

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 246990 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **440304**

(22) Data zgłoszenia: **2022.02.04**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2023.08.07 BUP 32/2023**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2025.04.22 WUP 16/2025**

(51) MKP:

G09B 23/06 (2006.01)

G09B 23/10 (2006.01)

G09B 23/18 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

UNIwersytet Łódzki, Łódź, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:

STANISŁAW BEDNAREK, Łódź, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Wojciech Zajączkowski, Łódź, PL

(54) Tytuł:

Przyrząd od badania ruchu wahadła matematycznego w zależności od energii

PL 246990 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest przyrząd do badania ruchu wahadła matematycznego w zależności od energii, mający zastosowanie do celów naukowych w laboratoriach fizycznych oraz do celów edukacyjnych.

Z książki autorstwa Szczepana Szczeniowskiego, zatytułowanej „Fizyka doświadczalna, część I, mechanika”, wydanej w Warszawie przez Państwowe Wydawnictwo Naukowe w 1972 r. jest znane wahadło matematyczne, składające się z małej kulki i cienkiej, nierozciągliwej nici. Górny koniec tej nici jest przywiązany do nieruchomego elementu, natomiast dolny koniec nici jest połączony z kulką. Działanie tego wahadła polega na tym, że początkowo spoczywająca kulka, która znajduje się na dolnym końcu pionowo zwisającej nici, zostaje wprowadzona w ruch przez przesunięcie nici ręką w bok i tym samym jej odchylenie od pionu. Następnie kulka zostaje puszczona swobodnie i wykonuje słabo tłumione drgania wokół początkowego położenia równowagi.

Istota rozwiązania według wynalazku polega na tym, że przyrząd do badania ruchu wahadła matematycznego w zależności od energii zawiera sześć wahadeł matematycznych, z których każde składa się z metalowej kulki wykonanej z metalu o dużej gęstości, korzystnie z wolframu, przywiązanej do dolnego końca cienkiej i nierozciągliwej nici, przechodzącej przez otwór wykonany wzdłuż średnicy tej kulki poza tym w dolnej części każdej z kulek jest prostopadłościenna wnęka, wypełniona przez przyklejony do niej magnes trwały, namagnesowany w kierunku pionowym i wykonany korzystnie ze spieku żelaza neodymu i boru, natomiast na górnym końcu każdej z nici jest zawiązana pętla i te pętle są nałożone w równych odległościach od siebie na środkowy odcinek poziomego pręta, wykonanego z materiału nierozciągliwego, przy czym pętle luźno obejmują ten odcinek pręta, a ponadto długość nici każdego z następnych wahadeł jest większa o taką samą wartość od długości nici poprzedniego wahadła, przy czym wartość różnicy tych długości jest równa korzystnie długości nici pierwszego z tych wahadeł, mającego najmniejszą długość, oprócz tego masa kulki każdego z następnych wahadeł jest większa o taką samą wartość od masy kulki poprzedniego wahadła, przy czym wartość różnicy tych mas jest równa korzystnie masie kulki pierwszego z tych wahadeł, mającego najmniejszą masę. Boczne odcinki poziomego pręta są odgięte pionowo w dół i osadzone w skrajnych ściankach, zakrywających obudowę od góry i ścianki tej części tworzą układ schodkowy pod kulkami wahadeł, zaś pozostałe ścianki obudowy stanowią powierzchnię prostopadłościanu, przy czym wszystkie ścianki obudowy są wykonane z materiału elektroizolacyjnego i nierozciągliwego, korzystnie z tekstolitu. Wewnątrz obudowy pod każdą z kulek jest przymocowana płytka drukowana generatora samodzielnego, składającego się z tranzystora bipolarnego T typu pnp, do którego są przyłączone dwie cewki nawinięte w przeciwnych kierunkach na wspólnym rdzeniu w kształcie walca, wykonanym z materiału ferromagnetycznego, magnetycznie miękkiego, o dużej przenikalności magnetycznej, korzystnie z permalaju, przy czym jeden z końców każdego rdzenia jest umieszczony pod magnesem trwałym, znajdującym się w kulce. Ponadto w obudowie jest zamocowana płytka drukowana z akumulatorami, korzystnie litowo-jonowymi, a do bocznej ścianki obudowy są przymocowane gniazda oraz wyłącznik, połączone szeregowo ze sobą i z akumulatorami oraz z końcówkami układu generatorów samodzielnymi na płytkach za pomocą przewodów w izolacji, zaś końcówki tych generatorów są połączone ze sobą równolegle za pomocą przewodów również w izolacji.

Głównymi zaletami rozwiązania według wynalazku jest nowa funkcjonalność, polegająca na umożliwieniu badania różnych rodzajów drgań wahadła matematycznego w zależności o jego energii kinetycznej. Dodatkowymi zaletami rozwiązania są prosta konstrukcja i niezawodność działania przyrządu.

Przedmiot wynalazku jest pokazany w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia widok przyrządu z boku, fig. 2 pokazuje widok przyrządu z przodu, fig. 3 jest widokiem z góry, natomiast fig. 4 przedstawia schemat połączeń elektrycznych elementów przyrządu.

Przyrząd do badania ruchu wahadła matematycznego w zależności od energii zawiera sześć wahadeł matematycznych, z których każde składa się z metalowej kulki 1, 2, 3, 4, 5, 6, wykonanej z wolframu i przywiązanej do dolnego końca cienkiej i nierozciągliwej nici odpowiednio 7, 8, 9, 10, 11, 12, przechodzącej przez otwór wykonany wzdłuż średnicy tej kulki. W dolnej części każdej z kulek 1, 2, 3, 4, 5, 6 jest prostopadłościenna wnęka, wypełniona przez przyklejony do niej magnes trwały 13, namagnesowany w kierunku pionowym i wykonany ze spieku żelaza neodymu i boru, natomiast na górnym końcu każdej z nici 7, 8, 9, 10, 11, 12 jest zawiązana pętla i te pętle są nałożone w równych odległo-

ściach od siebie na środkowy odcinek poziomego pręta 14, wykonanego z materiału nieferromagnetycznego, przy czym pętle luźno obejmują ten odcinek pręta, a ponadto długość nici 8, 9, 10, 11, 12 każdego z następných wahadeł jest większa o stałą wartość 1 od długości nici poprzedniego wahadła, przy czym wartość różnicy tych długości jest równa korzystnie długości nici 1 pierwszego z tych wahadeł 7, mającego najmniejszą długość, oprócz tego masa kulki 2, 3, 4, 5, 6 każdego z następných wahadeł jest większa o stałą wartość m od masy kulki poprzedniego wahadła, przy czym wartość różnicy tych mas jest równa korzystnie masie kulki m pierwszego z tych wahadeł 1, mającego najmniejszą masę. Boczne odcinki poziomego pręta 14 są odgięte pionowo w dół i osadzone w skrajnych ściankach 15, 16, zakrywających obudowę 17 od góry i ścianki tej części tworzą układ schodkowy pod kulkami 1, 2, 3, 4, 5, 6 wahadeł, zaś pozostałe ścianki obudowy 17 stanowią powierzchnię prostopadłościanu, przy czym wszystkie ścianki obudowy 17 są wykonane z tekstolitu. Wewnątrz obudowy pod każdą z kulek 1, 2, 3, 4, 5, 6 jest przymocowana płytka drukowana 18 generatora samodzielnego, składającego się z tranzystora bipolarnego T typu pnp, do którego są przyłączone dwie cewki L_1 i L_2 nawinięte w przeciwnych kierunkach na wspólnym rdzeniu M w kształcie walca, wykonanym z permaloju, przy czym jeden z końców każdego rdzenia M jest umieszczony pod magnesem trwałym, znajdującym się w jednej z kulek 1, 2, 3, 4, 5, 6. Ponadto w obudowie 17 jest zamocowana płytka drukowana 19 z akumulatorami B litowo-jonowymi, a do bocznej ścianki obudowy 17 są przymocowane gniazda G_1 , G_2 oraz wyłącznik W, połączone szeregowo ze sobą i z akumulatorami B oraz z końcówkami układu generatorów samodzielných na płytkach 18 za pomocą przewodów w izolacji 20 i 21, zaś końcówki tych generatorów są połączone ze sobą równolegle za pomocą przewodów 22 również w izolacji.

Zasada działania przyrządu do badania ruchu wahadła matematycznego w zależności od energii polega na tym, że początkowo kulki wahadeł 1, 2, 3, 4, 5, 6 są nieruchome i wyłącznik W jest wyłączony. W tej sytuacji kulki wahadeł 1, 2, 3, 4, 5, 6 odchyła się jednocześnie o niewielki kąt od pionu, używając do tego celu listewki lub pręta przyłożonego poziomo do nici 7, 8, 9, 10, 11, 12 i puszcza swobodnie. Skutkiem tego wahadła rozpoczynają drgania swobodne, harmoniczne i tłumione. Następnie włącza się wyłącznik W, co skutkuje uruchomieniem generatorów samodzielných na płytkach drukowanych 18. Magnesy trwałe 13, poruszając się wraz z kulkami wahadeł 1, 2, 3, 4, 5, 6 indukują impulsy napięcia w cewkach L_1 , włączonych do obwodu bazy tranzystorów T i przejście ich w stan przewodzenia. To powoduje pojawienie się znacznie silniejszych impulsów napięcia w obwodzie kolektorów tranzystorów T i wytworzenie pola magnetycznego przez cewki L_2 , oddziałującego na magnesy trwałe 13 i pobudzającego kulki wahadeł 1, 2, 3, 4, 5, 6 do drgań o wzrastającej amplitudzie i energii kinetycznej. W wyniku tego osiąga się wszystkie charakterystyczne stany drgań wahadła matematycznego i wahadła zachowują się w następujący sposób. Wahadło z kulką 6 pozostaje prawie nieruchome ze względu na swoją dużą bezwładność. Wahadło z kulką 5 wykonuje drgania harmoniczne o małej amplitudzie wokół położenia równowagi i okres tych drgań nie zależy od ich amplitudy. Wahadło z kulką 4 wykonuje drgania o większej amplitudzie wokół położenia równowagi, które są anharmoniczne i okres tych jest tym większy, im jest większa amplituda. Wahadło z kulką 3 wykonuje drgania harmoniczne w pozycji odwróconej wokół położenia równowagi nietrwałej, które znajduje się u góry, a jego kąt odchylenia położenia początkowego jest bliski 180° . Wahadło z kulką 2 wykonuje niejednostajny ruch obrotowy wokół środkowego odcinka poziomego pręta 14, przy czym prędkość tego ruchu maleje wraz ze wzrostem kąta odchylenia tego wahadła od położenia równowagi. Wahadło z kulką 1 wykonuje prawie jednostajny ruch obrotowy wokół środkowego odcinka poziomego pręta 14. Luźne pętle związane na górnych końcach nici 7, 8, 9, 10, 11, 12 zapobiegają nawijaniu się tych nici na poziomy odcinek pręta 14 podczas obrotu wahadeł. Gniazda G_1 , G_2 są przeznaczone do przyłączenia zewnętrznego źródła napięcia w celu naładowania akumulatorów B, po wyłączeniu wyłącznika W. Wykonanie kulek wahadeł 1, 2, 3, 4, 5, 6 z metalu o dużej gęstości pozwala uzyskać małe średnice kulek i przez to wahadła są bardziej zbliżone do idealnego modelu wahadła matematycznego. Wykonanie magnesów 13 ze spieku żelaza, neodymu i boru oraz wykonanie rdzeni M z permaloju umożliwi skuteczniejsze działanie przyrządu, natomiast wykonanie pręta 14 i obudowy 17 z materiałów nieferromagnetycznych, w tym obudowy 17 z tekstolitu, zapobiega szkodliwym oddziaływaniom magnesów 13 z tymi elementami. Z kolei zastosowanie akumulatorów B korzystnie litowo-jonowych przedłuża czas pracy przyrządu po jednym naładowaniu tych akumulatorów.

Zastrzeżenia patentowe

1. Przyrząd do badania ruchu wahadła matematycznego w zależności od energii, mający sześć wahadeł matematycznych, **znamienny tym**, że każde z wahadeł składa się z metalowej kulki (1, 2, 3, 4, 5, 6), wykonanej z metalu o dużej gęstości i przywiązanej do dolnego końca cienkiej i nierozciągliwej nici odpowiednio (7, 8, 9, 10, 11, 12), przechodzącej przez otwór wykonany wzdłuż średnicy tej kulki, a poza tym w dolnej części każdej z kulek (1, 2, 3, 4, 5, 6) jest prostopadłościenna wnęka, wypełniona przez przyklejony do niej magnes trwały (13), namagnesowany w kierunku pionowym, natomiast na górnym końcu każdej z nici (7, 8, 9, 10, 11, 12) jest zawiązana pętla i te pętle są nałożone w równych odległościach od siebie na środkowy odcinek poziomego pręta (14), wykonanego z materiału nieferromagnetycznego, przy czym pętle luźno obejmują ten odcinek pręta, a ponadto długość nici (8, 9, 10, 11, 12) każdego z następnych wahadeł jest większa o stałą wartość (1) od długości nici poprzedniego wahadła, także masa kulki (2, 3, 4, 5, 6) każdego z następnych wahadeł jest większa o stałą wartość (m) od masy kulki poprzedniego wahadła, a oprócz tego boczne odcinki poziomego pręta są odgięte pionowo w dół i osadzone w skrajnych ściankach (15), (16) zakrywających obudowę (17) od góry i ścianki tej części tworzą układ schodkowy pod kulkami (1, 2, 3, 4, 5, 6) wahadeł, zaś pozostałe ścianki obudowy (17) stanowią powierzchnię prostopadłościanu, przy czym wszystkie ścianki obudowy (17) są wykonane z materiału elektroizolacyjnego i nieferromagnetycznego, a ponadto wewnątrz obudowy pod każdą z kulek (1, 2, 3, 4, 5, 6) jest przymocowana płytką drukowaną (18) generatora samodławnego, składającego się z tranzystora bipolarnego (T) typu pnp, do którego są przyłączone dwie cewki (L_1) i (L_2) nawinięte w przeciwnych kierunkach na wspólnym rdzeniu (M) w kształcie walca, wykonanym z materiału ferromagnetycznego, magnetycznie miękkiego, o dużej przenikalności magnetycznej, przy czym jeden z końców każdego rdzenia (M) jest umieszczony pod magnesem trwałym, znajdującym się w jednej z kulek (1, 2, 3, 4, 5, 6), a oprócz tego w obudowie (17) jest zamocowana płytką drukowaną (19) z akumulatorami (B), litowo-jonowymi, a do bocznej ścianki obudowy (17) są przymocowane gniazda (G_1 , G_2) oraz wyłącznik (W), połączone szeregowo ze sobą i z akumulatorami (B) oraz z końcówkami układu generatorów samodławnych na płytkach (18) za pomocą przewodów w izolacji (20, 21), zaś końcówki tych generatorów są połączone ze sobą równolegle za pomocą przewodów (22) również w izolacji.
2. Przyrząd według zastrz. 1, **znamienny tym**, że kulki (1, 2, 3, 4, 5, 6) są wykonane z wolframu.
3. Przyrząd według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stała wartość różnicy (m) mas kulek (1, 2, 3, 4, 5, 6) jest równa masie (m) kulki (1) o najmniejszej masie.
4. Przyrząd według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stała wartość różnicy długości nici (1) wahadeł (7, 8, 9, 10, 11, 12) jest równa długości nici (7) o najmniejszej długości.
5. Przyrząd według zastrz. 1, **znamienny tym**, że magnes (13) jest wykonany ze spieku żelaza neodymu i boru.

Rysunki

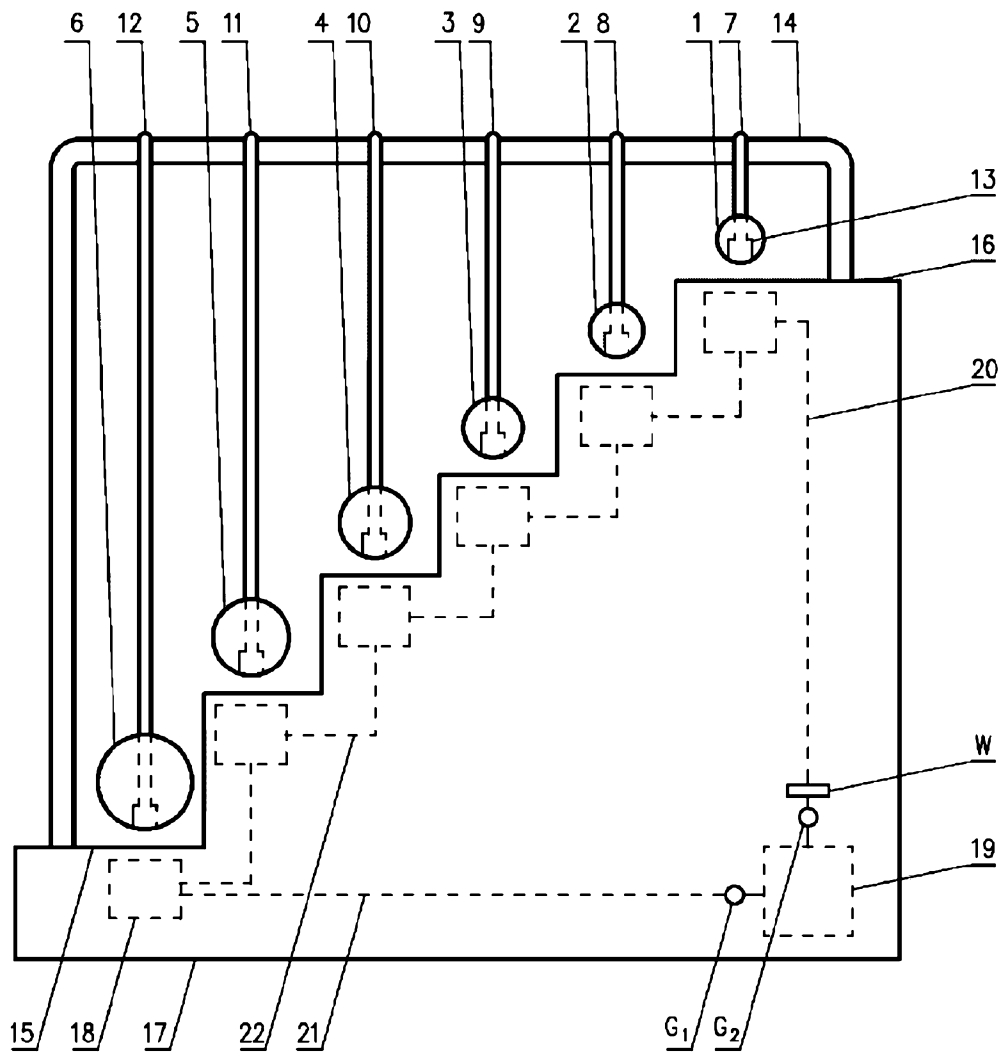


Fig.1

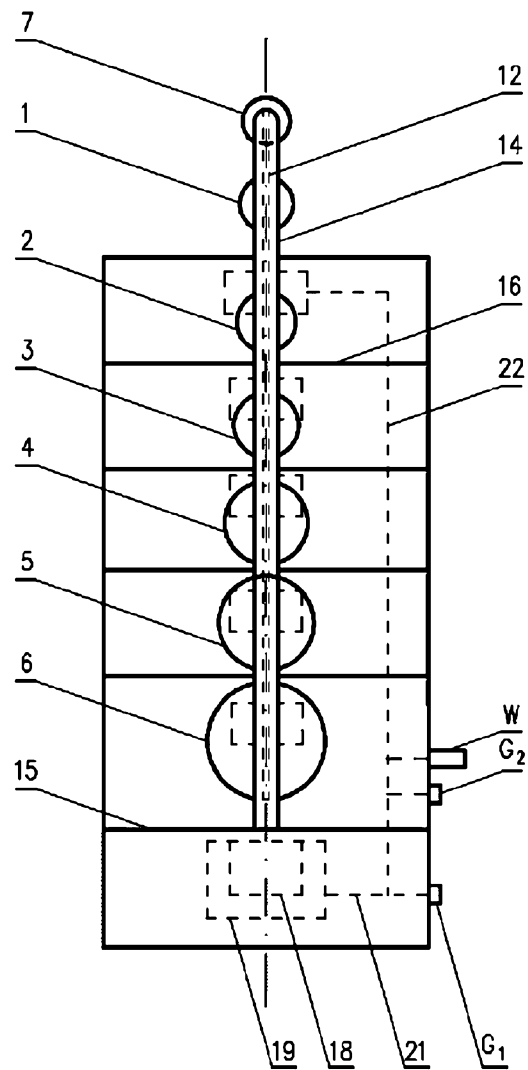


Fig.2

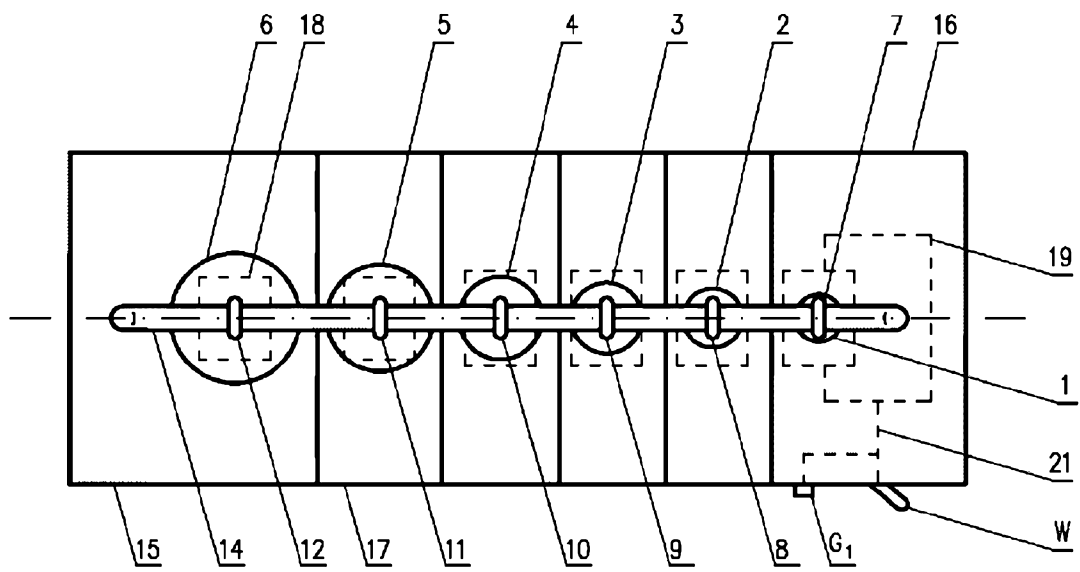


Fig.3

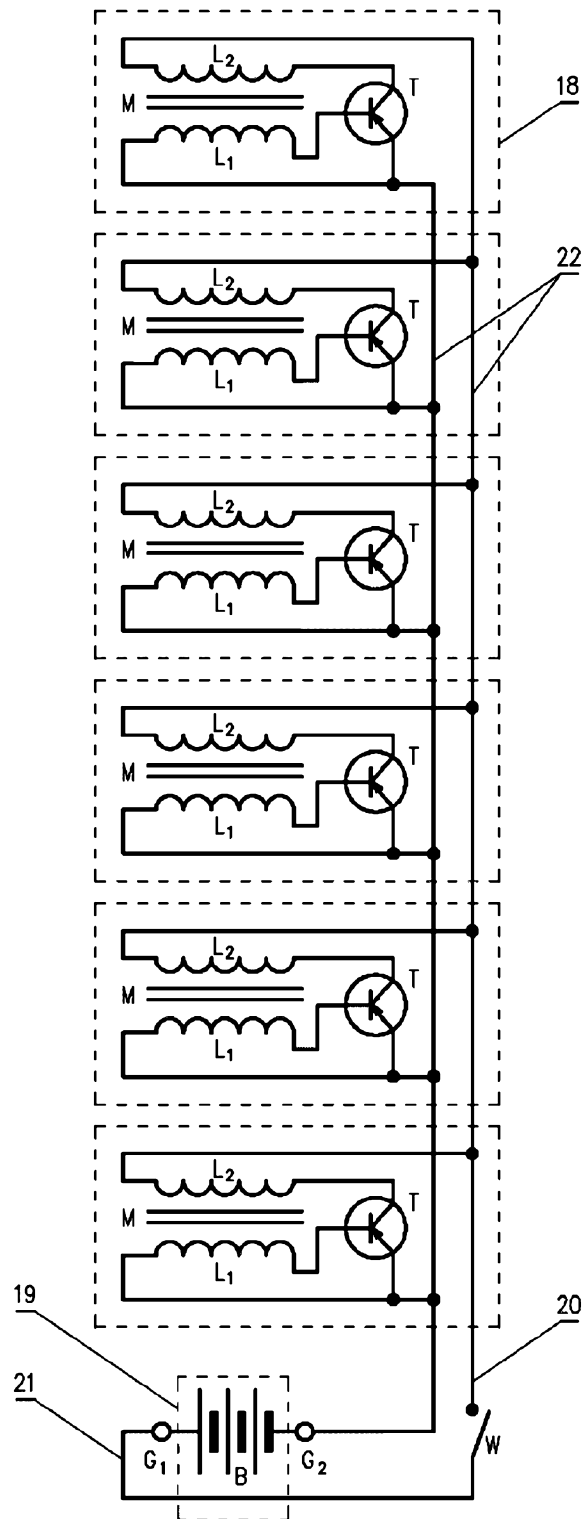


Fig. 4