Promieniotwórcze źródła zasilania

2 czerwca 2018

Każde źródło zasilania kiedyś się wyczerpie, każdy silnik kiedyś zgaśnie.

Dla wielu z nas typowy sztuczny satelita krążący wokół Ziemi, to sześcienna kostka z odstającymi ogniwami słonecznymi, odpowiedzialnymi za dostarczanie energii elektrycznej. Jest to zupełnie poprawne wyobrażenie. Panele fotowoltaiczne stosowane w przestrzeni kosmicznej osiągają sprawność sięgającą nawet 40%, w porównaniu z najpopularniejszymi panelami stosowanymi na Ziemi, których sprawność wynosi około 20%. To zasadniczy i najpopularniejszy sposób zasilania satelitów w sąsiedztwie naszej planety. Ilość światła słonecznego docierającego do Ziemi, jest na tyle duża, że z powadzeniem można je wykorzystać do zasilania pokładowej elektroniki.

Niestety jak każda technologia, tak i fotowoltaika ma swoje ograniczenia. Wydajność paneli zależy między innymi od technologii w jakiej zostały wykonane, jak i odległości od źródła światła, w tym przypadku – Słońca. W miarę oddalania się od gwiazdy, oczywistym jest, że ilość światła będzie maleć, zmniejszając tym samym ilość energii wytwarzanej przez panele. Statek kosmiczny podróżujący w kierunku planet zewnętrznych naszego Układu Słonecznego w pewnym momencie dotrze w rejony, gdzie ilość padającego na panele światła będzie zbyt mała alby zasilić urządzenia pokładowe.

Obecnie najdalej operującą w przestrzeni kosmicznej sondą opartej na fotowoltaice jest JUNO badająca Jowisza. Powierzchnia jej paneli wynosi 72 m2. Po przylocie na Jowisza, panele będą w stanie wygenerować 486 W energii elektrycznej. Z upływem czasu wydajność paneli spadnie do około 420 W za sprawą silnego promieniowania okalającego planetę, które w

czasie pobytu sondy na orbicie, będzie degenerować powierzchnię paneli słonecznych sondy. Te same panele użyte na Ziemi, były by w stanie wygenerować od 12 do 14 kilowatów energii elektrycznej. Niewielka ilość energii generowana na orbicie Jowisza, jest spowodowana niewielką ilością padającego na nie światła, które wynosi 4% odpowiednika światła, które padało by na te same panele na Ziemi.

Na obecną chwilę, sonda JUNO orbitująca wokół Jowisza, wydaje się wykorzystywać maksimum możliwości współczesnych paneli słonecznych. Misje w odleglejszych rejonach Układu Słonecznego, wymagają zastosowania zupełnie innych źródeł zasilania. Tu z pomocą przychodzi również bardzo dobrze poznane zjawisko – promieniotwórczość. Teraz niejednemu z czytelników na myśl przychodzą miasta Czarnobyl i Fukushima. I bardzo dobrze. Skojarzenia jak najbardziej poprawne. Wszak w tych obydwu miastach doszło do katastrofy nuklearnej, czyli jednym z możliwych następstw zjawiska promieniotwórczości. Niemniej jednak tym razem będzie o zbawczym wpływie promieniotwórczości (czyli zanim dojdzie do katastrofy.

Sondy wysyłane na krańce Układu Słonecznego podróżują wiele lat. Pomimo, iż przez większość czasu pozostają w stanie hibernacji, to od momentu startu wszystkie układy elektroniczne sondy znajdują się pod napięciem. Tak samo jak latarka, tak i statek kosmiczny potrzebuje energii do działania, i tak samo jak w latarce, tak i w sondzie kiedyś ta energia się skończy. I tu należy użyć rozwiązań najlepszych z możliwych do zastosowania. Każdy kto porusza się samochodem, wie jak kłopotliwe może być uruchomienie auta przy -25 stopniach Celsjusza.

Ciemny i zimny kosmos traktuje wszystkich i wszystko z taką samą, beznamiętną obojętnością. Temperatura przestrzeni kosmicznej wynosi niewiele ponad zero absolutne a jest to naturalne środowisko w jakim poruszają się między innymi wytwory ludzkiej myśli technicznej – sondy kosmiczne. Każdy taki obiekt, musi posiadać źródło ciepła i napięcia,

umożliwiające jak najdłuższe, nieprzerwane i sprawne działanie. Jedną z części składowych sondy jest akumulator, który jak wiemy ma za zadanie magazynować (akumulować) energię elektryczną. Choćby nie wiadomo jak był duży i nowoczesny, po jakimś czasie zostanie rozładowany, dlatego potrzebne jest źródło zasilania, niezmiennie doładowujące tenże akumulator. Jednym z rozwiązań, są opisane wcześniej panele fotowoltaiczne, których zastosowanie ma sens do pewnego momentu. Później trzeba zastąpić je źródłem niezależnym od promieniowania słonecznego. Rozwiązanie problemu nosi nazwę radioizotopowy generator termoelektryczny (ang. RTG). To bardzo proste urządzenie, którego wielką zaletą, jest brak ruchomych części, które mogły by spowodować jego awarię. Ogólna budowa jest prosta.

Pojemnik w którym umieszcza się paliwo czyli materiał radioaktywny. W wyniku rozpadu radioaktywnego emitowane jest ciepło, które z kolei powoduje przepływ elektryczności na zasadzie różnicy temperatur pomiędzy dwoma złączami termopary (efekt Seebecka). I to wszystko! Dlaczego więc nie stosuje się RTG we wszystkich sondach kosmicznych? Przede wszystkim ze względu na cenę materiału radioaktywnego. Zależy ona od użytego izotopu.

Najczęściej używanym izotopem o najlepszych właściwościach (i najdroższym zarazem w uzyskaniu), jest izotop pluton-238. Charakteryzuje się on wysokim współczynnikiem wypromieniowywanego ciepła pochodzącego z rozpadu alfa, czyli 560 W/kg. Ponadto w rozpadzie promieniotwórczym izotopu zachodzi promieniowanie alfa, które jest najmniej przenikliwą i energetyczną formą promieniowania (rozpad gamma jest w przypadku Pu-238 nikły i pomijany), przez co zastosowanie Pu-238 nie wymaga stosowania ciężkich izolatorów. Jak pamiętacie lub nie z lekcji fizyki czy przysposobienia obronnego, promieniowanie α alfa można powstrzymać już przy pomocy prześcieradła, kartki papieru lub nawet kilkucentymetrowej warstwy wody. W przypadku sond kosmicznych

jest to ogromna zaleta, albowiem przy planowaniu misji kosmicznej liczy się każdy kilogram ładunku, którego koszt wyniesienia w przestrzeń kosmiczną liczony jest w milionach dolarów.

A więc wracając do pytania – dlaczego nie stosować takiego źródła zasilania we wszystkich sondach? Wspomniałem o cenie. Produkcja promieniotwórczych izotopów jest procesem bardzo drogim, zwłaszcza Pu-238. Można go otrzymać na kilka sposobów. Pierwszy z nich, to odzyskiwanie go ze zużytego paliwa jądrowego. Najczęściej takim paliwem jest uran-235 lub Pu-239. W procesie rozpadu powstają produkty rozszczepienia zanieczyszczające paliwo. Jednym z takich pierwiastków jest izotop plutonu-238. Zanieczyszcza on paliwo w niewielkim stopniu, bo w około 2%. W tym przypadku ekstrakcja pożądanego pierwiastka ze zużytego paliwa jądrowego jest bardzo droga i skomplikowana, co czyni ją nieopłacalną. Kolejnym sposobem na pozyskanie plutonu-238, jest bombardowanie neutronami pierwiastka neptun-237, który też może być odzyskany ze zużytego paliwa jądrowego. Jest to proces łatwiejszy i tańszy niż opisany wcześniej, jednak niestosowany od końca lat 1980.

Produkcja wspomnianych powyżej pierwiastków była nierozlewanie połączona z produkcją broni jądrowej w czasach zimnej wojny, a ta jak wiemy podlega wielu ograniczeniom i traktatom. Oznacza to, że nie można ich już produkować zupełnie dowolnie, niczym wody utlenionej czy proszku do prania. W USA zakończono produkcję materiałów rozszczepialnych niemal trzydzieści lat temu na podstawie porozumień międzynarodowych i do niedawna w ogóle nie było mowy o ich produkcji. Nieprzerwanie korzystano z zapasów, które jednak szybko się skończyły. W przypadku USA, już od 1993 roku były one zmuszone kupować pluton-238 od Rosji (w sumie 16,5 kg), która ostatecznie zaprzestała jego sprzedaży. W 2015 roku w USA podjęto decyzję o wznowieniu produkcji Pu-238. Produkcja ma wynieść docelowo około 1,5 kg rocznie w połowie lat dwudziestych obecnego stulecia. Jak widać, ponowne rozpoczęcie produkcji jest bardzo czasochłonne

i drogie.

Jednak na horyzoncie pojawiło się jeszcze jedno rozwiązanie problemu ograniczonej ilości Pu-238. Europejska Agencja Kosmiczna ESA postawiła na inny pierwiastek. Ameryk-241 jest pierwiastkiem o gorszych parametrach niż Pu-238, niemniej jednak jest o wiele tańszy w pozyskaniu i zdecydowanie dostępniejszy. Występuje on w dużych ilościach jako produkt rozpadu paliwa nuklearnego używanego w cywilnych siłowniach jądrowych (Am-241 powstaje w rozpadzie β beta Pu-241). Niestety w procesie połowicznego rozpadu emituje około 1/4 ilości ciepła wytwarzanego przez Pu-238 czyli 115 W/kg, oraz wymaga użycia solidniejszych osłon ze względu na promieniowanie przenikliwe gamma.

Do wyprodukowania 10 kg ameryku, potrzeba około 250kg zużytego paliwa jądrowego. Zaletami Am-241 niewątpliwie jest jego czystość po wyodrębnieniu na poziomie niemal 100%, oraz połowiczny rozpad wynoszący 432 lata, co teoretycznie czyni go źródłem ciepła i napięcia przez kilkaset lat. Jeżeli ESA zdecyduje się na stosowanie ameryku jako paliwa w swoich RTG, będzie to oznaczać potrzebę zbudowania odpowiedniego zaplecza do masowej ekstrakcji tego pierwiastka (liczonej w kilku kilogramach rocznie), niemniej jednak jej koszt będzie liczony w dziesiątkach milionów dolarów a nie setkach, jak ma to obecnie miejsce przy instalacjach do produkcji niewielkich ilości Pu-238 w USA. Zużyte paliwo jądrowe jest magazynowane w wielu krajach stosujących siłownie atomowe, miedzy innymi w UK oraz Francji.

W roku 1954 w Mound Laboratories naukowcy Ken Jordan oraz John Birden opracowali pierwszy RTG, a po raz pierwszy użyto go w przestrzeni kosmicznej w 1961 roku w satelicie Transit 4A. Wtedy też udowodniono ogromną przydatność nowo opracowanego RTG, jako niezawodnego źródła zasilania. Od tego czasu RTG jest nieprzerwanie używane zarówno w przestrzeni kosmicznej jak i na ziemi. RTG był źródłem zasilania dla wielu misji, między innymi dla Pioneer 10, Pioneer 11, Voyager 1, Voyager

2, Galileo, Ulysses, Cassini, New Horizons oraz Mars Science Laboratory. Wiele z nich jak sondy Voyager wystrzelone w 1977 roku, nadal nieprzerwanie przesyłają informacje na Ziemię z granic Układu Słonecznego i szacuje się, że będą działać nieprzerwanie do 2025 roku.

Oczywiście poza USA, RTG były również uwielbiane przez Związek Radziecki, który ochoczo stosował je na rozległych połaciach swojego kraju, jako źródła zasilania wszelakich bezobsługowych radiolatarni lub boi nawigacyjnych. Najczęściej stosowanym pierwiastkiem przez sowietów był stront-90, jako tanie oraz szeroko dostępne paliwo pochodzące z odpadów radioaktywnych. Jego połowiczny rozpad wynosi 28,8 lat, więc jest o wiele mniej atrakcyjnym izotopem niż Pu-238, także ze względu na znacznie mniejszą ilość wypromieniowywanej energii. Sowieci stworzyli około 1000 takich bateryjek, które z biegiem lat zostały pozostawione samym sobie. Wiele z nich zaginęło, zostało rozkradzionych lub po prostu nie można ustalić ich miejsca użytkowania.

Od czasu zaprojektowania i wdrożenia pierwszego RTG, powstało kilka modyfikacji podnoszących jego wydajność, niemniej jednak ogólna zasada działania pozostaje ta sama. Tak więc na obecną chwilę nie ma nic lepszego, co mogło by zastąpić radioizotopowy generator termoelektryczny.

Pisząc o produkcji promieniotwórczych izotopów, miejsc i państw które je stosują i wytwarzają, trudno pominąć Chiny. W ostatnich latach ten ludny kraj coraz śmielej poczyna sobie na arenie międzynarodowej. Przez dziesięciolecia postrzegany jako abstrakcyjny mariaż komunizmu z wolnorynkową gospodarką, skąd pochodzi każdy podrobiony produkt z zakopiańskimi ciupagami włącznie, oraz gdzie za miskę ryżu ludzie pracują po 16 godzin dziennie, Chiny w wysoko podniesioną głową zaczynają kreować się na lidera azjatyckiej części świata.

Miliony małych, zręcznych rączek usypują kolejne sztuczne wyspy na morzu południowochińskim, tym samym zagarniając

kolejne lądy i morza dla siebie. W wielu dziedzinach Chiny już prześcignęły technologicznie USA, a widząc postępy jakie czynią w badaniu przestrzeni kosmicznej, można spokojnie zaryzykować stwierdzenie, że są w ścisłej czołówce państw podbijających kosmos. W krótkim czasie dokonali tego, co Związkowi Radzieckiemu i USA zajęło dziesięciolecia. Wystarczy wspomnieć o największym na świecie radioteleskopie FAST, orbitalnej, załogowej stacji Tiangong czy bezzałogowym programie eksploracji Księżyca Chang'e. W ramach tego programu Chińczycy umieścili na Księżycu lądownik wraz z łazikiem Yutu. W wielu miejscach w Internecie, nieoficjalna specyfikacja techniczna lądownika jak i łazika wspomina o użyciu izotopów plutonu w RTG jak i RHU (jednostka podgrzewająca). Niestety, nie natrafiłem na oficjalną specyfikację a jedynie na ten dokument. Mimo to, wszystko wskazuje, że zestaw lądownika wraz z łazikiem wykorzystują najprawdopodobniej Pu-238. Tak więc można domniemywać, że Chińczycy są w stanie sami go wyprodukować, nikomu się nie chwaląc, co zresztą nie powinno nikogo dziwić. Jeśli jest się w stanie wysłać człowieka na orbitę, łazik na Księżyc, to czy produkcja RTG jest równie doniosłym wyczynem? Pogłoski mówią, że mogli zakupić nieco towaru od Rosjan, ale wydaje się to mało prawdopodobne, jeśli Rosjanie też dawno zaprzestali produkcji Pu-238.

Jak by nie patrzeć, Chiny należą do wąskiego grona atomowych mocarstw, więc coś tam muszą wiedzieć o promieniotwórczości. Na „AliExpress" zapewne swoich nuke'ów nie kupili. Kolejnym milowym krokiem ma być wysłanie chińczyka (tajkonauty) na Księżyc, czym udowodniliby swój wysoce zaawansowany poziom technologiczny, który mógłby w moim przekonaniu przyćmiony jedynie przez lądowanie człowieka na Marsie, na który z kolei nie zanosi się w bliższej i tej nieco dalszej przyszłości.

Autorstwo: Piotr Piekarczyk
Źródła: CosmicBulletin.wordpress.com, WolneMedia.net