

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **216787**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **386900**

(22) Data zgłoszenia: **22.12.2008**

(51) Int.Cl.

**H04B 5/00 (2006.01)**

**H04B 5/02 (2006.01)**

**H04B 7/00 (2006.01)**

**H04B 7/26 (2006.01)**

(54)

**Układ przesyłu sygnałów w wyrobiskach górniczych**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

**05.07.2010 BUP 14/10**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

**30.05.2014 WUP 05/14**

(73) Uprawniony z patentu:

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA  
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE,  
Kraków, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**CEZARY WOREK, Kraków, PL**

(74) Pełnomocnik:

**recz. pat. Alina Magońska**

**PL 216787 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ przesyłu sygnałów w podziemnych wyrobiskach górniczych z wykorzystaniem kabla promieniującego.

Systemy bezprzewodowej komunikacji radiowej instalowane są obecnie w dużej liczbie podziemnych zakładów górniczych. Społeczne zapotrzebowanie na zwiększenie bezpieczeństwa pracy oraz konieczność zwiększenia efektywności załóg górniczych stało się stymulatorem rozwoju bezprzewodowej komunikacji radiowej w obrębie wyrobisk górniczych. Ogólnie, łączność radiowa w zakładach górniczych wykorzystywana jest do sterowania maszynami samojezdnymi i stacjonarnymi, komunikacji głosowej, monitorowania maszyn, jak również do identyfikacji osób i urządzeń. Wymóg spełnienia szeregu norm bezpieczeństwa, ciężkie warunki środowiskowe oraz wysoka tłumienność podziemnych tuneli dla fal elektromagnetycznych powoduje konieczność stosowania specjalistycznych, dedykowanych rozwiązań.

Z uwagi na dużą przewodność elektryczną skał w wyrobiskach górniczych, bezprzewodowa komunikacja radiowa zazwyczaj jest realizowana za pośrednictwem kabla promieniującego, który instaluje się w korytarzach, w których znajdują się również mobilne radiowe urządzenia nadawczo-odbiorcze lub maszyny wyposażone w takie urządzenia. Kabel promieniujący ma wykonane w ekranie równomiernie rozmieszczone szczeliny, które umożliwiają wypływ energii elektromagnetycznej. Wyemitowana energia przenosząca sygnały radiowe może być odbierana przez ruchome urządzenia odbiorcze znajdujące się w otoczeniu kabla. Z uwagi na zamierzony wypływ energii oraz straty wewnątrz kabla moc sygnałów elektrycznych w kablu promieniującym szybko maleje. Spadek mocy sygnałów radiowych kompensuje się zazwyczaj za pośrednictwem wzmacniaczy linii rozmieszczonych względem siebie w jednakowych odległościach.

Rozwiązanie takie ujawniono w angielskim opisie patentowym nr 1 371 291 oraz analogicznym amerykańskim opisie patentowym nr 3 916 311. Główną zaletą tego rozwiązania jest zastosowanie tych samych wzmacniaczy, zarówno do transferu sygnałów ze stacji bazowej do urządzeń mobilnych, jak i przesyłu informacji w kierunku odwrotnym. Ponieważ transfer sygnałów nadawczych, jak i sygnałów odbiorczych przez kabel promieniujący zachodzi zawsze w jednym kierunku, na początku kabla instaluje się stację nadawczą, zaś na końcu kabla promieniującego instaluje się stację odbiorczą, z której, za pośrednictwem zwykłego kabla, sygnał przesyłany jest do stacji bazowej.

Z uwagi na fakt, że ten sam kabel promieniujący pełni funkcję anteny nadawczej, jak i anteny odbiorczej, istnieje możliwość sprzężenia zwrotnego pomiędzy odcinkiem kabla dołączonym do wyjścia wzmacniacza, który stanowi antenę nadawczą a odcinkiem kabla dołączonym do wejścia wzmacniacza, który z kolei stanowi antenę odbiorczą. To sprzężenie może doprowadzić do niestabilnej pracy, a nawet samoistnego wzbudzenia.

Aby ominąć ten problem w rozwiązaniu według patentu amerykańskiego nr 3 916 311 każdy kolejny wzmacniacz odwraca fazę sygnału. Takie rozwiązanie ma jednak tę wadę, że w otoczeniu kabla promieniującego można znaleźć takie obszary, gdzie natężenie promieniowania wskutek zjawiska interferencji będzie wzmocnione, jak również takie obszary, gdzie sygnał radiowy zostanie wygaszony, co uniemożliwi komunikację z mobilnym urządzeniem nadawczo-odbiorczym znajdującym się właśnie w tym miejscu.

Problem dystrybucji sygnałów radiowych za pośrednictwem stacji przekaźnikowych został najlepiej rozwiązany w systemach telefonii komórkowej. Dotyczy to zwłaszcza takich zjawisk jak problem interferencji sygnałów. W amerykańskim opisie patentowym nr 6 373 833 został przedstawiony system interfejsu pomiędzy urządzeniem mobilnym a stacją bazową wykorzystujący czasowe okna dostępu. Aby uniknąć niekorzystnych zjawisk związanych z interferencją sygnałów, stacje przekaźnikowe telefonii komórkowej komunikują się na różnych częstotliwościach ze stacją bazową, z urządzeniem mobilnym i jeszcze na innej częstotliwości z kolejną stacją przekaźnikową. Ponieważ pomiędzy dwiema stacjami przekaźnikowymi znajdują się obszary, w których urządzenie mobilne może uzyskać połączenie zarówno z pierwszą stacją przekaźnikową, jak i z kolejną stacją przekaźnikową, mobilne urządzenie odbiorcze w oparciu o poziomy sygnałów z obu stacji przekaźnikowych dokonuje wyboru preferowanej stacji przekaźnikowej. Następnie, za pośrednictwem stacji przekaźnikowej informuje o tym fakcie stację bazową. W odpowiedzi, stacja bazowa przełącza urządzenie mobilne na inną częstotliwość preferowanej stacji przekaźnikowej.

Nie są znane analogiczne systemy, jak ten według patentu US nr 6 373 833, przystosowane do transferu sygnałów za pośrednictwem kabla promieniującego. Brak tych aplikacji w środowiskach górniczych spowodowany jest prawdopodobnie złożonością systemu.

Z amerykańskiego opisu patentowego nr 3 979 673 znany jest system telekomunikacji przeznaczony do wyrobisk górniczych, w którym wyeliminowano niektóre wady rozwiązania wg patentu US nr 3 916 311. Aby zminimalizować problem stref martwych, w których wskutek interferencji sygnałów o przeciwnych fazach następuje wyłumienie sygnałów nadawczych, zastosowano jednakowe dodatkowe odcinki pomocniczego kabla promieniującego. Te dodatkowe odcinki pomocniczego kabla promieniującego umieszczone są równolegle wzdłuż głównego kabla promieniującego i mogą być jednocześnie dołączone do wejść wzmacniaczy lub wyjść wzmacniaczy sygnałów głównego kabla promieniującego. O tym, czy pomocnicze odcinki kabla promieniującego są dołączone do wejść wzmacniaczy, czy też wyjść wzmacniaczy decyduje główna stacja bazowa. Kabel promieniujący pracuje z podziałem czasowym na okna czasowe dla emisji sygnału; i okna czasowe dla odbioru sygnału. W czasie cyklu nadawczego dodatkowe odcinki kabla promieniującego dołącza się do wyjść wzmacniaczy, dzięki temu fazy sygnałów emitowanych przez główny kabel promieniujący za wzmacniaczem i dodatkowy odcinek pomocniczego kabla promieniującego przed wzmacniaczem posiadają tę samą fazę. Ponadto, dodatkowy odcinek pomocniczego kabla promieniującego kompensuje odwrócony w fazie i znacznie słabszy sygnał emitowany przez odcinek głównego kabla promieniującego przed wzmacniaczem. W czasie cyklu odbiorczego dodatkowe odcinki pomocniczego kabla promieniującego dołącza się do wejść wzmacniaczy. Wówczas sygnał odebrany przez dodatkowy odcinek pomocniczego kabla promieniującego, umiejscowiony za wzmacniaczem, kompensuje z nadwyżką sygnał odebrany przez fragment głównego kabla promieniującego dołączony do wyjścia wzmacniacza.

Zastosowanie dołączanych przemiennie dodatkowych odcinków pomocniczych kabli promieniujących, aczkolwiek umożliwiło wyeliminowanie stref martwych w sąsiedztwie wzmacniaczy, nie zapewnia jednak niezawodnej komunikacji wzdłuż całego kabla promieniującego. Obszary pogorszonej łączności mogą pojawić się w miejscach jednakowo odległych od wzmacniaczy, gdzie interferencja sygnałów o fazach przeciwnych jest nadal możliwa. Niedogodnością tego rozwiązania jest konieczność stosowania dodatkowych pomocniczych odcinków kabla promieniującego.

W rozwiązaniu według wynalazku udało się ominąć problem interferencji zachowując nieskomplikowaną strukturę systemu.

Istotą wynalazku jest układ przesyłu sygnałów w wyrobiskach górniczych posiadający wzmacniacze sygnału linii, z których każdy zawiera pierwszy obwód komutacyjny i drugi obwód komutacyjny oraz przełączniki zmiany kierunku transmisji, za pośrednictwem których wzmacniacze połączone są z kablem promieniującym. Obwody komutacyjne i przełączniki zmiany kierunku transmisji sterowane są przez stację bazową. Umożliwiają one proste i rewersyjne włączenie wzmacniaczy pomiędzy kolejnymi odcinkami kabla promieniującego. Kabel promieniujący zakończony jest terminatorem linii. Stacja bazowa i stacje abonenckie pracują na tej samej częstotliwości.

Wynalazek ujawniono w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat ogólny systemu przeznaczonego do przesyłu sygnałów w wyrobiskach górniczych, natomiast fig. 2 przedstawia wzmacniacz sygnału linii, który wyposażono w obwód komutacyjny wejściowy, obwód komutacyjny wyjściowy i obwody komutacyjne zmiany kierunku transmisji.

Układ przesyłu sygnałów w wyrobiskach górniczych zawiera: stację bazową 1 wyposażoną w blok zasilania 2, złożony z wielu odcinków kablem promieniujący 3, połączony za pośrednictwem łącz wysokiej częstotliwości typu „N” 4, wzmacniacz sygnału linii 5, mobilne stacje abonenckie 6 oraz terminator linii 7. Kabel promieniujący 3 służy również do dostarczania energii do wzmacniaczy sygnału linii 5. Wzmacniacz sygnału linii 5 wyposażony jest jednokierunkowy wzmacniacz W, pierwszy obwód komutacyjny OK1 złożony z przełączników P1, P2, P3 oraz rezystorów R1, R2, drugi obwód komutacyjny OK2 złożony z przełączników oraz rezystorów R3, R4. Ponadto, każdy wzmacniacz sygnału linii 5 wyposażony jest w pierwszy przełącznik zmiany kierunku przesyłu sygnału PZK1 i drugi przełącznik zmiany kierunku przesyłu sygnału PZK2.

Zastosowana struktura obwodów komutacyjnych umożliwia sekwencyjny proces komutacji. Dzięki temu zakłócenia, będące skutkiem stanów przejściowych podczas procesu przełączania, mogą zostać zminimalizowane. Przykładowo: sekwencyjny proces komutacji polega na tym, że w pierwszej kolejności następuje odłączenie kabla promieniującego 3 od wzmacniacza W przez takie połączenie przełączników P1, P2, P3, P4, że rozłączony fragment kabla promieniującego 3 dołączony jest do jednego z rezystorów R1 lub R3, natomiast drugi fragment kabla promieniującego 3 dołączony jest do

jednego z rezystorów  $R_2$  lub  $R_4$ . W drugim cyklu procesu komutacji następuje przełączenie łączników zmiany kierunku transmisji  $PZK1$ ,  $PZK2$  oraz przełączników  $P_3$ ,  $P_6$ . W trzecim cyklu komutacji następuje dołączenie wejścia wzmacniacza  $W$  do kabla promieniującego  $3$  przez przełączenie jednego z łączników  $P_1$ ,  $P_2$  i dołączenie wyjścia wzmacniacza  $W$  do kabla promieniującego  $3$  przez przełączenie jednego z łączników  $P_3$ ,  $P_4$ .

Przedstawiona struktura, chociaż potencjalnie wrażliwa na wzbudzenia, może pracować poprawnie, jeżeli wartości wzmocnienia sygnału, wnoszone przez każdy ze wzmacniaczy linii  $5$  oddzielnie, są niewielkie i kompensują wyłącznie straty w kablu oraz zminimalizowany jest transfer sygnału drogą napowietrzną pomiędzy odcinkiem kabla promieniującego  $3$  przed wzmacniaczem linii  $5$  a odcinkiem kabla promieniującego  $3$  za wzmacniaczem linii  $5$ . W wyrobiskach górniczych, z uwagi na dużą przewodność elektryczną skał, jako elementy utrudniające wystąpienie sprzężeń zwrotnych mogą być wykorzystane wszelkie przewężenia korytarzy lub same korytarze, które utrudnią transfer drogą napowietrzną powrotnych sygnałów radiowych pomiędzy odcinakami kabla promieniującego  $3$  dołączonego do wejścia wzmacniacza linii  $5$  a odcinkiem kabla promieniującego dołączonego do wyjścia wzmacniacza linii  $5$ . Zatem, umiejscowienie wzmacniaczy linii  $5$  właśnie w tych miejscach, które ograniczą wartość sygnału powrotnego drogą napowietrzną jest bardzo korzystne. Zmniejszenie wrażliwości wzmacniaczy szerokopasmowych na wzbudzenie wskutek sprzężenia zwrotnego jest również możliwe przez zastosowanie samplingowego procesu amplifikacji sygnału. Wzmacniacze samplingowe wykazują znacznie mniejszą wrażliwość na wzbudzenia od wzmacniaczy konwencjonalnych. Samplingowy tryb pracy przerywa lawinowy proces narastania amplitudy sygnału wyjściowego, który zostanie nieuchronnie zainicjowany, jeżeli sygnał wyjściowy wzmacniacza linii  $5$  wyemitowany przez odcinek kabla promieniującego dołączonego do wyjścia wzmacniacza i odebrany przez odcinek kabla promieniującego  $3$  dołączony do wejścia wzmacniacza zostanie wprowadzony do wejścia wzmacniacza linii  $5$  w zgodnej fazie. Ponieważ proces narastania drgań w stanie wzbudzenia zachodzi stopniowo, odporność na wzbudzenia, wskutek sprzężenia zwrotnego, jest tym większa, im większa jest częstotliwość próbkowania.

Zastosowana, w rozwiązaniu według wynalazku, struktura wzmacniacza linii  $5$  wyposażonego w dwa obwody komutacyjne  $OK1$ ,  $OK2$  może być traktowana jako dwa niezależne wzmacniacze samplingowe, ponieważ sygnał trybu odbiorczego jest nieskorelowany z sygnałem trybu nadawczego i *vice versa*. Zatem, każda zmiana trybu pracy prowadzi do ustanowienia warunków początkowych i jest równoważna z wyzerowaniem wzmacniacza samplingowego przed kolejnym cyklem próbkowania. Poprzez dobór częstotliwości pracy obwodów komutacyjnych i przełączników  $OK1$ ,  $OK2$ ,  $PZK1$ ,  $PZK2$ , które jednocześnie umożliwiają przełączenie z trybu nadawczego na tryb odbiorczy możliwe jest zmniejszenie wrażliwości wzmacniaczy linii  $5$  na wzbudzenia w takim stopniu, że pomimo istniejącego dodatniego sprzężenia zwrotnego nie nastąpi rozwinięcie samoistnych oscylacji własnych.

Reasumując, poprzez wykorzystanie szczególnych warunków środowiskowych oraz jednoczesne wykorzystanie korzystnych właściwości wzmacniaczy wynikających z samplingowego trybu pracy możliwe jest uzyskanie efektu synergicznego zapewniającego niezawodną transmisję sygnałów przy jednoczesnym zachowaniu prostoty systemu z zachowaniem małego zapotrzebowania na energię, która w warunkach górniczych jest niezmiernie istotnym parametrem.

W układzie uzyskano wysoką izolację sygnałów wyjściowych od wejścia wzmacniacza  $W$  w szerokim zakresie częstotliwości, nawet do kilku GHz. Dobre dopasowanie wrót wejściowych i wyjściowych wzmacniacza  $W$  umożliwi osiągnięcie dużego wzmocnienia w pojedynczym wzmacniaczu sygnału linii  $5$ , jak również pozwala na sekwencyjny proces komutacji.

## Zastrzeżenia patentowe

1. Układ przesyłu sygnałów w wyrobiskach górniczych zawierający stację bazową, składający się z wielu odcinków kabla promieniujący pełniący jednocześnie funkcję anteny nadawczo-odbiorczej, linii przesyłu sygnałów i zasilania, dodatkowo wyposażony w jednokierunkowe wzmacniacze sygnału linii rozmieszczone pomiędzy odcinkami kabla, **znamienny tym**, że każdy ze wzmacniaczy sygnału linii ( $5$ ) zawiera pierwszy obwód komutacyjny ( $OK1$ ) i drugi obwód komutacyjny ( $OK2$ ) oraz przełączniki zmiany kierunku transmisji ( $PZK1$ ), ( $PZK2$ ) za pośrednictwem których wzmacniacze ( $W$ ) połączone są z kablem promieniującym ( $3$ ), przy czym wymienione obwody komutacyjne ( $OK1$ ) i ( $OK2$ ) oraz przełączniki zmiany kierunku transmisji ( $PZK1$ ), ( $PZK2$ ) sterowane są przez stację bazową ( $1$ ), co

umożliwia proste i rewersyjne włączenie wzmacniaczy (W) pomiędzy kolejnymi odcinkami kabla promieniującego (3), kabel promieniujący (3) zakończony jest terminatorem linii (Z).

2. Układ przesyłu sygnałów według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stacja bazowa (1) i stacje abonenckie (6) pracują na tej samej częstotliwości.

Rysunki

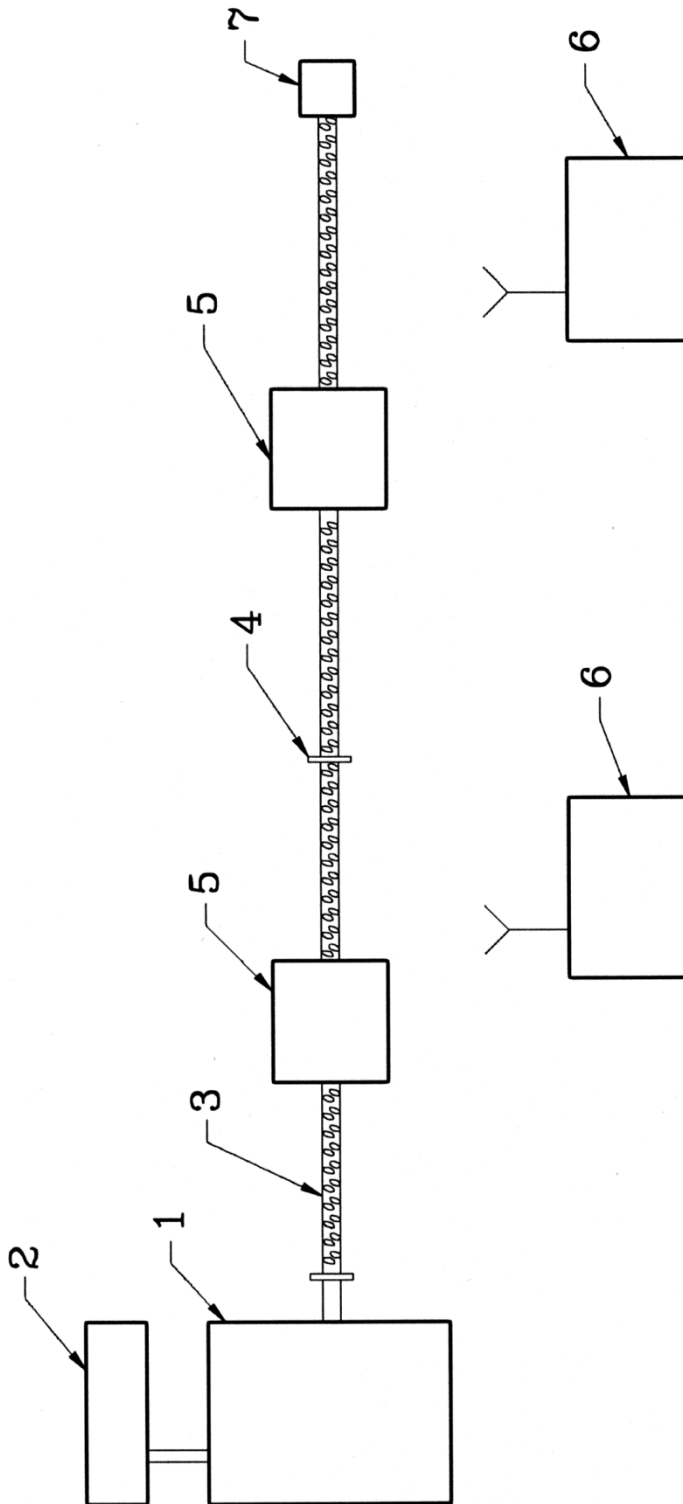


Fig. 1

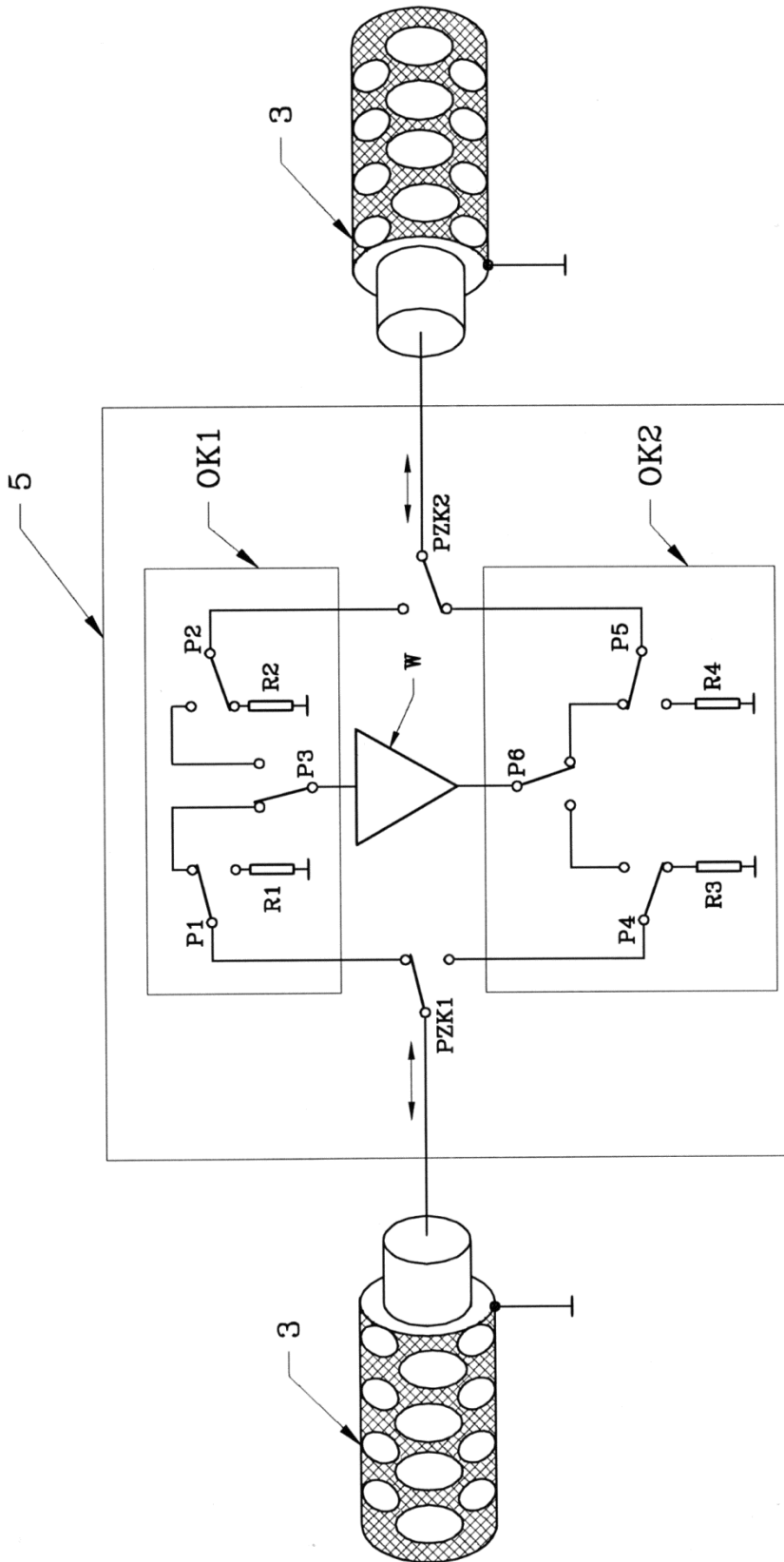


Fig. 2