

Składamy, magazynujemy, oszczędzamy. Robimy tak od początku istnienia rodzaju ludzkiego. Cel jest jeden: zużyć przechowywane dobro wtedy, gdy będzie nam potrzebne. Energia jest również dobrem, które magazynujemy, ale napotykamy przy tym na duże trudności. Nasze spichrze energetyczne są bardzo niedoskonałe. Rzadko kiedy umiemy je opróżnić nie marnując dużej części energii. Nie umiemy budować tanich i pojemnych zbiorników energii.

Problem magazynowania i przechowywania energii staje się z biegiem czasu coraz ważniejszy. W przyrodzie znajdują się duże, ale nie nieograniczone zasoby energii w postaci złóż ropy, gazu, węgla, paliwa jądrowego itp. Umiemy wykorzystać te zasoby przekształcając zawartą w nich energię na energię elektryczną — formę energii najwygodniejszą w użyciu. Urządzenia przekształcające, jeżeli są w miarę wydajne i nie powodują zanieczyszczenia środowiska, mają znaczne rozmiary (elektrownie); jeżeli są odpowiednio małe, to pracują z niewielką wydajnością (silniki spalinowe pojazdów). Silnik spalinowy samochodu przekształca tylko 10–15% energii zawartej w benzynie na użyteczną energię ruchu. Elektrownia spalająca ropę naftową ma wydajność ponad 40%.

Jeżdżąc samochodem lub autobusem marnujemy rozrzutnie światowe zasoby energetyczne. Rozwiązania zagadnienia należy szukać w lekkich, tanich i pojemnych zbiornikach energii. Ba! Taki zbiornik rozwiąże za jednym zamachem i inne problemy energetyki. Znamy dobrze pojęcie „szczytu energetycznego”. Wieczorem w milionach mieszkań zapalają się światła, włączamy telewizory i różnorodne urządzenia pobierające energię elektryczną.

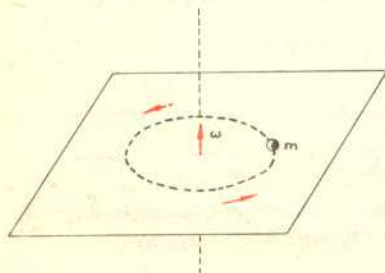
Aby sprostać zwiększonemu zapotrzebowaniu, elektrownie muszą dysponować rezerwą mocy, włączać nowe generatory. Praca nie jest ciągła. O ile lepiej byłoby wytwarzać energię elektryczną spokojnie, bez zrywów, nadmiar jej przechowywać, aby wykorzystać w chwili szczytowego zapotrzebowania.

Składać, magazynować, oszczędzać energię... Robimy to od dawna, nawet nie uświadamiając sobie tego. Może jeden ze stosowanych dotychczas sposobów da się udoskonalić i wykorzystać na większą skalę? Może idea rozwiązania postawionego problemu znana jest od dawna? Zastanówmy się.

Dotychczasowe metody przechowywania energii łatwo wymienić. Nie wydaje się jednak na pierwszy rzut oka, że można je wykorzystać na szerszą skalę. Drobne ilości energii możemy zmagazynować w postaci energii kinetycznej ruchu postępowego (rzut pocisku), ruchu obrotowego (koło zamachowe), w postaci energii potencjalnej (przepompownie wody dla potrzeb elektrowni), w postaci energii sprężystej materiału (łuk, sprężyna) w postaci energii chemicznej (akumulatory, baterie). Znaczenie praktyczne posiada przepompownia wody, która w godzinie szczytu napędza turbiny wodne elektrowni. Wiele nadziei wiąże się z budową odpowiednio pojemnych akumulatorów. Mało kto jednak myśli o magazynowaniu istotnych ilości energii w postaci energii ruchu na przykład koła zamachowego, jakkolwiek już kilkanaście lat temu inżynierowie szwajcarscy zbudowali autobus napędzany kołem zamachowym, które trzeba było jednak rozpędzać prawie na każdym przystanku. Pojazd taki ma bardzo ograniczone zastosowanie. Szukając najlepszej metody gromadzenia energii należy ustalić kryteria dobroci zbiornika. Kryteria — ponieważ musimy uwzględnić przynajmniej trzy czynniki: koszt na jednostkę energii, ciężar urządzenia na jednostkę energii oraz straty energii w procesie przechowywania. Badania prowadzone są w wielu kierunkach. Postęp w dziedzinie technologii nowych materiałów skłania do przypuszczenia, że magazynowanie energii w specjalnie skonstruowanym kole zamachowym — wirniku — może być, przynajmniej w chwili obecnej, najlepszym rozwiązaniem. Sposób to znany od dawna. Dlaczego doń powracamy? Czy rzeczywiście nowe tworzywa mogą zrewolucjonizować technikę przechowywania energii?

Postawmy zagadnienie wyraźniej. Jakim warunkom powinno odpowiadać tworzywo, z którego sporządzamy wirnik, aby zmagazynować jak największą ilość energii na jednostkę masy wirnika (największa gęstość energii)?

Przeprowadźmy rozumowanie dla dowolnie wybranego elementu wirnika o masie m , wirującego z prędkością kątową ω po okręgu o promieniu r . Umówmy się, że maksymalną siłę, jaką może znieść wirujący element wirnika, zanim oderwie się, oznaczymy przez F_g . Siła ta jest oczywiście zależna od wytrzymałości materiału. Im materiał wytrzymalszy, tym większa siła F_g . Obliczmy, jaką maksymalną energię



$$E = \frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{1}{2} m r^2 \omega^2$$

$$F = m r \omega^2$$

$$\omega_g^2 = \frac{F_g}{m r}$$

$$E_{max} = \frac{1}{2} F_g r$$

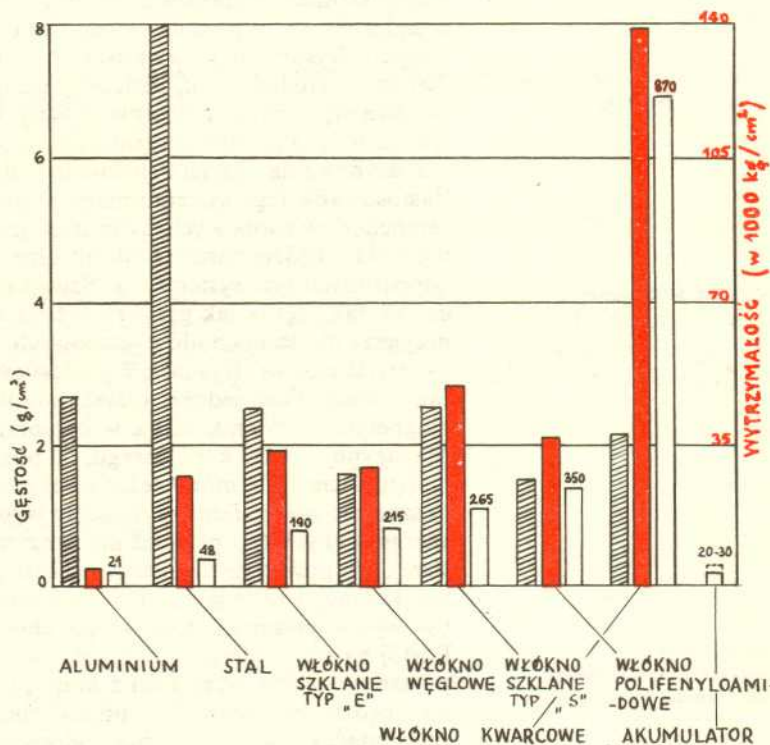
może posiadać wirujący element o masie m . Energia = $\frac{1}{2} \times$ (moment

bezładności elementu względem osi obrotu) \times (prędkość kątowa obrotu)². Siła odśrodkowa bezładności działająca wzdłuż promienia i odrywająca element zależy od jego masy, promienia okręgu, po którym się porusza, i kwadratu prędkości kątowej obrotu.

Siła = masa \times promień \times (prędkość kątowa)².

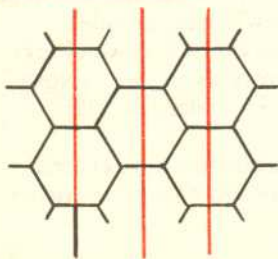
Prędkość wirowania nie może przekroczyć prędkości granicznej odpowiadającej sile odśrodkowej bezładności równej maksymalnej sile, jaką może wytrzymać element, zanim się oderwie.

Maksymalna energia, jaką może posiadać wirujący element, zależy od wytrzymałości materiału, a nie zależy od jego masy. Wpływa stąd bardzo ważny wniosek: aby uzyskać dużą gęstość zmagazynowanej energii, należy użyć materiału o jak najmniejszej gęstości (lekkiego) i jak największej wytrzymałości. Stal jest niewątpliwie wytrzymała, ale nie można o niej powiedzieć, że jest lekka. Postęp w dziedzinie nowych technologii pozwolił wytworzyć materiały o strukturze włóknistej przewyższające kilkakrotnie wytrzymałością stal, a znacznie od niej lżejsze. Popatrzmy na rysunek. Wysokość zakresowanego pola odpowiada gęstości materiału. Pole kolorowe odpowiada wytrzymałości tworzywa, a pole puste — maksymalnej gęstości energii, jaką można zmagazynować, wyrażonej w watogodzinach na kilogram. Wybór materiału do konstrukcji wirnika jest więc oczywisty. Włókno kwarcowe ma ogromną przewagę nad stalą i aluminium.



Rozwiązanie zadania M 13.

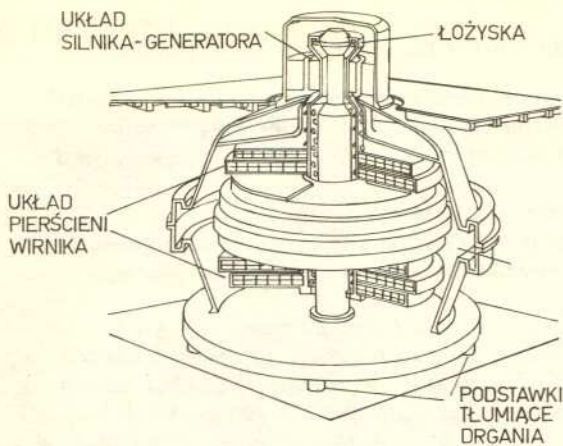
Można oczywiście pokryć płaszczyznę przystającymi sześciokątami foremnymi. Rozcinając każdy z takich sześciokątów na połowy symetryczną jednego boku otrzymujemy przystające pięciokąty wypukłe, pokrywające płaszczyznę w żądany sposób.



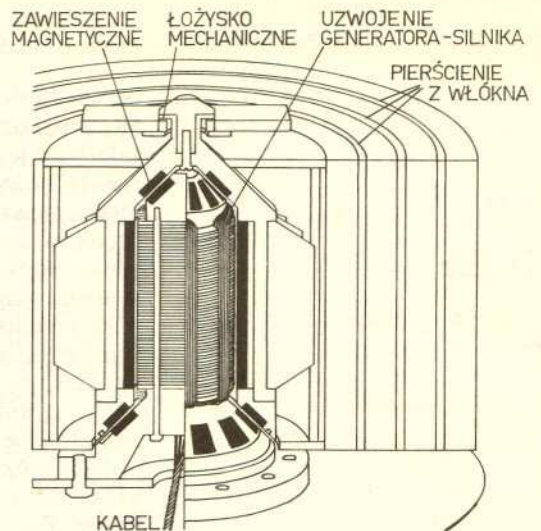
Czytelnik zechce się zastanowić, czy istnieją inne pięciokąty wypukłe o żądanej własności, w szczególności, czy istnieją takie pięciokąty (1) nie mające osi symetrii lub (2) nie mające dwóch boków równoległych.

Porównanie maksymalnej gęstości energii w wirniku i w akumulatorze kwasowo-ołowiowym wypada na korzyść wirnika, przy czym różnica jest ogromna. Problem wydaje się rozwiązany, przynajmniej teoretycznie. Przy realizacji praktycznej napotykamy jednak na wiele trudności. Materiał włóknisty jest wytrzymalszy wzdłuż włókien. Należy więc odpowiednio uformować kształt wirnika, aby wykorzystać własność tworzywa, zapewnić stabilność obrotów, zmniejszyć straty energii w łożyskach i rozwiązać wiele podobnych problemów. Pozostawmy problemy techniczne technikom, mając nadzieję, że z czasem pokonają oni wszystkie trudności. Postarajmy się uzmysłowić sobie konsekwencje praktyczne tego osiągnięcia.

Zmora systemów energetycznych są godziny szczytu. Jedynym, stosowanym dotychczas praktycznie sposobem gromadzenia energii jest przepompowywanie wody do ogromnych zbiorników położonych na odpowiednim poziomie. W godzinach szczytu woda napędza turbiny. Koszt takiej inwestycji jest wysoki, zajmuje ona sporo miejsca (1 hektar na 10 tys. kWh) i wymaga odpowiedniego ukształtowania terenu. Według projektów firm amerykańskich koszt



Rys. 1



Rys. 2

zmagazynowania jednej kilowatogodziny w urządzeniu wirującym jest ponad cztery razy niższy niż w systemie wodnym, a zajęta powierzchnia maleje trzystokrotnie. Nieporównanie niższy jest również czas potrzebny do zainstalowania urządzenia, które ponadto może być umieszczone praktycznie w dowolnym miejscu. Rysunek 1 przedstawia projekt jednostki energetycznej o masie około 200 ton, o średnicy 5 m, mającej pojemność 20 tys. kWh. Wirnik urządzenia porusza się z maksymalną prędkością 3500 obrotów na minutę. Wirnik byłby sprzężony z silnikiem-generatorem, który napędzałby wirnik w okresie magazynowania energii i spełniałby rolę generatora w okresie poboru energii. Zastosowanie tego systemu magazynowania energii do zwykłych małych samochodów osobowych może mieć jeszcze większe znaczenie społeczne, a przede wszystkim będzie bardziej odczuwalne. Wspomnieliśmy o autobusach miejskich napędzanych tym systemem w Szwajcarii. Energię należało uzupełniać bardzo często, tak często, jak gęsto rozłożone były przystanki. Rozwiązanie nie do przyjęcia dla samochodów osobowych. Istniejące projekty pozwalają na optymizm i w tej dziedzinie. Rysunek 2 przedstawia projekt jednostki energetycznej do napędu samochodu. Poza jednym łożyskiem mechanicznym wszystkie pozostałe są magnetyczne. Wirnik wiruje w komorze próżniowej i nie wymaga żadnej obsługi. Magazynuje on 30 kWh energii, co pozwala na przejechanie około 300 km z prędkością 100 km/h. Ciężar całej jednostki energetycznej wyniesie około 300 kg. Puszczając wodze fantazji możemy wyobrazić sobie kraj pokryty siecią stacji energetycznych (bo przecież nie benzynowych). Samochody poruszają się znacznie ciszej, nie powodując zanieczyszczenia powietrza. Wycieczka w góry nie wymaga zwiększonego zużycia energii, ponieważ każde hamowanie czy zjazd z góry mogą być wykorzystane do ponownego, chociaż częściowego, rozpędzenia wirnika. Postój na stacji energetycznej nie trwa długo. Jeżeli nie ma kolejki czekających pojazdów — wystarczy nam 5 minut, i znowu możemy ruszyć w drogę. No dobrze, a co będzie, gdy zostawimy pojazd pod domem? Wirnik w końcu musi się sam zatrzymać. Prawda. Ale dzięki odpowiednim łożyskom i zmniejszeniu oporów ruchu do minimum może on wirować od 6 do 12 miesięcy. Wyjeżdżamy więc spokojnie na dwa tygodnie lub więcej, a pojazd gotowy do drogi czeka tam, gdzie go pozostawiliśmy. Wydaje się to nieprawdopodobne, a jednak nie ma w tym nic zasadniczo nowego. Zasada jest ta sama, którą w zamierzonych czasach stosował nasz przodek korzystając z koła garncarskiego, magazynując w nim energię ruchu swojej ręki czy nogi. Należało ją sobie przypomnieć i wykorzystać nowe tworzywa. „Nowe” rozwiązania są czasami bardzo stare i znajdują się pod ręką, należy je tylko dostrzec. Napiszcie, czy widzicie zastosowanie takiego sposobu magazynowania energii i jakie mogą być konsekwencje w życiu praktycznym. Najciekawsze wypowiedzi opublikujemy.

T. H.



Rozwiązanie zadania M 15

Załóżmy, że pierwszy z chłopców wpłacił x złotych, drugi y , trzeci z . Mamy wówczas

$$x \leq \frac{1}{2}(y+z),$$

$$y \leq \frac{1}{2}(x+z),$$

$$z \leq \frac{1}{2}(x+y).$$

Gdyby któraś z tych nierówności była ostra

(np. $x < \frac{1}{2}(y+z)$),

to dodając te nierówności stronami otrzymalibyśmy $x+y+z < x+y+z$, co jest niemożliwe. Jest więc

$$x = \frac{1}{2}(y+z),$$

$$y = \frac{1}{2}(x+z),$$

$$z = \frac{1}{2}(x+y),$$

$$x+y+z = 150.$$

Rozwiązując ten układ równań otrzymujemy $x = y = z = 50$.

(Rysunki i dane techniczne zaczerpnięto z «Scientific American», vol. 229, nr 6/1973).