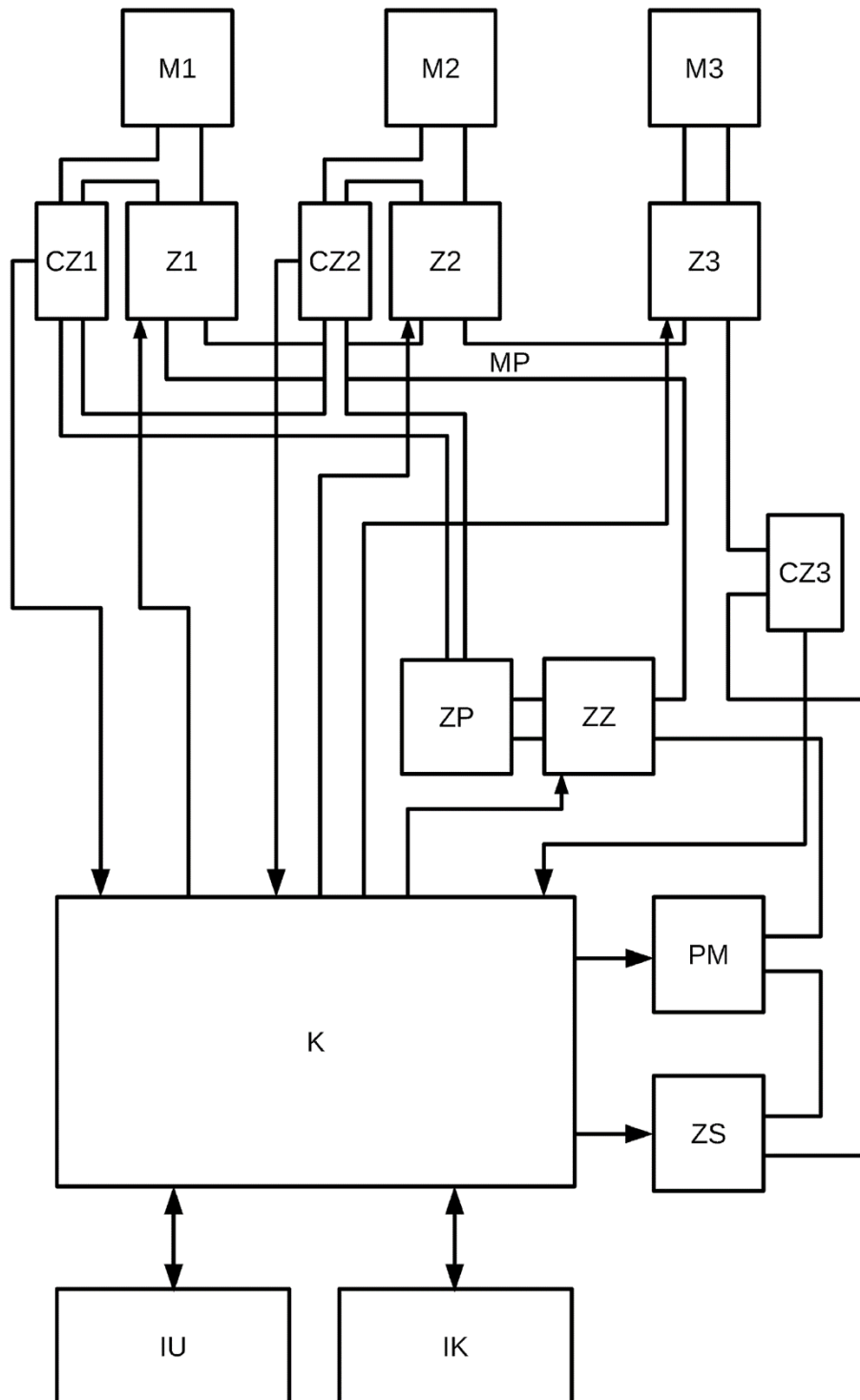


Fig. 1

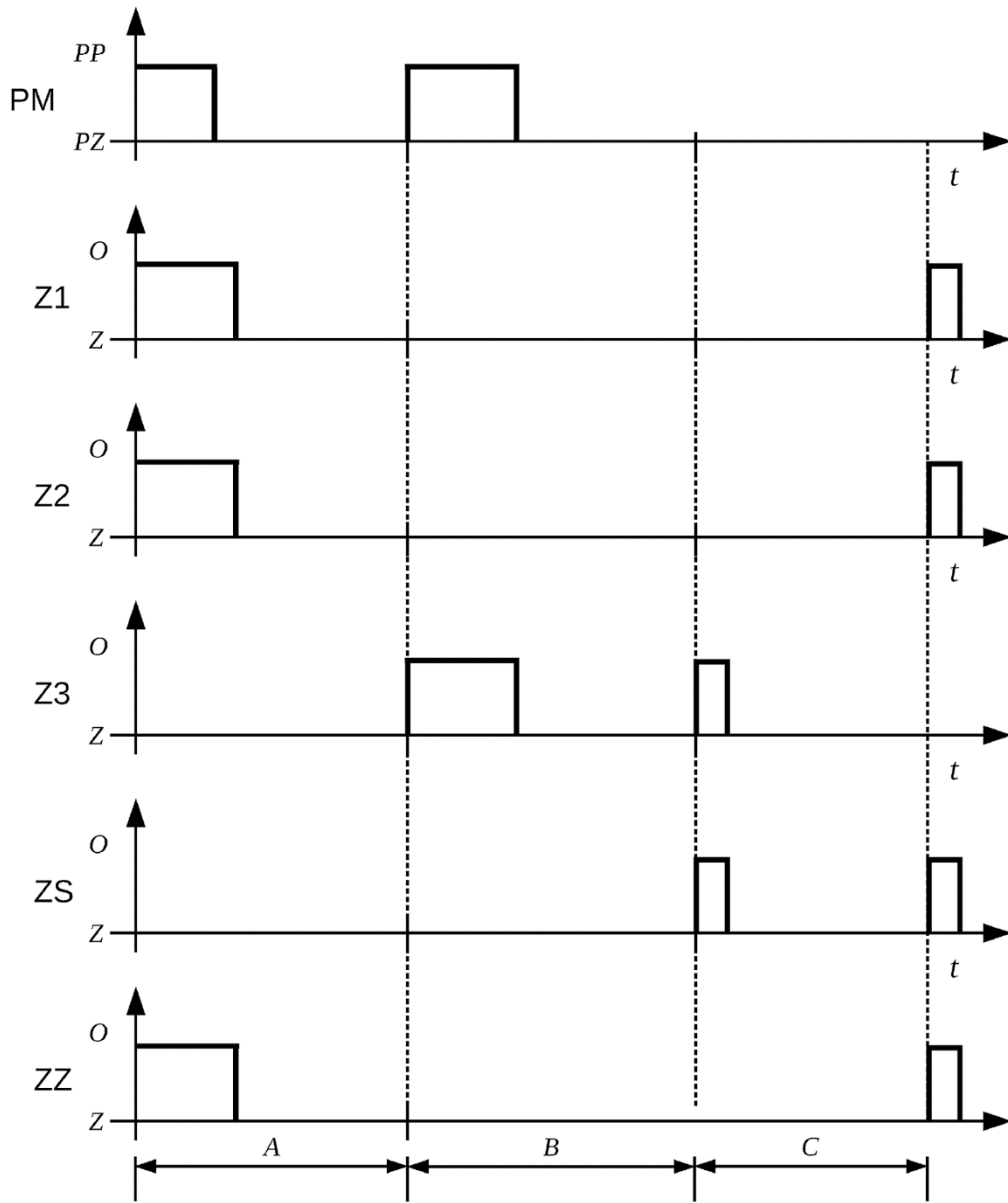


Fig. 2

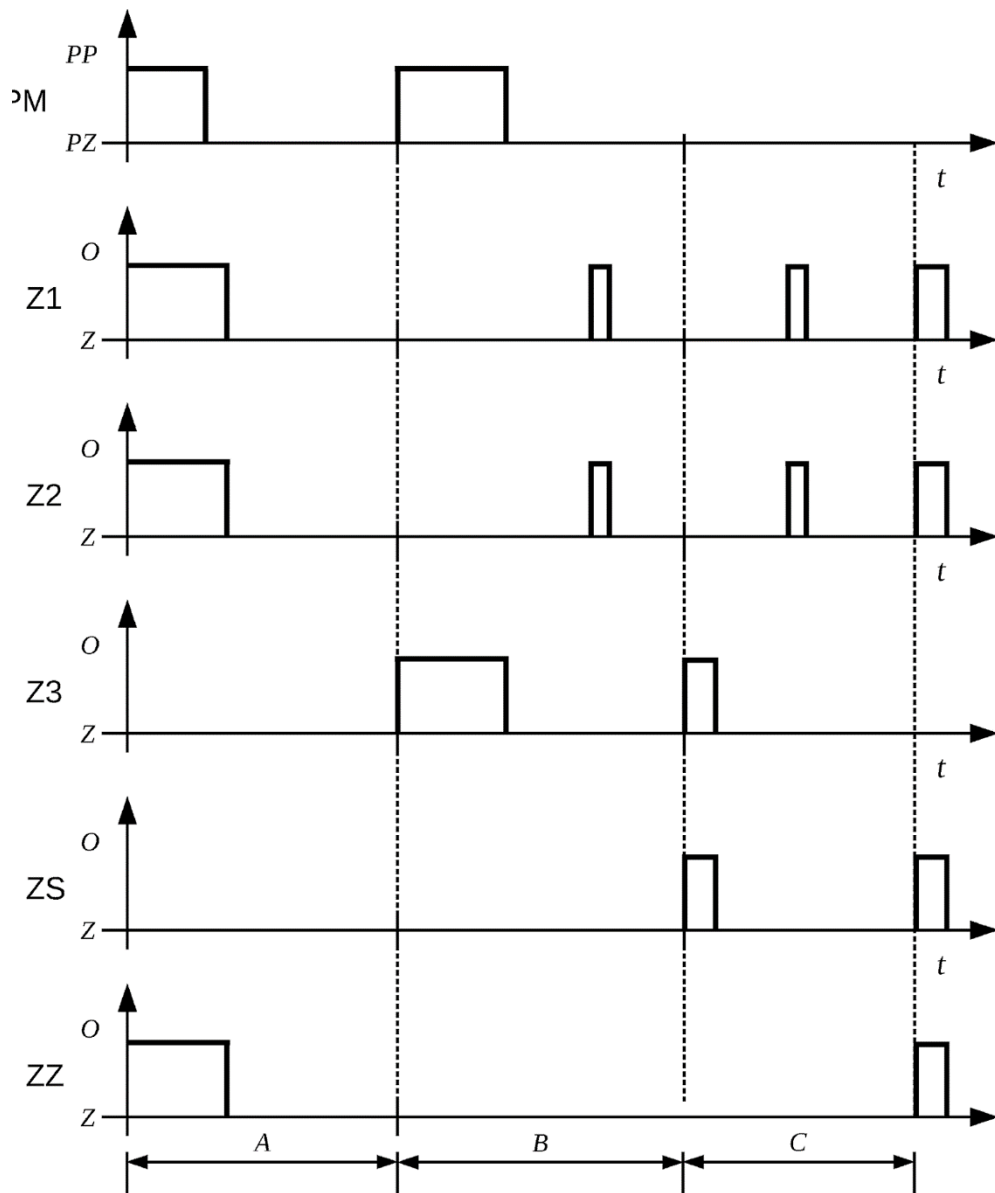


Fig. 3

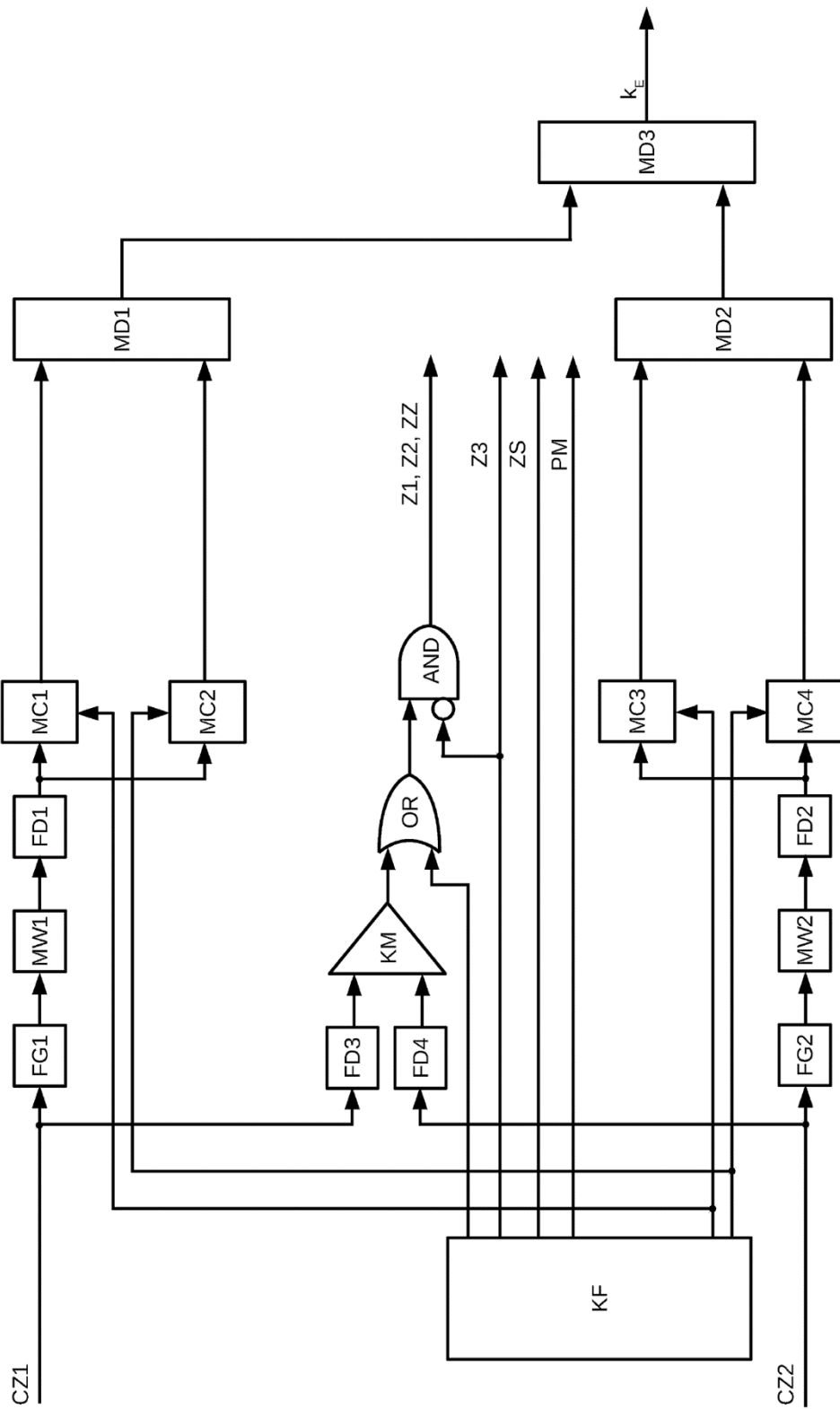


Fig. 4