

Część IV

W poprzednim odcinku naszego cyklu („MT” 1/89) opisaliśmy sposób budowy modelu silnika grawitacyjnego, napędzanego sprężonym gazem oraz jego odmianę – model napędzany pęcherzykami pary, powstającymi we wrzącej cieczy. Model napędzany pęcherzykami pary to w istocie już pewien rodzaj maszyny cieplnej, o niezwykle prostej konstrukcji. Silnik taki możemy nazwać termograwitacyjnym, albowiem za pośrednictwem źródła ciepła wytworzyliśmy ruch w polu grawitacyjnym i zdołaliśmy zaczerpnąć energię mechaniczną z tego ruchu. Ścisłej mówiąc, nasz model nie dawał takiej możliwości (brak wyprowadzenia wału napędowego), a uzyskiwana energia mechaniczna szła na mieszanie cieczy. Tym niemniej, nietrudno sporządzić model przekazujący energię na zewnątrz, np. za pośrednictwem sprzęgła magnetycznego. Takie sprzęgło praktycznie wyeliminuje tarcie, jakie występowałoby przy uszczelnieniu normalnego wału napędowego.

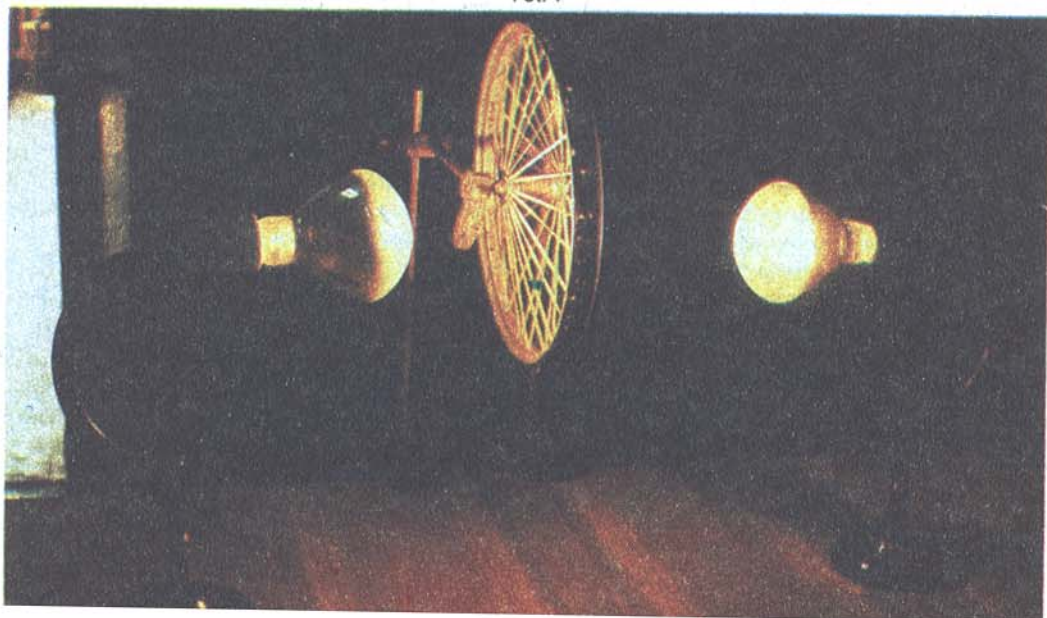
Nasze eksperymenty i rozważania mają wprawdzie cel zabawowy muszą być jednak oparte na faktach fizycznych, a fizycznie rzecz biorąc omawiany silnik wykorzystuje, jako czynnik roboczy, gaz o temperaturze otoczenia. Jeżeli za pomocą sprzęgła magnetycznego odbierzemy moc z wirnika, to po-

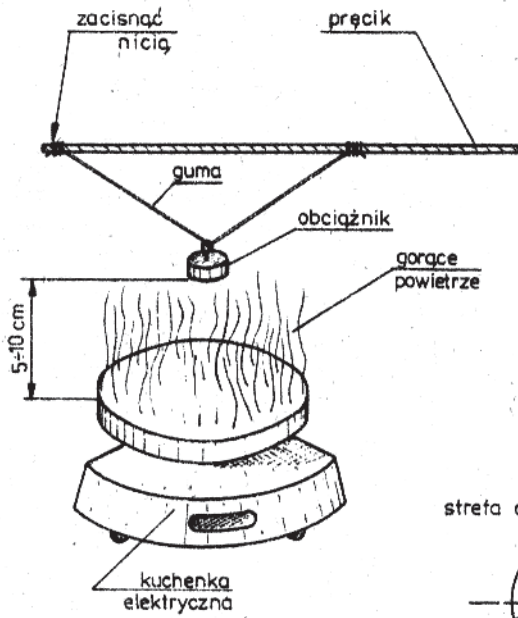
wstaje pytanie – skąd się bierze ta energia? Odpowiedź na to pytanie pozostawiamy Czytelnikom!

A teraz coś dla tych majsterkowiczów, którzy lubią wprowadzać w podziw obserwatorów.

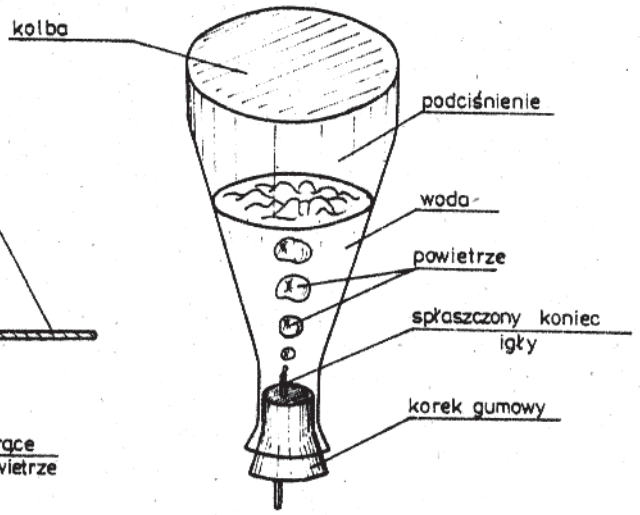
Kolbę o pojemności 0,25 l, lub większej, napełniamy mniej więcej do połowy wodą. Następnie wodę w kolbie doprowadzamy do intensywnego wrzenia. Po dwóch minutach gotowania wody, gdy cała kolba będzie dostatecznie ogrzana parą, zdejmujemy naczynie z palnika i natychmiast silnie zamykamy gumowym korkiem, przebitym na wylot mocno spłaszczoną igłą lekarską (spłaszczamy tylko części wystające z korka). Kolbę przekreślamy korkiem w dół, wstawiając ją w podstawkę, np. ze słoika i czekamy. W miarę stygnięcia wody, przez mikroszczeliny spłaszczonej igły lekarskiej, wdzierają się do kolby powietrze. U końca igły pojawiają się pęcherze gazu. O ile igła jest dostatecznie spłaszczona proces trwa co najmniej godzinę! W przygotowaniu doświadczenia pomoże rys. 1. Zamiast kolby można użyć słoika typu „twist”, wltowując igłą lekarską w pokrywkę. (Uwaga – grzać ostrożnie – słoiki czasem pękają!). Do wewnętrznej powierzchni pokrywki słoika można przyluto-

Fot. 1

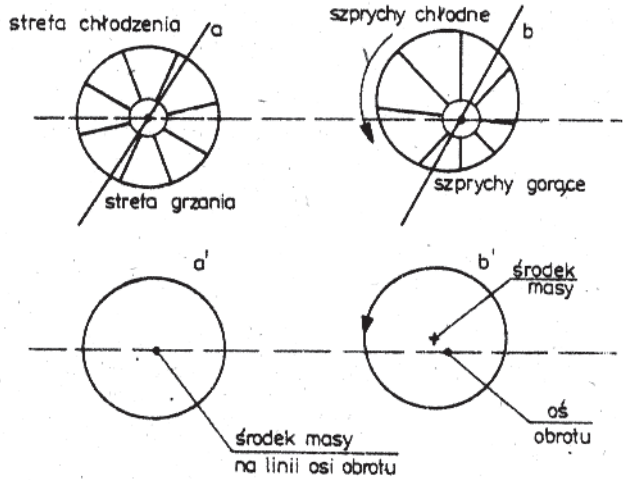




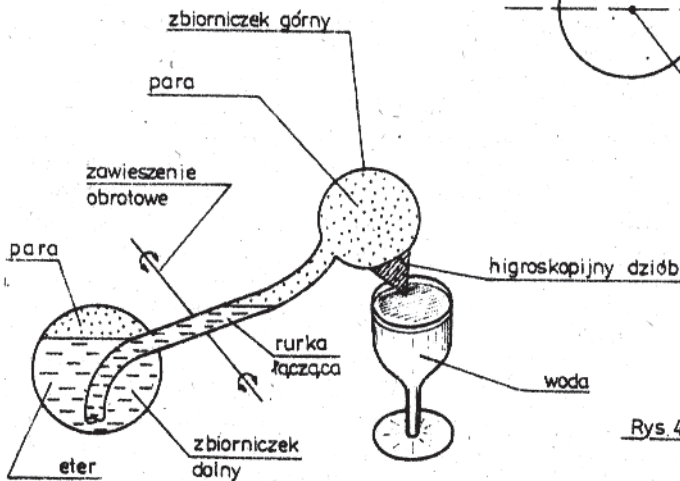
Rys. 2



Rys. 1



Rys. 3. Ilustracja zmiany rozkładu masy koła



Rys. 4. Szkic ptaka, pijącego wodę

wać wsporniki osi małego koła gazowo-cieczowego. Po przeprowadzeniu operacji z gotowaniem i zamknięciu słoika pokrywką z „kołem” otrzymamy frapujący model silnika gazowo-cieczowego. Rzecz jasna, model może pracować również po całkowitym schłodzeniu wody w słoiku. W takim jednak przypadku wystający poza pokrywę zewnętrzną koniec igły powinien pozostać okrągły. Poza tym, na wystającą rurkę metalową należy naciągnąć elastyczną rurkę plastikową i po zagięciu silnie ją zacisnąć. Rurka plastikowa z zaciskiem pełni rolę mikrozaworu, który otwieramy po wystudzeniu wody, i którym możemy regulować wydatek powietrza. Po otwarciu zaworka ciecz w słoiku pozornie wrze, a unoszące się pęcherze powietrza wyjątkowo długo napędzają wirnik – koło. Nie od rzeczy będzie tutaj powiedzieć, że powietrze rozpręża się do ciśnienia panującego nad cieczą w zamkniętym słoiku, początkowo równego ciśnieniu pary nasyconej w danej temperaturze. Dzięki temu doprawdy znikome porcje powietrza dają duże (z początku ogromne) „pęcherze”. W półlitrowym słoiku, napełnionym do połowy wodą, bez trudu uzyskiwano nieprzerwaną, ponad godzinną wędrówkę pęcherzyków powietrza. Dla nie wtajemniczonych bardzo długo trwająca praca modelu, bez widocznego źródła energii, wyda się niemożliwa, tym bardziej, że mikrootwór w pokrywie słoika można ukryć, np. w nalutowanej kropki cyny.

Polecając eksperymentowanie mamy w tym miejscu obowiązek przestrzec majsterkowiczów, którzy z pewnością będą myśleli nad sposobem zwiększenia mocy silnika, nie tylko na drodze powiększania wymiarów. Być może, poszukując innej drogi, wpadniecie na pomysł napełnienia zbiornika ciężką cieczą – nieodparcie nasuwa się tutaj myśl o rtęci. Owszem, to pomysł dowodzący zrozumienia istoty problemu, ale nie róbmy głupstw! **Rtęć jest silnie trująca!!!** Niewątpliwie, zdobycie kilku kilogramów rtęci czyni realizację pomysłu mało prawdopodobną, ale licho nie śpi! Ta uwaga, nieco na wyrost, może się przydać w innych okolicznościach; pamiętajmy więc o zasadach bezpieczeństwa pracy. Każdy pomysł trzeba zweryfikować przede wszystkim pod tym kątem, np. gotowanie wody w słoiku – zgoda, ale gotowanie wody w zamkniętym słoiku –

to już zupełna bezmyślność. Nawet jeśli za nią kryje się myśl o zbudowaniu modelu pracującego przy wrzeniu pod zmniejszonym ciśnieniem. Taki model można ewentualnie zbudować, lecz pod żadnym pozorem nie może on być pozbawiony padciśnieniowego zaworu bezpieczeństwa – który bardzo łatwo wykonać.

Inne modele silników grawitacyjnych

W opisywanych w poprzednim odcinku modelach zmienialiśmy geometrię otoczenia wirnika modelu co powodowało, po pierwsze, przyrost energii potencjalnej i, po drugie, powstanie niezrównoważonej siły, działającej na wirnik. Zdecydowaną wadą tej metody jest niezwykle skomplikowany i nieunikniony przepływ cieczy wokół pęcherza gazu, powodujący zamianę części energii kinetycznej ruchu w ciepło, czyli także ruch, tyle że mikroskopowy, nie dający się wykorzystać tutaj do napędu. Przez energię kinetyczną rozumiemy ruch makroskopowo uporządkowany. Takim ruchem jest, np. ruch pęcherza gazu w cieczy, czy ruch wirnika.

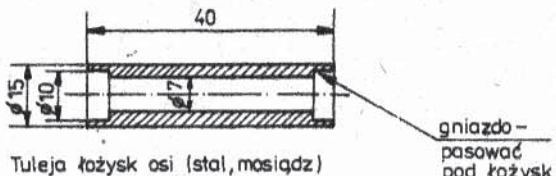
Powstaje pytanie – czy można tak zmienić kształt (geometrię) samego wirnika, aby otrzymać nie zrównoważony moment obrotowy w polu sił, np. w polu sił ciężkości? Odpowiedź jest pozytywna. W dalszym ciągu więc możemy pozostać przy niezmiernie prostej maszynie, co jest technicznie korzystne i dodatkowo ominąć trudności związane ze stratami w cieczy. Tym niemniej, powstają inne złożone problemy i to bardzo poważne. Skoro jednak lubimy je rozwiązywać zastanówmy się wspólnie, w jaki sposób zmieniać geometrię wirnika. I to zmieniać tak, aby za każdym jego obrotem (cyklicznie) wzrastała energia potencjalna położenia i dodatkowo powstawał moment obrotowy, czyli asymetria rozłożenia masy względem osi obrotu. Na fot. 1 widzimy dość dziwne koło rowerowe, którego szprychy są wykonane z gumy kauczukowej (koniecznie). Koło to jest „oświetlone” promiennikami podczerwieni i to w szczególny sposób (czego niestety nie widać na zdjęciu).

Napięta guma kauczukowa ma anomalny współczynnik rozszerzalności cieplnej. Na skutek wzrostu temperatury silnie kurczy

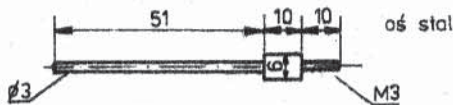
się ona, zaś po ochłodzeniu rozkurcza się do pierwotnej długości. Tę własność gumy polecamy do sprawdzenia według rys. 2.

Oś koła rowerowego unieruchomiono w zaciskach statywów. Po nagraniu „szprych” oświetlonej połowy koła obręcz przemieści się i powstanie asymetria masy koła względem osi obrotu. Powstała asymetria rozkładu masy wywoła powstanie nie zrównoważonego momentu obrotowego i koło obróci się o pewien kąt. W czasie obrotu, szprychy gorące wyjdą częściowo z pola ogrzewania, a na ich miejsce wejdą szprychy zimne (z cienia). Po nagraniu szprych zimnych i jednoczesnym schłodzeniu szprych gorących znowu nastąpi przesunięcie środka masy koła i jego obrót. Dla zapewnienia jednostajnego obrotu koło powinno być obciążone momentem hamującym. W zasadzie wystarcza tutaj tarcie w piąście koła. Koło obciążone obraca się równomiernie, wykonując pracę na pokonanie momentu hamującego, kosztem dostarczonej energii cieplnej. Zasadę działania modelu wyjaśnia bliżej rys. 3. Nietrudno się domyślić, że sprawność modelu silnika jest mała. Po prostu większość energii rozprasza się w otoczeniu. Mamy więc ciekawy model pokazowy, zajmującą zabawkę, którą nietrudno wykonać przy odrobinie cierpliwości (są kłopoty z równomiernym naciąganiem gumy – szprych; dobrze jest pracować przy poziomo położonej tarczy z otworem na oś i zaznaczonym obwodem koła).

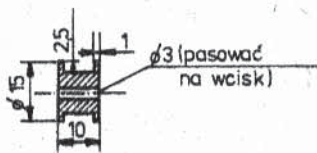
Wywołanie asymetrii masy wirnika względem jego osi obrotu jest niezmiernie prostym sposobem budowy silnika pracującego w polu sił. Lecz sposób ten doskonale spełniający swe zadanie, np. w silniku elektrycznym, w przypadku masy grawitacyjnej ma dwie zasadnicze wady, a mianowicie: pojawiają się siły dośrodkowe i występuje zmiana momentu bezwładności wirnika. Dla małych prędkości obrotowych oba efekty można zaniedbać, ale przy większych prędkościach kątowych stają się one na tyle uciążliwe, że stawiają prawie pod znakiem zapytania celowość takich konstrukcji. Piszemy „prawie”, gdyż chcemy unikać sformułowań w rodzaju – „niemożliwe”, „niecelowe” itp. Wreszcie decydującą chyba tutaj sprawą jest mała gęstość energii w ziemskim polu grawitacyjnym – nawet udane konstrukcje musiałyby być stosunkowo duże, w po-



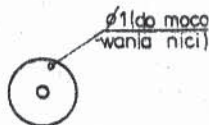
Tuleja łożysk osi (stal, mosiądz)



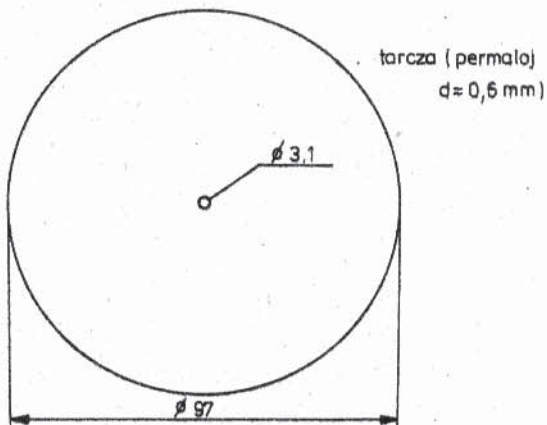
oś stal



3 (pasować na wcisk)

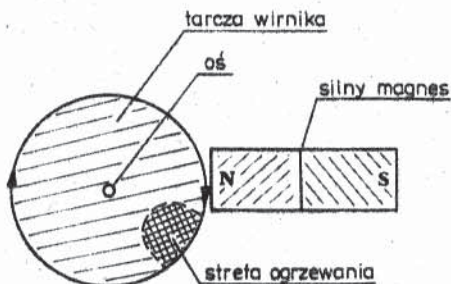


kołko zdawcze (mosiądz)



tarcza (permaloj) d = 0,6 mm

Elementy wirnika silnika termomagnetycznego



Wzajemne ustawienie wirnika i magnesu

Rys. 5



Fot. 2

równaniu do innych silników. Z drugiej jednak strony, wykorzystując zmianę rozkładu masy w polu grawitacyjnym, można zbudować wiele interesujących zabawek grawitacyjnych.

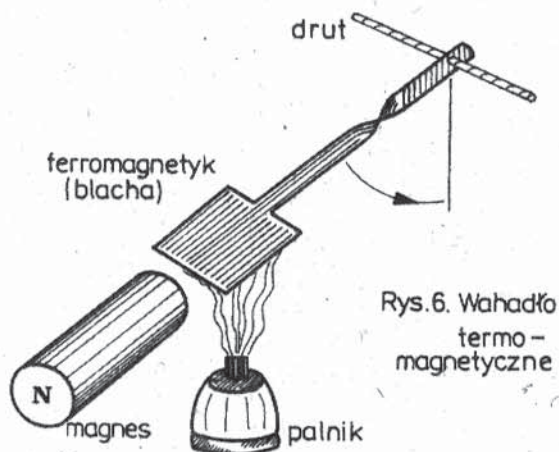
Jedną z takich niezwykłości jest ptak cyklicznie „pijący wodę”, wymyślony bodajże przez Chińczyków. Zabawka działa pozornie bez zużycia energii – a jej szkic znajduje się na rys. 4. Dwa niewielkie pojemniki cienkościennie (szczególnie górny) połączone są rurką. Wewnątrz dolnego pojemnika i częściowo w rurce łączącej znajduje się ciecz o dużym ciśnieniu pary nasyconej w temperaturze pokojowej, np. eter. Pojemniki z rurką tworzą rodzaj równoważni. Na skutek przemieszczania się cieczy w rurce następuje zmiana położenia! W pobliżu środka ciężkości układu znajduje się delikatna oś, na której ptak może się wahać. Pojemnik stanowiący głowę ptaka kończy się szerokim dziobem, pokrytym cieniutką warstewką higroskopijnej materii o dużych porach. Jeżeli zwilżymy dziób ptaka, parująca woda spowoduje obniżenie temperatury górnego

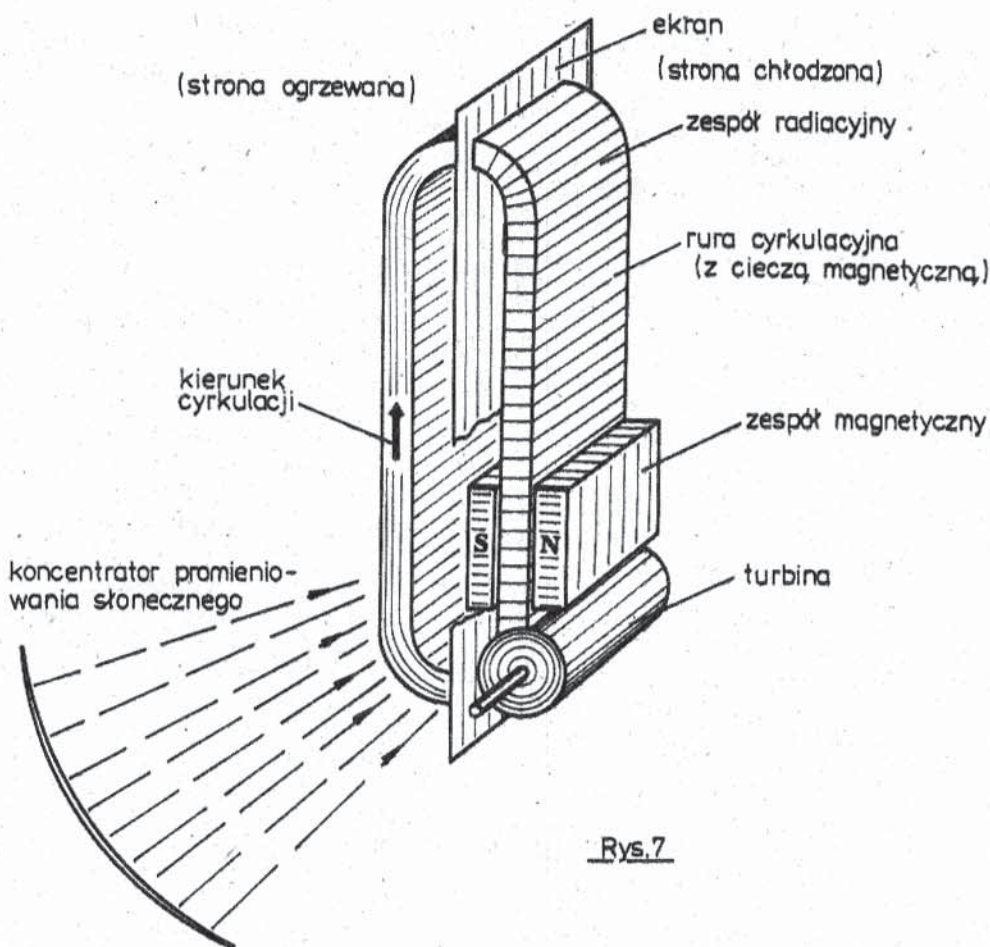
zbiorniczka, a co za tym idzie spadek ciśnienia pary wewnątrz tego naczynia. Ciecz w rurce podniesie się, wyparta przez parę z dolnego naczynia i ptak przechyli się do naczynia z wodą. Zanurzony dziób przyjmie teraz temperaturę wody w naczyniu (otoczenia) i ciecz w rurce nieco opadnie, wyparta przez parę w górnym naczyniu. Ptak wyjmie dziób z wody, ten zacznie parować i cały proces powtórzy się. I tak wciąż, aż do wyczerpania warstwy wody w naczyniu o grubości równej długości dzioba. Oczywiście, opisany ptak nie może „pić” gdy otaczające powietrze ma dużą wilgotność (słabe parowanie).

Model silnika termomagnetycznego

Być może opis silnika ze zmianą rozkładu masy wirnika, wobec trudności konstrukcyjnych, wydał się niepotrzebny. Można jednak zmieniać rozkład masy, np. elektrycznej lub magnetycznej względem osi obrotu, co, jak wiadomo, nie spowoduje powstania sił dośrodkowych i zmian momentu pędu. Trzeba powiedzieć od razu, że określenia „masy elektryczne i magnetyczne” nie są zbyt precyzyjne, ale w naszym przypadku od razu wyjaśniają problem. Idea silnika termomagnetycznego jest analogiczna jak idea silnika termograwitacyjnego. Dla tego kto czytał wcześniejsze odcinki powinno być jasne, że w ogóle w kontekście „pola i masy oddziałujących z polami” wszystkie silniki mają bardzo wiele wspólnego – chodzi o uzyskanie ruchu, zwykle obrotowego. Zastąpmy zatem pole grawitacyjne polem magnetycznym, zaś masę grawitacyjną „masą magnetyczną”, czyli jakimś ferromagnetykiem. Oczywiście, ferromagnetyk to dodatkowo masa w zwykłym sensie, a dzięki temu z jego ruchem od razu jest związana energia kinetyczna. W przypadku ciała ferromagnetycznego możemy łatwo zmieniać „masę magnetyczną” bez wyraźnej zmiany geometrii samego ferromagnetyka. Taki efekt wywołujemy ogrzewając ferromagnetyk. Od nazwiska odkrywcy efekt ten nosi nazwę efektu Curie.

Dla ferromagnetyków, zależnie od ich rodzaju (skład stopu, mieszaniny tlenków, sposobu obróbki) istnieje pewna charakterystyczna temperatura, w której praktycznie znikają własności magnetyczne. Taka tem-





Rys.7

peratura nosi nazwę punktu Curie, albowiem w tej temperaturze (dokładnie – stąd punkt) ciało nagle przestaje być ferromagnetykiem. Tak się dzieje w nieobecności pola magnetycznego. Ferromagnetyk umieszczony w polu magnetycznym i ogrzewany również traci własności magnetyczne, ale następuje to nie gwałtownie, skokowo, lecz stopniowo. Przy zbliżaniu się do temperatury punktu Curie ferromagnetyk coraz słabiej oddziałuje z polem magnetycznym, aż w końcu siła oddziaływania znika. Za taki stan rzeczy odpowiada wewnętrzna zmiana struktury atomowej ciała. Na skutek dopływu ciepła struktura atomowa, właściwa dla ferromagnetyku, ulega rozpadowi – zmieniają się przestrzenne orientacje atomów. Oczywiście, na zewnątrz ciała widoczne

zmiany nie zachodzą, tyle że jest ono gorące. Po ochłodzeniu ciała struktura atomowa na powrót się porządkuje i ciało znowu objawia własności magnetyczne. Krótko mówiąc, ogrzewając ferromagnetyk do punktu Curie i chłodząc poniżej temperatury punktu Curie powodujemy zanik i pojawienie się oddziaływania z polem magnetycznym. Mamy więc prosty sposób na wytworzenie asymetrii oddziaływania z symetrycznym ciałem wirującym, umieszczonym na osi.

Na fot. 2 pokazano model silnika termomagnetycznego, zbudowany z ułożyskowanej osiowo tarczy ferromagnetycznej, umieszczonej w polu magnesu. Tarczę jednostronnie ogrzewa palnik, skutkiem czego oddziaływanie gorącej części tarczy z polem jest słabsze niż części chłodniejszej i magnes

wciąga część chłodniejszą. Ta część nagrzewa się, zaś część gorąca oddala się od płomienia i stygnie. Następuje więc ciągły obrót tarczy w polu magnesu. Model pracuje poprawnie tylko pod obciążeniem momentem hamującym. Bieg jałowy jest nierównomierny – tarcza obraca się nagłymi skokami.

Do budowy wirnika modelu użyto blachy z permaloju. Permaloj jest to stop magnetycznie miękkiej, o dużej przenikalności magnetycznej, którego głównymi składnikami są nikiel i żelazo. Bliższe dane materiału, z którego wykonano wirnik nie są znane (wykorzystano starą osłonę lampy oscyloskopowej). Zresztą, nie jest to zbyt istotne, poza znajomością temperatury punktu Curie; w naszym przypadku około 600 K. Na wirnik nadaje się każdy materiał magnetycznie miękkiej o niezbyt wysokiej temperaturze punktu Curie. Niestety, punkt Curie dla zwykłej stali (żelazo) wynosi 1042 K, dlatego blacha stalowa jest tutaj mało odpowiednia. Dla wywołania znaczących zmian oddziaływania blachy stalowej z polem magnetycznym trzeba ją ogrzewać znacznie powyżej temperatury czerwonego żaru, co wymaga stosowania wysokotemperaturowego palnika. Z drugiej jednak strony, tarcza z miękkiej stali pozwoliłaby uzyskać znaczną prędkość obrotową. Model z tarczą permalojową z powodzeniem pracuje przy ogrzewaniu zwykłym palnikiem spirytusowym, a zatem szczególnie nadaje się do doświadczeń amatorskich. Model silnika z rys. 5 (fot. 2) uzyskuje do 20 obr./min. przy dość znacznym momencie obrotowym.

Podczas wycinania tarczy z permaloju należy unikać naprężeń mechanicznych (zginania, klepania) blachy. Wyciętą tarczę dobrze jest wygrzać w temperaturze powyżej punktu Curie, dla usunięcia naprężeń, które silnie wpływają na własności magnetyczne.

Sprawność modelu jest niewielka, tym niemniej wzrasta ona kilkakrotnie przy ustaleniu warunków pracy tarczy w okolicach punktu Curie. O sprawności decyduje też właściwe zorganizowanie dopływu i odpływu ciepła oraz „ustawienie” pola magnetycznego. Opisany model można znacznie udoskonalić! Przy okazji zwracamy uwagę, że wirniki wykonane z kawałków ferromagnetyku dają o wiele gorsze wyniki, niż wirniki ciągłe (jednolite). Kto nie zdoła zdobyć

odpowiednio dużego kawałka blachy permalojowej ten może próbować złożyć wirnik z blaszek permalojowych, używanych na rdzenie transformatorów, przeznaczonych do pracy przy wyższych częstotliwościach prądu. Warto po prostu zobaczyć funkcjonowanie tego niezwykle prostego modelu cieplnego silnika obrotowego. Tym zaś, który w ogóle nie zdobędzie permaloju polecamy doświadczenie z wahadłem, zilustrowanym na rys. 6. Do doświadczenia można wykorzystać spiekane ferromagnetyki prozkowe, zwane ferrytami. Dla takich ciał temperatury punktów Curie są zwykle bardzo niskie (400 K + 500 K). Doświadczenie z wahadłem daje możliwość oceny własności termomagnetycznych danego ferromagnetyku i w zasadzie powinno poprzedzać doświadczenie z modelem silnika obrotowego.

W skromnych zwykle warunkach amatorskich niewiele można uczynić dla osiągnięcia warunków optymalnych, ale wykonanie doświadczeń daje przynajmniej przedsmak dojrzałej techniki. Silniki termomagnetyczne roją pewne nadzieje na zastosowania praktyczne. Głównym problemem jest tutaj opracowanie odpowiednich materiałów termomagnetycznych, na bazie których można byłoby budować nie tylko silniki, ale również generatory energii elektrycznej. Przed kilku laty wiele uwagi poświęcano tzw. cieczenom magnetycznym, w związku z którymi powstały projekty różnych bezpośrednich przetworników energii cieplnej. Ciecze magnetyczne otrzymuje się przez sporządzenie zawiesiny niezwykle drobnego pyłu ferromagnetycznego w olejach. Tak sporządzona mieszanina jest trwała (ferromagnetyk nie wytrąca się) w szerokim zakresie zmian fizycznych. Ciecz magnetyczną można ogrzewać aż do temperatury punktu Curie, wpływając termicznie na własności jej oddziaływania z polem magnetycznym. Mamy więc znowu korzystną sytuację do wytworzenia asymetrii „masy magnetycznej” w polu magnetycznym, przy czym gęstość energii może być tutaj duża, w porównaniu do energii w polu grawitacyjnym.

Ideę silnika z cieczą magnetyczną pokazano na rys. 7. Jak widać nie różni się ona zbyt od koncepcji silnika termograwitacyjnego.

Włodzimierz Augustyniak