

Stosunkowo niewielkim nakładem pracy i kosztów można wykonać kilka prostych zabawek elektrycznych lub elektronicznych działających na zasadzie elektromagnetycznego napędzania różnego typu wahadeł. Zakres zastosowania tych napędów może być różny. Opisanie niżej konstrukcje są tylko kilkoma przykładami takich prostych zabawek. Zestaw materiałów niezbędnych do ich wykonania sprowadza się do 4 podstawowych elementów montażowych: elektromagnesu, źródła prądu stałego (ogniwo, bateria), wyłącznika mechanicznego bądź elektronicznego oraz samej konstrukcji zabawki (np. podstawa, słupki wspierające, ławeczka itp.).

Podział wspomnianych zabawek na dwie grupy ułatwi wybór i zastosowanie. Do pierwszej grupy należą wszystkie zabawki z napędem elektrycznym i ze zwykłymi stykami (elektromechaniczne), do drugiej takie, jakich sterowanie odbywa się za pomocą tranzystora, a więc w sposób bezstykowy.

W zabawkach pierwszej grupy zamykanie i otwieranie obwodu elektrycznego elektromagnesu umożliwiają specjalnie wykonane w tym celu styki, których zwarcie spowoduje przepływ prądu stałego przez uzwojenie elektromagnesu. Wytworzone przy tym pole elektromagnetyczne będzie przyciągało lub odpychało żelazny rdzeń stanowiący zakończenie jakiegoś wahadła. Energia elektryczna pobierana ze źródła prądu stałego uzupełnia straty wywołane tarciem i nie dopuszcza do zatrzymania wahadła. Na tej prostej zasadzie budowane są m. in. wahadłowe zegary elektryczne (np. systemu HIP-PA), a przykładowy schemat jednego z tych zegarów przedstawiony został na rys. 1. Wahadło (1) zakończone jest płytką (2) z materiału magnetycznego, która w stanie spoczynku wahadła znajduje się dokładnie nad rdzeniami elektromagnesów (3).

Obwód elektryczny tego układu jest zamykany przez zespół styków (4).

Działanie mechanizmu wymaga nieco szerszego omówienia. Impuls napędowy elektromagnesu następuje wtedy, gdy amplituda wahań zmniejsza się poniżej dopuszczalnej granicy i zapadka sterująca (5) pozostanie na ząbkach „kamienia” (6), co spowoduje, podczas ruchu wahadła, podniesienie zapadki i zwarcie styków (4c). Zbyt duża amplituda wahań nie powoduje podniesienia zapadki, gdyż ześlizguje się ona po ząbkach (6) wspomnianego „kamienia”. Taki właśnie układ napędowy zegara posłużył jako wzór do wykonywania innych prostszych układów napędowych zabawek ze sterowaniem elektronicznym.

Huśtawka dla lalki

Do wykonania tej zabawki w wersji elektromechanicznej (rys. 2) potrzebny będzie elektromagnes, bateria zasilająca (płaska), para styków zamykająca i otwierająca obwód elektromagnesu w czasie wychyleń huśtawki oraz sama huśtawka z zamocowaną pod ławeczką zworą (rdzeniem ferromagnetycznym) (rys. 3).

Jeśli huśtawka z elektromechanicznym urządzeniem napędzającym zostanie wychylona, a następnie swobodnie puszczone, to każde wychylenie w prawo spowoduje zwarcie styków i w wyniku tego przepływ prądu elektrycznego przez uzwojenie elektromagnesu, którego pole elektromagnetyczne wywoła przyciąganie rdzenia zamocowanego do ławeczki huśtawki.

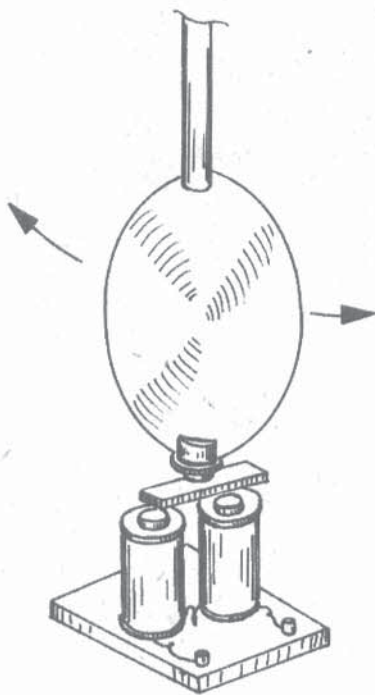
Moment zwarcia styków powinien być tak dobrany, aby następował na długo jeszcze przed zbliżeniem się ławeczki do rdzenia elektromagnesu.

W wyniku rozwarcia styków i zaniku pola magnetycznego, ławeczka przejdzie siłą bezwładności do położenia równowagi (maksymalne wychylenie w lewo) i zacznie przemieszczać się w odwrotnym kierunku, nie powodując jednak przy tym ruchu zwarcia styków. W podanym przykładzie uzupełnianie energii ma miejsce tylko jednostronnie i cyklicznie.

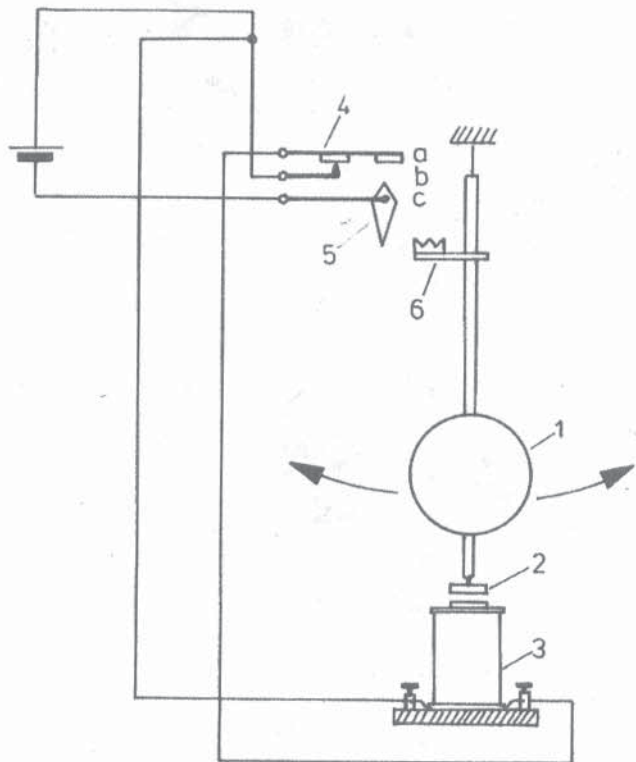
Amplituda wahań będzie uzależniona od siły pola elektromagnetycznego wytwarzanego przez przepływające przez uzwojenie elektromagnesu impulsy prądowe, od długości zawieszenia huśtawki (ławeczki), masy rdzenia umieszczonego pod ławeczką, elastyczności styków i dokładności wyregulowania ich w momentach zwierania i rozwierania obwodu elektrycznego.

Na tej zasadzie mogą być budowane różne zabawki w postaci nie tylko huśtawek, ale i wiatraków czy zegarów.

Na rys. 4 przedstawiona została odmiana opisanej poprzednio huśtawki, która wykonuje ruchy w pionie, a sposób jej napędu jest taki sam jak huśtawki opisanej poprzednio. Zwora magnetyczna jest w tym przypadku zawieszona pod ławeczką, ale tak, by nie stykała się z rdzeniem elektromagnesu. Ławeczka jest przymocowana do sprężyny z cienkiego drutu stalowego, pod sprężyną umocowany jest styk zwieracza obwodu elektrycznego. Drugi styk jest umieszczony na płytce z materiału nie przewodzącego prądu elektrycznego. Wychylenie



RYS.1



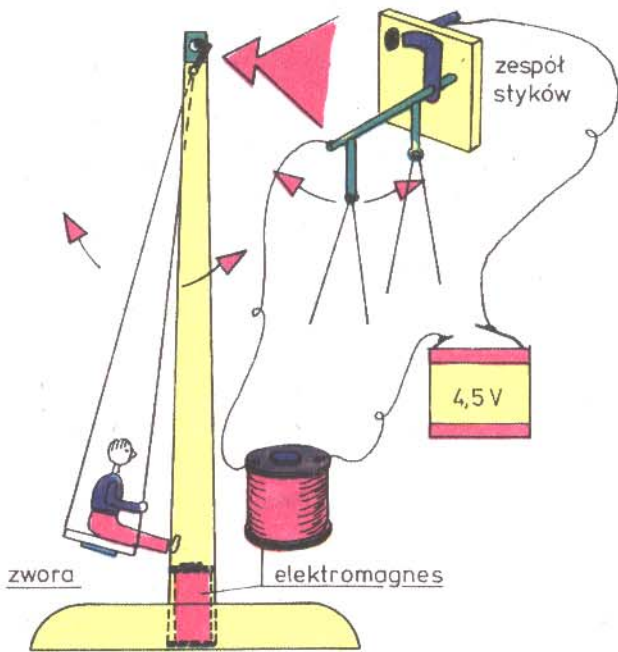
ławeczki w dół i swobodne jej puszczenie powinno spowodować w górnym punkcie zwarcie styków i przepływ prądu stałego przez uzwojenie elektromagnesu, który wtedy zacznie przyciągać zworę ławeczki, powodując przejście przez punkt równowagi do najniższego punktu cyklicznych drgań. Oczywiście w żadnym przypadku rdzeń elektromagnesu nie powinien stykać się ze zworą ławeczki.

Konstrukcja tego typu przypomina zegary mechaniczne z wahadłem drgającym w pionie i wyposażonym zamiast w soczewkę – w małe fotelik, na którym siedzi odpowiedniej wielkości lalka.

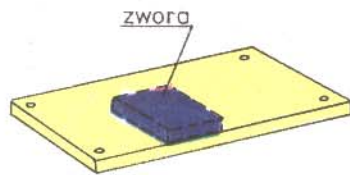
Doskonalsze konstrukcje tego typu stanowią układy bezstykowe, w których funkcję przełącznika sprawuje tranzystor małej częstotliwości.

Są one znacznie pewniejsze w działaniu, gdyż nie zachodzi tu zjawisko opalania się czy zanieczyszczenia styków i częstych przerw w obwodzie mimo dociskania jednego styku do drugiego. Tranzystor pełniący funkcję przełącznika powinien zapewnić przepływ odpowiedniej wielkości prądu przez uzwojenie elektromagnesu. W układach tego typu zamiast zwory magnetycznej, na ławeczce huśtawki (wahadła) jest umocowany mały magnes (rys. 5), który w najniższym położeniu wahadła znajduje się

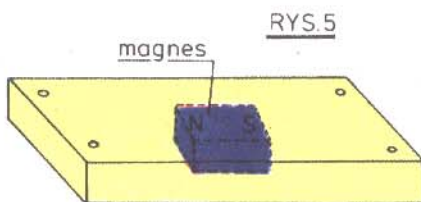
nad rdzeniem elektromagnesu. Na schemacie elektrycznym układu (rys. 6) jest on przedstawiony jako pręt (M) z biegunami (N i S). Jak wynika z rysunku, elektromagnes ma dwa uzwojenia (a nie jedno jak w poprzednich przykładach) oznaczone jako I i II. Uzwojenie I jest przewidziane dla obwodu kolektora tranzystora, a uzwojenie II znajduje się w obwodzie bazy tegoż tranzystora. Elektromagnes powinien być zamocowany dokładnie pod najniższym punktem swobodnego zwisu wahadła. W położeniu wyjściowym tranzystor znajduje się w stanie zaporowym wskutek połączenia bazy tranzystora przez zwornikowo mały opór uzwojenia z emiterem. Płynnie wtedy w obwodzie kolektora bardzo mały prąd zwrotny złącza kolektorowego, nie mający praktycznego znaczenia dla pracy układu. Wychylenie huśtawki (wahadła) ze stanu równowagi powoduje przejście stałego magnesu w niewielkiej odległości od rdzenia elektromagnesu i zaindukowanie w jego uzwojeniach niewielkiego napięcia, które popłynie do bazy tranzystora. Będzie to w stosunku do emitera napięcie ujemne. Napięcie to spowoduje jednak odblokowanie tranzystora i osiągnie wartość maksymalną w momencie ustawienia się magnesu w pozycji pionowej. Prędkość magnesu będzie wte-



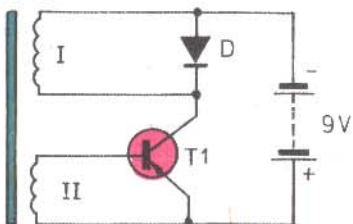
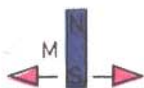
RYS. 2



RYS. 3

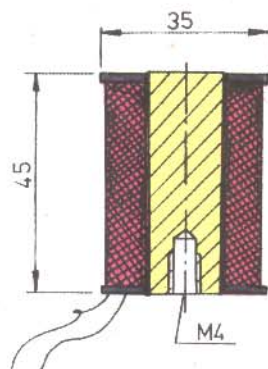
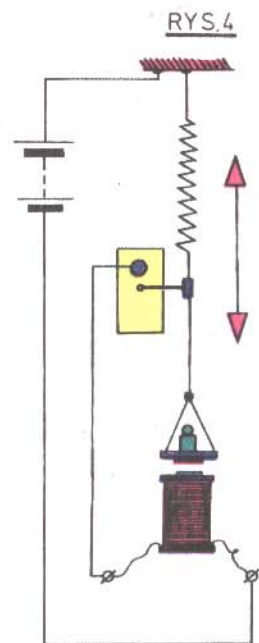
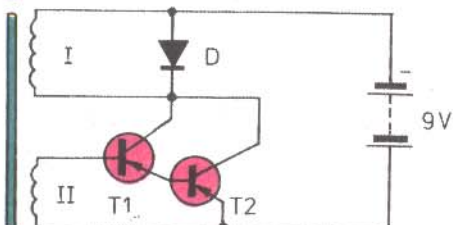
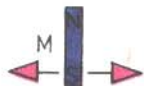


RYS. 5



RYS. 6

RYS. 7



RYS. 8

dy największa. Położenie pionowe (równowagi) magnes przejdzie dzięki swej bezwładności i od tego momentu ujemne napięcie bazy będzie malało aż do zera, aby osiągnąć wartość maksymalną przeciwnego znaku po osiągnięciu przez magnes końcowego (przeciwlego) położenia maksymalnego odchylenia od pionu. Nastąpi wówczas ponowne zablokowanie tranzystora aż do wystąpienia na bazie napięcia ujemnego itd. Tranzystor w przedstawionym układzie pełni więc rolę tylko elektronicznego przełącznika.

Dioda półprzewodnikowa włączona równolegle do I uzwojenia (kolektorowego) tłumia powstające w nim drgania o częstotliwości określonej indukcyjnością uzwojenia elektromagnesu, pojemnością międzyzwojową tego uzwojenia, jak również i pojemnością wewnętrzną tranzystora.

W wyniku zmian wielkości i kierunku napięcia wytworzonego w II uzwojeniu, tranzystor będzie okresowo przewodził i w obwodzie jego kolektora będą przepływały impulsy prądowe wywołujące pole magnetyczne o zmiennym natężeniu, w takt wahań wahadła – huśtawki.

Uzwojenie to powinno być przyłączone w taki sposób, aby w momencie przepływania przez nie prądu, jego pole magnetyczne powodowało przyciąganie magnesu stałego przez elektromagnes, co zapewnia podtrzymanie wahań. Energia pola magnetycznego, wytwarzana przez elektromagnes, powinna zapewniać pokonanie sił tarcia występujących w punktach podwieszenia, oporu powietrza i innych przyczyn wpływających hamująco na przebieg wahań huśtawki.

Na rys. 7 pokazany jest odmienny schemat tranzystorowego układu przełączająco-napędowego z dwoma tranzystorami pracującymi jako tranzystor zespolony. Ten sposób połączenia umożliwi powiększenie natężenia prądu impulsów w obwodzie kolektorowym, a co za tym idzie i amplitudy wahań huśtawki. Szczególną zaletą obu odmian opisanych urządzeń elektronicznych jest to, że nie pobierają one energii ze źródła prądu w położeniu spoczynkowym. Aby więc źródło prądu (najczęściej w postaci baterii) wyłączyć, wystarczy ustawić wahadło nieruchomo w pozycji pionowej.

Jeżeli chodzi o konstrukcję wahań z napędem elektrycznym, to może być ona dowolna, istotne będzie tylko spełnienie niektórych wymagań. Na szczególną uwagę zasługują miejsca zawieszenia wahań, które powinny wykazywać minimalne tarcie, zapobiegające niepotrzebnym stratom energii. Do zawieszenia wahań dobrze jest wykorzystać stalowe kółka o bardzo gładkiej powierzchni,

względnie jedwabne nici odznaczające się dużą elastycznością i nieznaczną siłą tarcia. Drugim istotnym wymaganiem jest, aby odstęp między dolną powierzchnią magnesu i rdzeniem elektromagnesu w najniższym punkcie pionowym był minimalny, ale też by nie przekraczał 2–3 mm. Kształt i wymiary huśtawki – są dowolne.

Jeśli magnes przewidziany do zamocowania na laweczce huśtawki będzie za duży to nie należy go zmniejszać mechanicznie za pomocą młotka, imadła czy palnika spawalniczego. Takie metody prowadzą do pełnego rozmagnesowania i wtedy nie tylko nie otrzymamy małego magnesu, ale stracimy duży.

Szkielet dla elektromagnesu zrobimy z kilku sklejonych ze sobą w kształcie rurki warstw papieru (rys. 8), na końcach rurki znajdują się dobrze przyklejone krążki boczne z otworami na rdzeń elektromagnesu. Oba uzwojenia nawija się równocześnie dwoma drutami miedzianymi w izolacji emaliowej o średnicy 0,1 do 0,15 mm aż do zapelnienia całej szpuli elektromagnesu. Wewnątrz nawiniętej cewki powinien znajdować się rdzeń ferromagnetyczny, dopasowany do wymiarów cewki i zaopatrzony w gwintowany otwór do zamocowania elektromagnesu. Rdzeń elektromagnesu ustawia się wewnątrz szkieletu w takiej odległości, aby płaszczyna rdzenia była na jednym poziomie z powierzchnią płaszczyny krążka szkieletu. W podstawie zabawki montuje się wszystkie niezbędne elementy razem z dwiema płaskimi bateriami połączonymi szeregowo, aby otrzymać napięcie zasilające 9 V.

Po stwierdzeniu, że układ został zmontowany prawidłowo, można przystąpić do uruchomienia zabawki. Jeśli przy pierwszym włączeniu huśtawki nie będzie chciała ona pracować właściwie, to przyczyną może być zły styk włączający prąd lub nieodpowiednie połączenie tranzystora (przełączyć jedno z uzwojeń elektromagnesu) albo też użycie uszkodzonego tranzystora.

Usterki usuwamy przez oczyszczenie styków i zmianę końców jednego z uzwojeń. Jeśli dysponujemy miliamperomierzem (np. 100 mA), to po przyłączeniu go szeregowo z baterią zasilającą, prawidłowe przyłączenie końców uzwojenia do tranzystora stwierdzimy po dość szybkich wychyleniach wskazówki w momencie zbliżenia magnesu stałego do rdzenia elektromagnesu. W układzie mogą pracować dowolne tranzystory małej częstotliwości o polaryzacji p-n-p i mocy około 100–200 mW, np. TG 50–55, jako diody (D) można użyć diody germanowej, np. DZG 7.

(j.b.)