

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **221709**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **397312**

(51) Int.Cl.
G01M 7/08 (2006.01)
G01N 3/307 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **09.12.2011**

(54) **Sposób generowania wstępnie zaprojektowanego udarowego obciążania konstrukcji oraz urządzenie do generowania wstępnie zaprojektowanego udarowego obciążania konstrukcji**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
10.06.2013 BUP 12/13

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
31.05.2016 WUP 05/16

(73) Uprawniony z patentu:

**ADAPTRONICA SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Łomianki, PL
INSTYTUT PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW
TECHNIKI POLSKIEJ AKADEMII NAUK,
Warszawa, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**ANDRZEJ ŚWIERCZ, Warszawa, PL
GRZEGORZ MIKUŁOWSKI, Warszawa, PL
RAFAŁ WISZOWATY, Cegłów, PL
JAN HOLNICKI-SZULC, Warszawa, PL
PRZEMYSŁAW KOŁAKOWSKI, Nieporęt, PL
CEZARY GRACZYKOWSKI, Warszawa, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Anna Bełz

PL 221709 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób generowania wstępnie zaprojektowanego udarowego obciążenia konstrukcji, o uprzednio założonej amplitudzie siły i czasie trwania obciążenia oraz urządzenie do generowania wstępnie zaprojektowanego obciążenia konstrukcji. Urządzenie jest przeznaczone do nieniszczącego pobudzania drgań konstrukcji w warunkach polowych lub laboratoryjnych w celu analizy drgań konstrukcji lub służących określeniu jej parametrów.

Znane jest z opublikowanego opisu USA nr 4682490 urządzenie przeznaczone do impulsowego wzbudzania drgań konstrukcji. Obciążenie jest generowane pod wpływem działania sił magnetycznych (wytwarzanych przez solenoid) na osadzony suwliwie element prętowy, który uderzając w badaną konstrukcję z odpowiednią prędkością wytwarza impuls. Urządzenie to wymaga jednak zewnętrznego zasilania.

Z kolei według innego opublikowanego opisu patentowego nr US 2010/03000177, do wygenerowania impulsu siły wykorzystywana jest energia kinetyczna kulki. Do jej rozpędzenia jest stosowany przyrząd składający się ze sprężyny wraz z mechanizmem napinającym, elementu zwalniającego sprężynę oraz prowadnicy, w której rozpędzana jest kulka. Kontrola wygenerowanego impulsu odbywa się jedynie poprzez odpowiedni naciąg sprężyny.

Zgodnie z wynalazkiem sposób udarowego obciążania konstrukcji polega na tym, że na wstępie ustala się przebieg udarowego obciążenia konstrukcji i zapisuje się go w pamięci układu sterującego. Po czym, na podstawie obliczeń bilansu energetycznego, określa się prędkość i masę zespołu uderzającego. Następnie nadaje się założoną prędkość zespołowi uderzającemu, w momencie pierwszego kontaktu z badaną konstrukcją z którego, za pośrednictwem czujników zamocowanych na zespole uderzającym, wysyła się sygnały, o chwilowym przyspieszeniu i sile oddziaływania na konstrukcję, które przekazuje się do układu sterującego. Po czym za pomocą układu podatnego, sterowanego układem sterującym, utrzymuje się oddziaływanie tego zespołu na konstrukcję według zaprojektowanego obciążenia. Obciążenie konstrukcji zespołem uderzającym reguluje się korzystnie za pomocą dwukomorowego układu pneumatycznego wyposażonego w elektrozawór połączony z układem sterującym. Korzystnie, w trakcie sporządzania wstępnych obliczeń bilansu energetycznego, uwzględnia się wielkość początkowego ciśnienia w komorach układu pneumatycznego urządzenia uderzającego.

Ruch elementu uderzającego wywołuje się zwolnieniem blokady, po uprzednim napełnieniu komory gazem lub napięciu sprężyny mechanicznej. Obciążenie jest przekazywane na konstrukcję lokalnie, od chwili osiągnięcia kontaktu elementu uderzającego z konstrukcją. Zmienność w czasie obciążenia wywieranego na badaną konstrukcję uzyskuje się dobierając: początkowe ciśnienia gazu w komorze lub napięcie sprężyny mechanicznej (prędkość elementu uderzającego w chwili jego kontaktu z konstrukcją), masę elementu uderzającego (dobór obciążników), ciśnienie początkowe w układzie pneumatycznym zespołu uderzającego, element kontaktowy (właściwości sprężyste) i podatności badanej konstrukcji. Podczas trwania kontaktu elementu uderzającego z konstrukcją steruje się elektrozaworem w taki sposób, aby uzyskać uprzednio założoną zmienność obciążenia w czasie. Obciążenie przekazywane na konstrukcję kontroluje się przez różnicę ciśnień w komorach pneumatycznych zespołu uderzającego. Wymaganą różnicę ciśnień uzyskuje się w wyniku kontrolowanego przepływu gazu przez elektrozawór umieszczony pomiędzy komorami – w ten sposób rozprasza się energię kinetyczną (zamienia się na energię wewnętrzną gazu) zespołu uderzającego.

Wykorzystując wstępnie zaprojektowane obciążenie udarowe wymusza się drgania konstrukcji w sposób nieniszczący, powtarzalny i kontrolowany. Wzbudzanie drgań według sposobu może służyć do analizy modalnej lub określeniu parametrów mechanicznych konstrukcji. Zależnie od konstrukcji i celu analizy drgań, ustala się czas trwania oraz intensywność obciążenia.

Przedmiotem wynalazku jest także urządzenie do generowania wstępnie zaprojektowanego obciążenia udarowego.

Urządzenie ma obudowę z prowadnicą, w której umieszczony jest szczelnie i suwliwie zespół uderzający. Zespół uderzający składa się z wydrążonego korpusu, w którym jest umieszczony szczelnie i suwliwie tłok połączony z tłoczyskiem, na którego końcu jest osadzony wymienny element kontaktowy. Ponadto, na tłoczysku umieszczony jest czujnik przyspieszenia, czujnik siły oraz obciążnik o zmiennej masie. Na korpusie osadzony jest drugi obciążnik. Przestrzeń pomiędzy tłokiem a dnem korpusu jest podzielona przegrodą na dwie komory, które są wyposażone w czujniki ciśnienia. W przegrodzie jest elektrozawór. Czujniki ciśnienia komór, czujnik przyspieszeń, czujnik siły oraz elek-

trozawór są połączone z układem sterującym. Obudowa ma ograniczniki zabezpieczające korpus urządzenia uderzającego przed jego nadmiernym przemieszczeniem. W obudowie lub w prowadnicy w wersji urządzenia z wyzwalaczem pneumatycznym, są otwory przelotowe.

Urządzenie charakteryzuje się powtarzalnością generowanych obciążeń, a po zaniku kontaktu nie oddziałuje z konstrukcją i nie wpływają na wywołane drgania. Za wyjątkiem układu sterowania, urządzenie nie wymaga zewnętrznego zasilania podczas generowania obciążenia.

P r z y k ł a d

Zaprojektowano próbę obciążenia konstrukcji wg fig. 4, i zapisano je w układzie sterowania. Następnie urządzenie do wygenerowania impulsowego obciążenia, umieszczono stabilnie, w taki sposób, że oś tłoczyska połączonego z tłokiem ustawiona była prostopadłe i centralnie do powierzchni badanej konstrukcji, którą stanowiła swobodnie podparta płyta stalowa o wymiarach 50 cm x 50 cm x 2 cm, umieszczona w odległości 10 cm od elementu kontaktowego. Dwie komory pneumatyczne w zespole uderzającym, pomiędzy którymi zainstalowano elektrozawór połączony z układem sterowania, wypełniono sprężonym powietrzem do wartości ciśnienia 0,6 MPa. Następnie uruchomiono blokadę utrzymującą niezmiennie położenie zespołu uderzającego, o łącznej masie 1 kg, oraz napięto sprężynę mechaniczną, wskutek czego skrócono ją o 20 mm i wywołano nacisk o wartości 100 N na dno korpusu zespołu uderzającego. Do układu sterowania podłączono: czujniki ciśnienia znajdujące się w komorach pneumatycznych zespołu uderzającego, czujniki przyspieszenia i siły umieszczone na tłoczysku. W tak skonfigurowanym urządzeniu zwolniono blokadę i wywołano ruch zespołu uderzającego w kierunku badanej konstrukcji i rozpędzono go do prędkości 1.4 m/s (w chwili uderzenia). Następnie, wraz ze wzrostem ciśnienia w komorze podtłokowej uruchomiono procedurę cyklicznego zamykania i otwierania elektrozaworu według schematu przedstawionego na fig. 5. Uprzednio założone obciążenie wygenerowano w wyniku sterowania elektrozaworem oraz doboru wstępnych parametrów urządzenia. Przebieg zgodnego z oczekiwaniem obciążania konstrukcji zarejestrowano przy pomocy czujnika siły umieszczonego na zespole uderzającym. Drgania płyty zostały zarejestrowane przez układ czterech czujników przyspieszeń zainstalowanych na płycie. Celem analizy było określenie częstotliwości i odpowiadających im postaci drgań własnych.

Urządzenie według wynalazku jest pokazane w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat urządzenia z pneumatycznym mechanizmem napędowym, fig. 2 – schemat urządzenia z mechanicznym układem napędowym, fig. 3 – schemat połączeń elektrycznych, fig. 4 – wykres założonego przebiegu obciążenia konstrukcji, a fig. 5 – przebieg w czasie procedury otwierania i zamykania elektrozaworu w czasie obciążenia konstrukcji.

Urządzenie, w przykładzie wykonania przedstawionym na rys. 1, ma obudowę **O**, z prowadnicą **PR**, wewnątrz której umieszczony jest szczelnie i suwliwie zespół uderzający **EU**. Prowadnica **PR** jest połączona z komorą **K** ciśnieniową, która wyposażona jest w zawór **Z2**. W prowadnicy **PR** jest blokada **BL** stabilnie utrzymująca zespół uderzający podczas napełniania komory **K**. W prowadnicy **PR** są także otwory przelotowe **OT** do redukcji ciśnienia w komorze **K** do poziomu ciśnienia atmosferycznego. Zespół uderzający **EU** składa się z wydrążonego korpusu **KP**, w którego dnie jest zawór **Z**. W korpusie **KP** jest umieszczony szczelnie i suwliwie tłok **T**. Tłok **T** połączony jest z tłoczyskiem **TL**, na którego końcu umieszczony jest wymienny element kontaktowy **E**. Ponadto, na tłoczysku **TL** umieszczony jest czujnik przyspieszenia **A**, czujnik siły **F** oraz wymienny obciążnik **M1**. Korpus **KP** jest wyposażony w wymienny obciążnik **M2**. Przestrzeń pomiędzy tłokiem **T** a dnem korpusu **KP** podzielona jest na dwie komory **K1** i **K2** przegrodą **P**, z wbudowanym elektrozaworem **Z1**. Każda z komór **K1** i **K2** wyposażona jest w czujnik ciśnienia odpowiednio **CC1** i **CC2**. Czujniki ciśnienia **CC1** i **CC2**, czujnik przyspieszeń **A**, czujnik siły **F** oraz elektrozawór **Z1** są połączone z układem sterującym **US**. Prowadnica **PR** ma ograniczniki **OG** zabezpieczające zespół uderzający **EU** przed jego nadmiernym przemieszczeniem.

Na fig. 2 przedstawiono wariantowe rozwiązanie, w którym do wymuszenia ruchu zespołu uderzającego wykorzystywany jest układ sprężynowy. W komorze **K** jest sprężyna **S** spiralna, umieszczona pomiędzy dociskami **D1** a **D2**. Docisk **D1** jest osadzony w prowadnicy **PR** przesuwnie, poprzez nagwintowany trzpień **PS**, umieszczony w otworze płytki **OP** oporowej.

W zespole uderzającym **EU**, przez zawór **Z** wypełnia się gazem obie komory pneumatyczne **K1** i **K2** do ustalonego poziomu ciśnienia. Do komory **K** włącza się gaz o założonym (obliczonym w oparciu o równania bilansu energetycznego) ciśnieniu lub napina się sprężynę **S**. Podczas napełniania komory **K** lub napinania sprężyny **S** zespół uderzający **EU** jest utrzymywany w pozycji początkowej przez blokadę **BL**. Po zwolnieniu blokady **BL** zespół uderzający **EU** jest przyspieszany do osiągnięcia

załóżonej prędkości, przy której następuje kontakt z badaną konstrukcją. Prędkość elementu uderzającego **EU** w chwili kontaktu z konstrukcją ustala się przez ciśnienie początkowe w komorze **K** lub napięcie sprężyny mechanicznej **S**, z uwzględnieniem obciążników **M1** i **M2**. W wyniku kontaktu zespołu uderzającego z konstrukcją zwiększa się ciśnienie w komorze **K1**. Czujniki ciśnienia **CC1** i **CC2** umieszczone w komorach, odpowiednio **K1** i **K2**, rejestrują zmiany ciśnień, a sygnały z tych czujników przesyłane są do układu sterowania **US**. Jednocześnie, do układu sterowania **US** przesyłane są sygnały z pozostałych czujników. W czasie trwania kontaktu elementu uderzającego **EU** z konstrukcją siła kontaktowa jest kontrolowana przemieszczeniem tłoka **T** wraz z tłoczyskiem **TL** poprzez regulację różnicy ciśnień w komorach **K1** i **K2**. Regulację poziomu ciśnień przeprowadza się poprzez układ sterujący **US** cyklicznie zamykając i otwierając elektrozawór **Z1** pomiędzy komorami **K1** i **K2**.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób generowania wstępnie zaprojektowanego obciążenia udarowego za, pomocą wyrzucanego zespołu uderzającego, **zamienny tym**, że planuje się na wstępie przebieg udarowego obciążenia konstrukcji i zapisuje się w pamięci układu elektronicznego, a także ustala się masę i prędkość zespołu uderzającego, któremu następnie nadaje się założone przyspieszenie, po czym za pomocą układu podatnego, sterowanego układem elektronicznym, otrzymującym od zespołu uderzającego sygnały o chwilowym jego przyspieszeniu i sile oddziałującej na konstrukcję, utrzymuje się oddziaływanie zespołu uderzającego na konstrukcję według zaprojektowanego obciążenia.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że sygnały o chwilowym przyspieszeniu i sile przekazuje się za pośrednictwem czujników zamocowanych na części zespołu uderzającego związanej sztywno z elementem kontaktowym.

3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że zmianę obciążenia konstrukcji zespołem uderzającym reguluje się za pomocą dwukomorowego układu pneumatycznego wyposażonego w elektrozawór połączony z układem sterującym.

4. Sposób według zastrz. 3, **znamienny tym**, że zmianę obciążenia konstrukcji reguluje się poprzez dobór wstępnej wielkości ciśnienia w komorach układu pneumatycznego oraz poprzez przepływ gazu pomiędzy komorami.

5. Urządzenie do generowania wstępnie zaprojektowanego obciążenia udarowego posiadające urządzenie wyrzutowe, o regulowanej sile, pneumatyczne lub sprężynowe z prowadnicą, **znamiennie tym**, że w prowadnicy (**PR**) jest umieszczony szczelnie i suwliwie zespół uderzający (**EU**) posiadający korpus (**KP**), w którym jest umieszczony szczelnie i suwliwie tłok (**T**) połączony z tłoczyskiem (**TL**), na którego końcu jest osadzony wymienny element **E** kontaktowy, a ponadto na tłoczysku (**TL**) umieszczony jest czujnik (**A**) przyspieszenia i czujnik (**F**) siły, przy czym przestrzeń podtłokowa korpusu (**KP**) przedzielona jest na dwie komory (**K1**) i (**K2**) przegrodą (**P**) z elektrozaworem (**Z1**), a ponadto w komorach (**K1**) i (**K2**) są zainstalowane czujniki (**CC1**) i (**CC2**) ciśnienia, przy czym czujniki (**CC1**) i (**CC2**) ciśnienia, czujnik (**A**) przyspieszenia, czujnik (**F**) siły są połączone z wejściem układu (**US**) sterującego, zaś z wyjściem układu (**US**) jest połączony elektrozawór (**Z1**), a dodatkowo w dnie korpusu (**KP**) jest zawór (**Z**).

6. Urządzenie według zastrz. 5, **znamiennie tym**, że na tłoczysku (**TL**) jest zainstalowany rozłącznik obciążnik (**M1**).

7. Urządzenie według zastrz. 5, **znamiennie tym**, że na korpusie (**KP**) jest umieszczony rozłącznik obciążnik (**M2**).

8. Urządzenie według zastrz. 5, **znamiennie tym**, że pomiędzy obudową (**O**) a korpusem (**KP**) jest blokada (**BL**).

9. Urządzenie według zastrz. 5, **znamiennie tym**, że w prowadnicy (**PR**) jest ogranicznik (**OG**).

10. Urządzenie według zastrz. 5, **znamiennie tym**, że w obudowie (**O**) i/lub w prowadnicy jest co najmniej jeden otwór (**OT**).

Rysunki

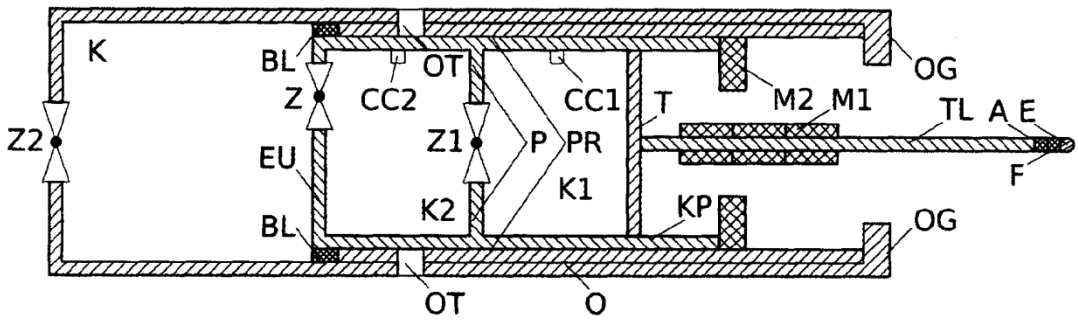


fig. 1

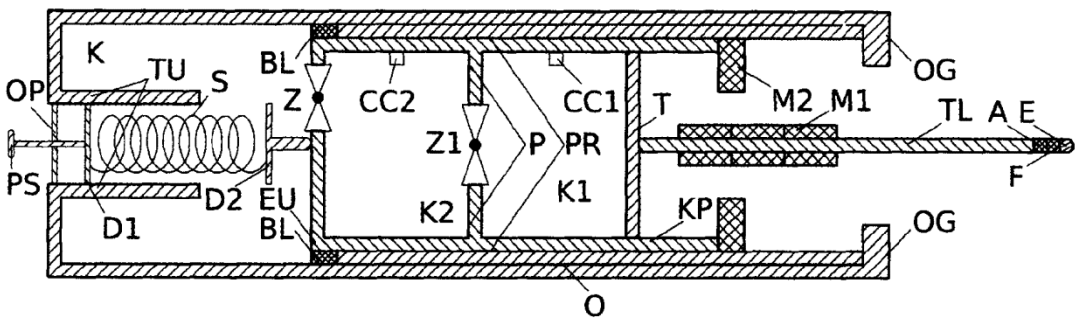


fig. 2

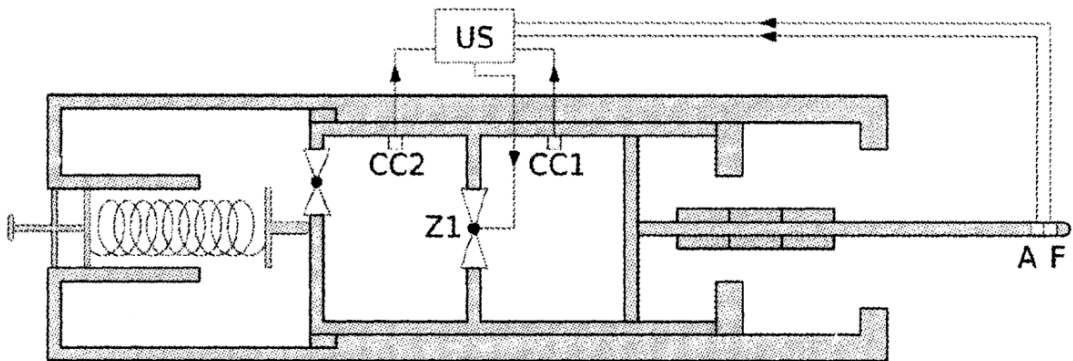


fig. 3

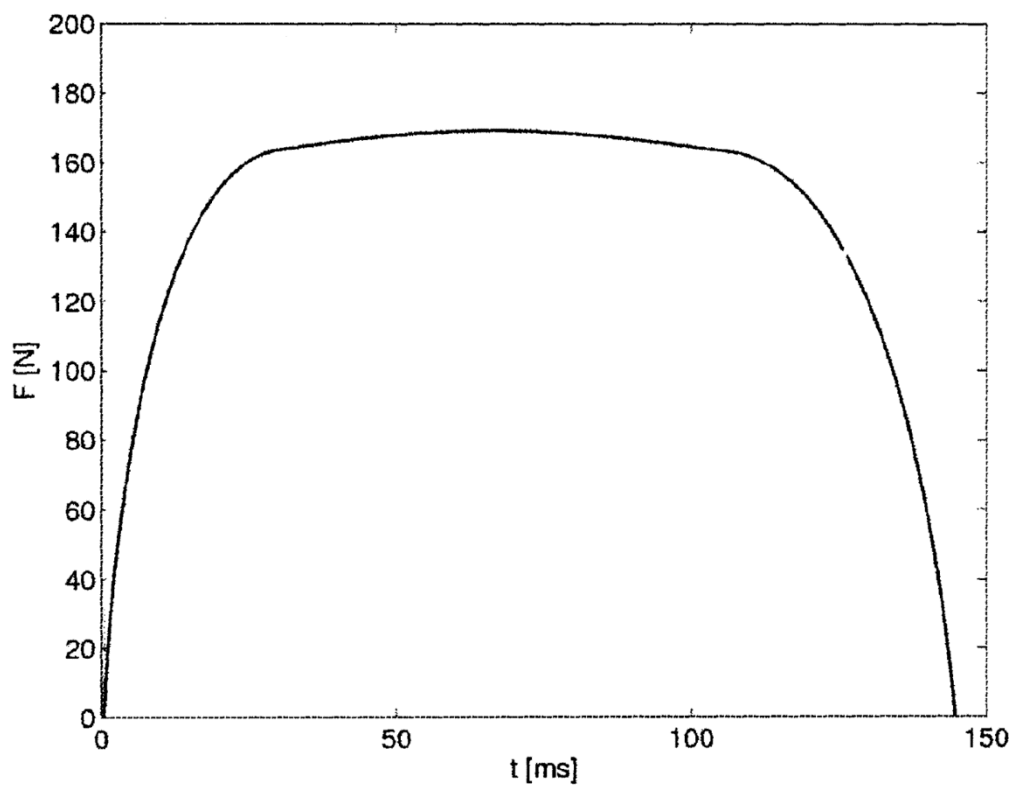


fig. 4

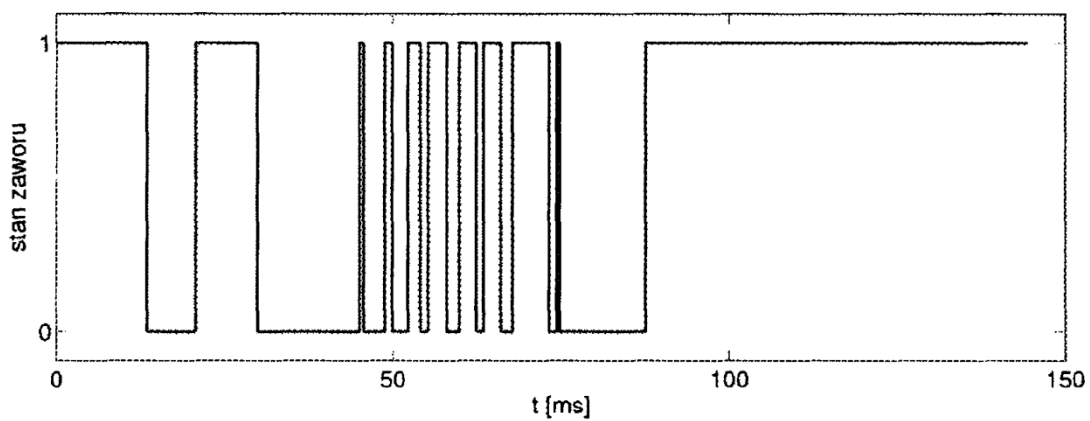


fig. 5