

ELEKTROMOBILNOŚĆ W DRODZE NA ORBITĘ [ANALIZA]

- Napędy elektryczne dla satelitów charakteryzuje wysoki impuls właściwy,
- Zastępując napęd chemiczny elektrycznym można odciążyć satelitę lub zyskać więcej miejsca na ładunek użyteczny,
- Wadą tego rozwiązania jest kilkumiesięczny okres potrzebny na dotarcie satelity na GEO,
- Do końca obecnej dekady połowa wytwarzanych komercyjnych satelitów komunikacyjnych będą to urządzenia all-electric.

Silniki elektryczne mogą napędzać satelity z imponującą efektywnością. Tego typu systemy napędowe są też znacząco mniejsze i lżejsze od swoich chemicznych odpowiedników, co pozwala bądź to minimalizować rozmiar satelity, bądź też wygospodarować na urządzeniu typowej wielkości więcej miejsca na ładunek użyteczny. Ceną skorzystania przez operatora z napędu wyłącznie elektrycznego jest jednakże konieczność kilkumiesięcznego oczekiwania na zajęcie przez satelitę docelowej orbity.

Elektryczne jednostki napędowe na różne sposoby wykorzystują energię elektryczną do tego, żeby napędzać satelity. Źródłem tej energii są najczęściej panele fotowoltaiczne. Szeroko stosowanym, choć niejedynym przykładem silników elektrycznych dla pojazdów kosmicznych są silniki jonowe. Czynnikiem nośnym w takiej jednostce napędowej są jony. Jony te rozpędza się w polu elektrycznym, a następnie są one wyrzucane, nadając statkowi ciąg.

Tego rodzaju systemy są od lat z powodzeniem wykorzystywane do utrzymywania przez satelity właściwych orbit. Chodzi mianowicie o korygowanie trajektorii przez te urządzenia, które znalazły się już na swojej docelowej orbicie i pełniąc swą służbę regularnie okrążają planetę, co wiąże się z koniecznością poprawiania od czasu do czasu toru swojego lotu. Koncern Airbus ma przykładowo już ponad 12 lat doświadczenia w takim zastosowaniu silników elektrycznych.

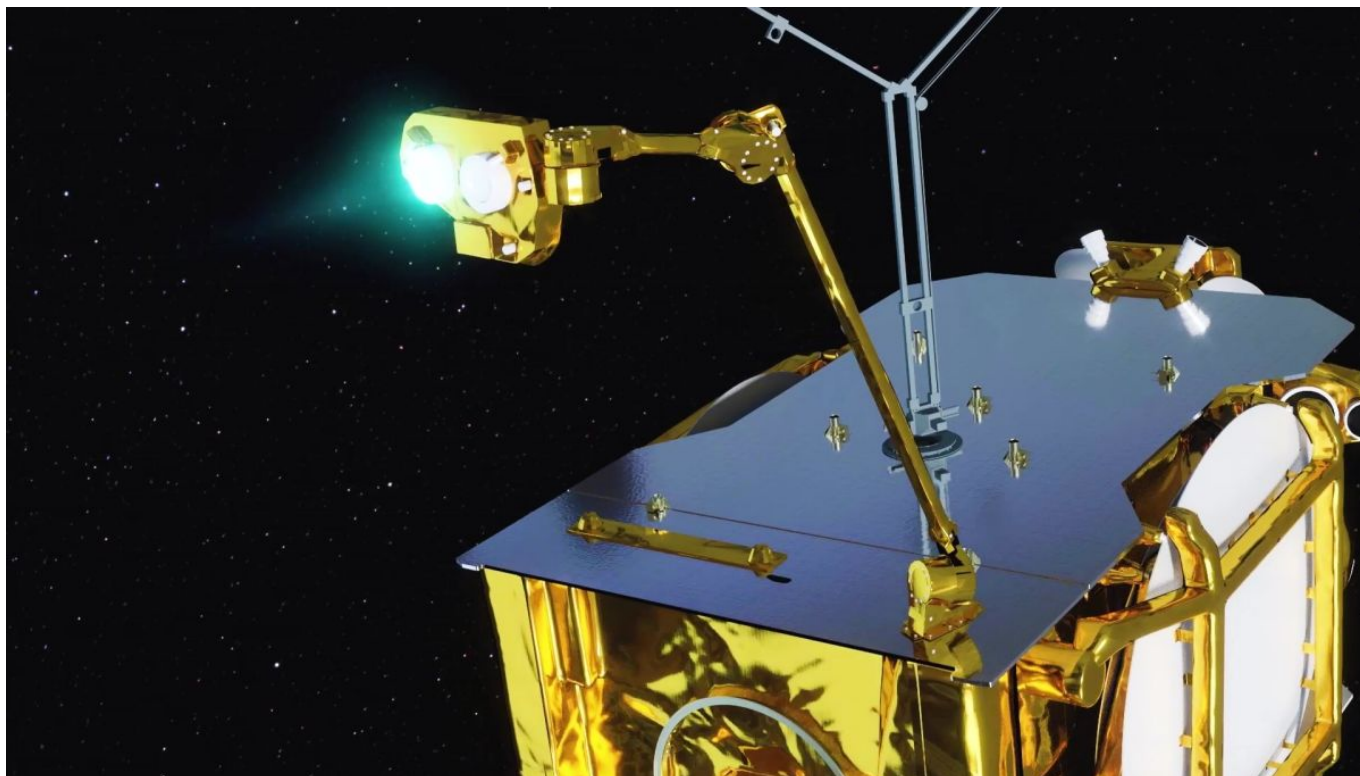
Elektryczny transfer

Stosunkowo nowym rozwiązaniem jest natomiast zastosowanie silników elektrycznych w samym procesie wprowadzania satelity na właściwą orbitę. Problem dotyczy przede wszystkim satelitów kierowanych na orbitę geostacjonarną (GEO). Silnik elektryczny może mianowicie zastąpić tradycyjny napęd chemiczny przy transferowaniu urządzenia z geosynchronicznej orbity transferowej (GTO), gdzie dostarczyła go rakieta nośna, właśnie na GEO.

Satelita o napędzie wyłącznie elektrycznym (*all-electric satellites*) wykorzystuje zatem taki rodzaj napędu nie tylko do utrzymywania się na właściwej orbicie docelowej, ale także do samego dostania się na tę pożądaną trajektorię.

Pierwsze takie satelity, wyprodukowane przez Boeinga, zostały wyniesione w przestrzeń kosmiczną w 2015 r. Były to dwa bliźniacze urządzenia telekomunikacyjne, ważące po około 2 tony. Zbudowano je

na platformie 702SP. Odbiorcą jednego z nich był Eutelsat, drugiego firma Asia Broadcast Satellite (ABS) z Bermudów. Wystrzelone razem ważyły przy starcie około 50% masy pary odpowiadających im tradycyjnych satelitów z napędem chemicznym. Podwyższenie orbity z GTO do GEO zajęło satelicie ABS 8 miesięcy.



Artystyczna wizja satelity Eutelsat-172B. Ilustracja: Airbus Defence and Space

Pionierski w pełni elektryczny europejski satelita komunikacyjny to Eutelsat-172B, skonstruowany przez Airbus Defence and Space. Wystrzelone z Gujany Francuskiej na początku czerwca 2017 r. urządzenie miało masę startową na poziomie 3550 kg. Zbudowany na platformie Eurostar E3000 Eutelsat-172B osiągnął swój slot na orbicie geostacjonarnej po zaledwie czterech miesiącach od znalezienia się w kosmosie. Było to możliwe dzięki zastosowaniu efektywnego wariantu silnika elektrycznego, działającego w oparciu o efekt Halla.

Czytaj też: [W pełni elektryczny satelita Airbusa szybko osiągnął GEO](#)

Zalety *all-electric satellites*

Satelity napędzane silnikami jonowymi mają liczne zalety. Jednak ich podstawowym atutem, z którego de facto wynika wiele pozostałych korzyści, jest bardzo wysoki impuls właściwy. Oznacza to, że tego typu jednostki napędowe charakteryzują się nadzwyczaj korzystną relacją pomiędzy popędem wytworzonej siły ciągu, a masą potrzebnego do tego celu materiału pędnego.

Napęd elektryczny jest co najmniej o rząd wielkości bardziej wydajny niż standardowy napęd chemiczny do satelitów.

Jose Gonzalez Del Amo, specjalista od napędów elektrycznych w ESA

W efekcie silnik elektryczny, a w szczególności zapas gazu, służącego do pozyskiwania jonów na rzecz napędzania satelity (np. ksenonu) zajmują istotnie mniejszą objętość i wagą znacząco mniej, niż ma to miejsce w przypadku tradycyjnego napędu chemicznego i niezbędnego dlań materiału pędnego. W efekcie masa startowa satelity all-electric z konkretnym ładunkiem użytecznym może być o 40, a nawet 50 proc. mniejsza od masy jego odpowiednika z napędem chemicznym.

Mniejszy satelita może zostać wyniesiony w kosmos z użyciem mniejszej rakiety nośnej. To z kolei pozwala w dużym stopniu obniżyć cenę jego wystrzelenia. Na takie rozwiązanie zdecydował się przykładowo Eutelsat w przypadku wspomnianego statku Eutelsat-172B. Dzięki zastosowaniu napędu elektrycznego satelita ważył na starcie ok. 3,5 tony. Gdyby wykorzystano napęd chemiczny ta masa kształtowałaby się na poziomie ponad 6 ton. Minimalizując wagę urządzenia Eutelsat mógł opłacić jego wyniesienie za pomocą tańszego wariantu rakiety Ariane 5. Operator może też zdecydować się na wykorzystanie mocniejszej rakiety do wyniesienia dwóch takich satelitów naraz, co również pozwala w ogólnym rozrachunku obniżyć koszty.

Istnieje jednak jeszcze druga możliwość. Stosując silnik jonowy można pokusić się o wystrzelenie satelity o takiej samej masie, jaką miałby na starcie analogiczny satelita na chemiczny materiał pędny. W tym przypadku jednak istotnie większy procent tak masy, jak i objętości całego urządzenia, operator może spożytkować na rozmieszczenie ładunku użytecznego. Umożliwia to w efekcie zamontowanie na pokładzie takiej jednostki bardziej zaawansowanej, wydajnej, czy mocniejszej aparatury – na przykład telekomunikacyjnej na rzecz zapewnienia dostępu do internetu dla pasażerów linii lotniczych. Z takiej możliwości – zwiększenia ładunku na satelicie dzięki zastosowaniu napędu elektrycznego – skorzystał choćby luksemburski telekom SES w przypadku satelity SES-12.

Wykorzystanie silników jonowych wiąże się też ze zmniejszeniem zagrożenia występującego jeszcze na Ziemi, kiedy to satelita zamontowany jest na ustawionej na platformie startowej rakiecie nośnej. Rezygnacja z chemicznego paliwa dla jego silników oznacza większe bezpieczeństwo pracy obsługi naziemnej danej misji kosmicznej.

Wady satelitów z napędem wyłącznie elektrycznym

Podstawowym minusem wyposażenia satelity jedynie w silniki elektryczne jest długi czas jakiego potrzeba, by takie urządzenie weszło na orbitę docelową. Podczas, gdy napęd chemiczny może wprowadzić statek kosmiczny z GTO na GEO w ciągu kilku dni, dla satelitów *all-electric* okres takiego transferu wynosi od czterech do ośmiu miesięcy. Z powyższym wiąże się również dłuższe przebywanie przez pojazd kosmiczny w niesprzyjającej elektronice pokładowej strefie podwyższonego promieniowania.

Ponieważ silniki jonowe wytwarzają bardzo mały ciąg, manewrowanie satelitą za ich pomocą jest procesem mocno rozciągniętym w czasie. Niekiedy, ów brak zdolności do szybszej zmiany toru lotu może sprowadzić na pojazd kosmiczny niebezpieczeństwo.

Na skutek anomalii przy odłączaniu się od rakiety nośnej satelita może znaleźć się poza kontrolą. Napęd elektryczny nie będzie mógł łatwo skorygować jego [toru lotu], jeśli coś takiego się wydarzy. Do tego potrzebne są silniki chemiczne.

Inne potencjalne niedogodności związane z użyciem silników elektrycznych dla satelitów wskazał podczas konferencji Satellite 2017 w marcu ub. r. Mike Glogowski z firmy Orbital ATK.

Mogą one również powodować erozję materiałów powierzchniowych, co prowadzi także do osadzania się zanieczyszczeń na powierzchniach statków kosmicznych. Wiążą się z nimi [napędami elektrycznymi] także potencjalne zakłócenia elektro-dynamiczne, które wszystkie trzeba brać pod uwagę, a także są bardzo drogie w porównaniu do systemu chemicznego.

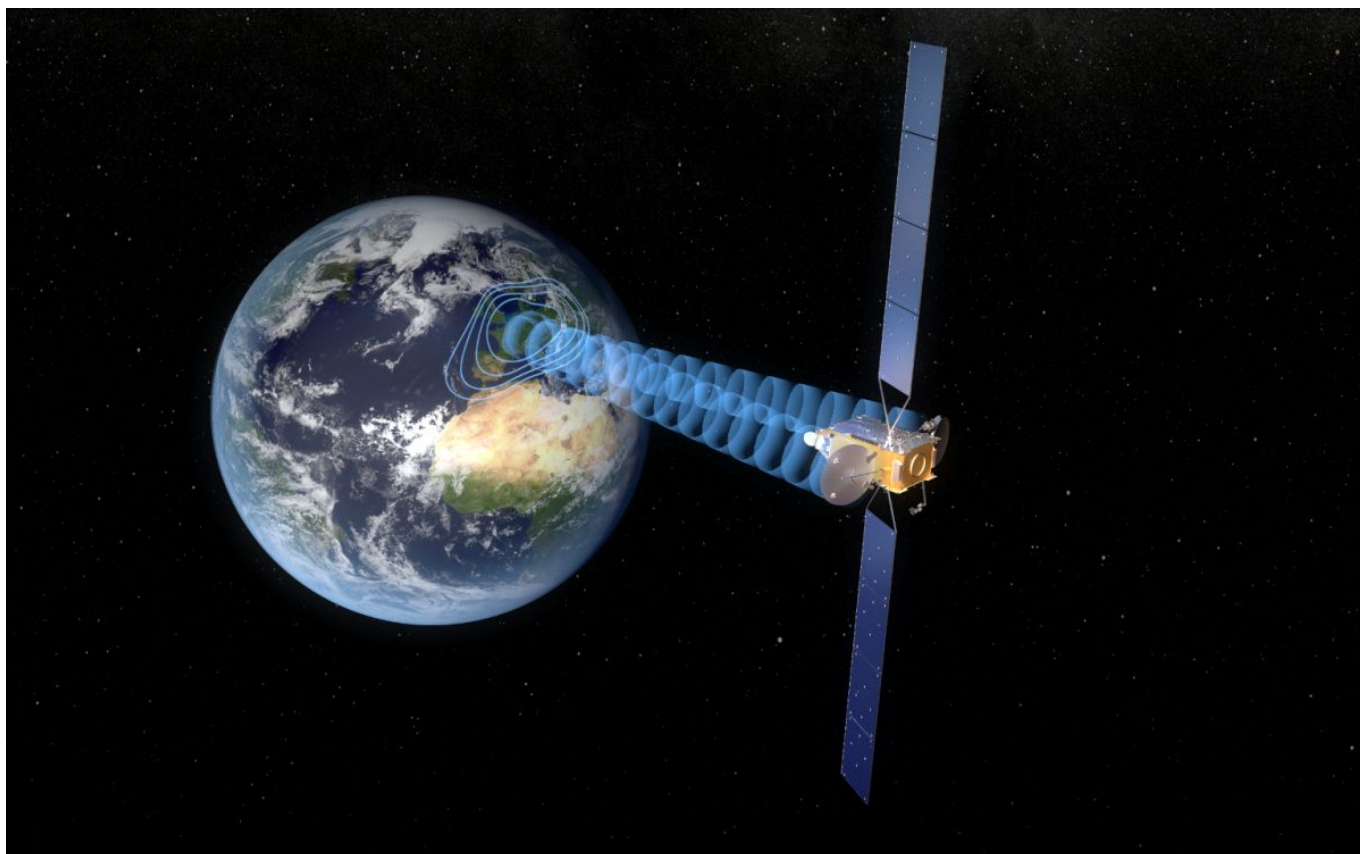
Mike Glogowski, dyrektor ds. napędów w Orbital ATK

Sposoby na skrócenie transferu

Jak już wyżej wspomniano, podstawową niedogodnością wynikającą z wyposażenia satelity tylko w napęd elektryczny jest konieczność długiego, wielomiesięcznego oczekiwania na to, aż zajmie on właściwą pozycję na orbicie geostacjonarnej. Producenci już pracują nad rozwiązaniami, które pozwolą ten czas skrócić.

Jedną z opcji zakłada wykorzystanie podczas transferu do zasilania napędu głównie energii elektrycznej zgromadzonej w zabranych z Ziemi akumulatorach i poleganie w mniejszym stopniu na panelach słonecznych. Dzięki temu silnik elektryczny mógłby pracować bardziej efektywnie.

Inną możliwością to wykorzystanie rakiety nośnej do dostarczenia pojazdu znacznie bliżej orbity geostacjonarnej, niż praktykuje się to zwykle w przypadku typowego wynoszenia satelitów na geosynchroniczną orbitę transferową. Taka furtka znalazła zastosowanie w maju 2017 r., kiedy to satelita SES-15 odłączył się od górnego stopnia rakiety Sojuz będąc w odległości ok. 5 tys. km od orbity geostacjonarnej. Optymalne wykorzystanie systemu nośnego pozwoliło w tym przypadku skrócić czas transferu satelity z GTO na GEO mniej więcej o cztery tygodnie.



Satelita na platformie SmallGEO w wersji "Electra". Ilustracja: OHB System AG

Odmienne podejście prezentuje w tej materii niemieckie przedsiębiorstwo OHB. Inżynierowie tej firmy dążą do tego, by ich satelity *all-electric* budować na tyle sprawnie, żeby ten wyjątkowo krótki czas produkcji rekompensował operatorowi zwłokę, związaną z kilkumiesięcznym transferem urządzenia na GEO. Konstruowane przez OHB satelity z napędem wyłącznie elektrycznym powstają na platformie SmallGEO. W wersji *all-electric* są noszą one oznaczenie „Electra”. Rozwój Electry wsparła finansowo Europejska Agencja Kosmiczna.

Czytaj też: [Opóźnienia satelitów SmallGEO. OHB dąży do przyśpieszenia produkcji](#)

Prognozy rynkowe

Zgodnie z przewidywaniami ekspertów do 2020 r. połowa produkowanych komercyjnych satelitów telekomunikacyjnych będzie wyposażona już tylko w napęd elektryczny. Celem zapewnienia, że europejscy producenci satelitów będą się w przyszłości liczyć na rynku, francuska agencja kosmiczna CNES wyasygnowała w 2015 r. 30 mln USD na rozwój europejskich technologii napędów elektrycznych.

Tego rodzaju wysiłki wspomaga też ESA w ramach programu NEOSAT, na rzecz rozwoju nowoczesnych platform satelitarnych w Europie. Wszystko po to, by w latach 2018-2030 producenci satelitów ze Starego Kontynentu mogli zachować pięćdziesięcioprocentowy udział w rynku wytwarzania satelitów komunikacyjnych, który powinien osiągnąć wtedy wartość 25 mld euro.

W najbliższej przyszłości silniki elektryczne będą coraz szerzej wykorzystywane również w satelitach obserwacji Ziemi czy przy okazji misji naukowych. To rozwiązanie jest także optymalne dla satelitów dedykowanych serwisowaniu innych satelitów na orbicie.

Czytaj też: [Serwisowanie satelitów. Technologia mogąca zrewolucjonizować rynek operatorów satelitarnych \[ANALIZA\]](#)

Ze względu na wielotygodniowy okres pomiędzy wystrzeleniem nowego satelity a dotarciem na orbitę docelową, kupnem satelitów *all-electric* mogą być potencjalnie zainteresowane duże koncerny – gracze okrzepnięci na rynku. To oni, mając stabilne przychody i duże floty własnych urządzeń w kosmosie, mogą sobie pozwolić na racjonalne zarządzanie w długim horyzoncie czasowym i powolną wymianę starszych satelitów na nowe, poruszające się wolniej, gdyż wyposażone wyłącznie w silniki elektryczne.

Dla startupów i małych firm które rozpoczynają działalność, konieczność odczekania dodatkowych kilku miesięcy na to, aż satelita osiągnie gotowość operacyjną, może być trudną do przeskoczenia przeszkodą. Odsuwa to bowiem w czasie możliwość świadczenia usług, które dopiero przyniosą takiemu przedsiębiorstwu istotne przychody.

Sami producenci satelitów będą najpewniej starali się pozostać w swojej ofercie możliwie elastyczni, dopasowując produkty do specyficznych oczekiwań wyrażanych przez konkretnych klientów. Będą więc dalej produkować tak satelity z silnikami elektrycznymi, jak i te tradycyjne, wyposażone w jednostki na chemiczny materiał pędny.

Nasz wniosek z dyskusji ze wszystkimi światowymi liderami jest taki, że parcie w kierunku napędu elektrycznego jest oczywiste, ale wielu producentów chce pozostać elastycznymi, co oznacza, że mają oni możliwość zaoferowania swoim klientom każdego rodzaju napędu do różnych misji. Będzie rynek dla napędu chemicznego, będzie dla napędu elektrycznego i będzie dla hybryd. Trzeba mieć zdolność napędzania [satelitów] silnikami chemicznymi, ale także mieć zdolność napędzania silnikami elektrycznymi.

Josef Koecher, dyrektor ds. napędów orbitalnych w ArianeGroup

Wygląda zatem na to, że producenci satelitów jeszcze długo będą oferować swoim klientom także rozwiązania hybrydowe. Satelity wyposażone tak w silniki chemiczne, jak i w elektryczne, mogą, przynajmniej w pewnym stopniu, korzystać z atutów każdego z tych systemów napędowych.