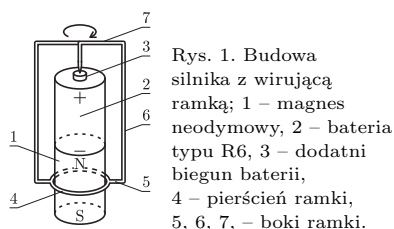


Silnik unipolarny z wirującą puszką

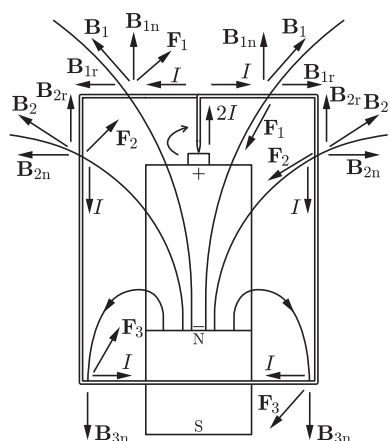
Stanisław BEDNAREK

Serię artykułów o silnikach unipolarnych zakończymy opisem dość efektownego układu demonstrującego działanie takiego silnika. Przed przystąpieniem do doświadczeń należy koniecznie przeczytać wskazówki, dotyczące bezpiecznego posługiwania się magnesami neodymowymi, zawarte w artykule w *Delcie* 1/2012.

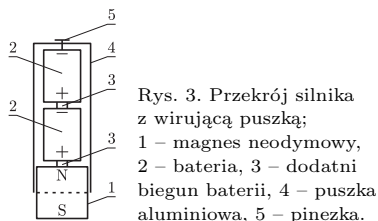
Potrzebne materiały i narzędzia: okrągłe baterie różnej wielkości (zwykle lub alkaliczne), walcowe magnesy neodymowe (pokryte ochronną powłoką niklową) o średnicach zbliżonych do średnic baterii, metalowe pinezki lub wkręty, stalowe nakrętki, nieferromagnetyczny drut miedziany lub mosiężny (np. srebrzanka), puszka aluminiowa, np. z colą, srebrowy lub grafitowy klej przewodzący, lutownica, cyna do lutowania, nożyczki, pilnik do metalu, nóż z ostrym końcem, pęseta, cienki pisak i młotek; srebrzankę i klej można kupić w sklepie z artykułami elektronicznymi.



Rys. 1. Budowa silnika z wirującą ramką; 1 – magnes neodymowy, 2 – bateria typu R6, 3 – dodatni biegun baterii, 4 – pierścień ramki, 5, 6, 7, – boki ramki.



Rys. 2. Oddziaływanie ramki z polem magnetycznym; I – natężenie prądu, B_1, B_2, B_3 – wektory indukcji pola magnetycznego na poszczególnych bokach ramki, B_{1n}, B_{1r} – składowe wektory indukcji prostopadłe (równoległe) do boków ramki, F_1, F_2, F_3 – siły elektrodynamiczne działające na boki ramki.



Rys. 3. Przekrój silnika z wirującą puszką; 1 – magnes neodymowy, 2 – bateria, 3 – dodatni biegun baterii, 4 – puszcza aluminiowa, 5 – pinezka.

Budowa najprostszej wersji silnika przedstawiona jest na rysunku 1. Magnes neodymowy musi mieć średnicę nie mniejszą niż średnica baterii. Ramkę, stanowiącą wirnik silnika, wykonujemy w następujący sposób. Nawijamy niezbyt ciasno jeden zwoj nieferromagnetycznego drutu na bocznej powierzchni magnesu, a koniec zwoju przylutowujemy do początku drutu. Prawdłowo wykonany zwoj powinien dać się lekko obracać wokół bocznej powierzchni magnesu. Następnie drut zaginamy, tak jak na rysunku 1, a po wykonaniu wszystkich zagięć koniec ostatniego odcinka przylutowujemy do pierścienia i odcinamy niewykorzystaną część drutu. Wysokość ramki powinna być większa niż wysokość baterii, ale mniejsza od łącznej wysokości baterii i magnesu. Baterię, zwróconą ujemnym biegunem w dół, stawiamy na magnecie, a na całość nakładamy ramkę. Żeby oś ramki nie zsuwała się ze środka baterii, można w niej zrobić ostrożnie, za pomocą gwoździa i młotka, małe wgłębienie.

Ruch ramki z prądem spowodowany jest jej oddziaływaniem z polem magnetycznym (rys. 2). Prąd elektryczny płynie od dodatniego bieguna baterii przez każdy z boków ramki i przez powłokę ochronną magnesu dopływa do bieguna ujemnego. Każdy z boków ramki znajduje się w polu magnetycznym wytwarzanym przez magnes. Wektor indukcji tego pola ma kierunek ukośny względem boku ramki z prądem, powstaje więc siła elektrodynamiczna skierowana poziomo. Ponieważ składowe indukcji pola magnetycznego prostopadłe do boku ramki mają dla przeciwległych boków ramki przeciwne zwroty, więc powstające siły elektrodynamiczne także mają zwroty przeciwne, wobec czego ich moment jest niezerowy i powoduje obrót ramki.

W bardziej widowiskowej wersji silnika ramka z drutu zastąpiona jest puszką od napojów (rys. 3). Puszki nie otwieramy w zwykły sposób, tylko opróżniamy ją przez dwa otworki przebite gwoździem w środkowej części dna puszczy. Następnie w dnie puszczy wycinamy okrągły otwór o średnicy nieco większej niż średnica magnesu i wyrównujemy jego brzegi pilnikiem. Końcem noża zeskrobujemy od wewnątrz warstwę tlenków w środkowej części wieczka puszczy, po czym na środku wieczka przyklejamy wewnątrz klejem przewodzącym łebek pinezki lub wkrętu. Po utwardzeniu się kleju puszkę nakładamy od góry na stojący na stole układ, złożony z magnesu i osiowo ustawionych na nim baterii. Za pomocą nakrętek włożonych między górną powierzchnię magnesu i baterię dobieramy wysokość tego zestawu tak, żeby po nałożeniu puszczy i oparciu się ostrza pinezki lub wkrętu na górnej baterii, dolny brzeg puszczy był na możliwie niewielkiej wysokości. Wówczas wydaje się, że puszcza obraca się, lewitując, co można wykorzystać do efektownych pokazów.

Suma

$$(2 + 1)^{3000} = \binom{3000}{0} \cdot 2^{3000} + \binom{3000}{1} \cdot 2^{2999} + \binom{3000}{2} \cdot 2^{2998} + \dots$$

$$\dots + \binom{3000}{1000} \cdot 2^{2000} + \dots + \binom{3000}{3000}$$

jest większa od każdego składnika, więc $\binom{3000}{1000} \cdot 2^{2000} < 3^{3000}$,

$$\text{skąd } U = \binom{3000}{1000} < \frac{3^{3000}}{2^{2000}} = \left(\frac{27}{4}\right)^{1000} < 7^{1000} = W.$$