

Motoszybowiec z napędem elektrycznym Windex

Ulf Ringertz,

Królewska Wyższa Szkoła Techniczna KTH, Sztokholm, Szwecja

Artykuł ukazał się pierwotnie w „Nordic Gliding & Aviation Magazine”. Redakcja dziękuje panu Jensowi Tralobowi za udostępnienie tekstu wraz z ilustracjami oraz za wyrażenie zgody na publikację w „Technice Lotniczej i Astronautycznej”.

Streszczenie

W artykule przedstawiono motoszybowiec z napędem elektrycznym, który powstał na bazie motoszybowca Windex, pierwotnie napędzanego silnikiem spalinowym. Przedstawiono rozwój konstrukcji, dobór układu napędowego, a także planowane wykorzystanie motoszybowca jako narzędzia dydaktycznego w Królewskim Instytucie Technologicznym w Sztokholmie.

Słowa kluczowe: motoszybowiec, napęd elektryczny, badania w locie

Wprowadzenie

Królewska Wyższa Szkoła Techniczna (KTH) w Sztokholmie otrzymała od firmy Saab z Linköping motoszybowiec Windex o napędzie elektrycznym. Nie był to pierwszy szybowiec na tej uczelni, gdyż od 20 lat posiadała ona na wyposażeniu laboratoriów szybowiec ASK 21, który przez wiele lat był używany jako oprzyrządowana platforma danych. Pierwotna wersja Windexa 1200 została opracowana 40 lat temu przez zespół projektowy, w którym uczestniczył profesor Królewskiej Wyższej Szkoły Technicznej Sven-Olof Ridder. Jest on także twórcą wiatrowskazu Windex, który sprzedał się w liczbie około 1,5 miliona sztuk. Większość seryjnych motoszybowców Windex została wyposażona w małe silniki spalinowe Limbach L275, dwucylindrowe dwusuwowe o mocy ok. 17 kW, a także w silniki König. Osobliwością tego motoszybowca jest

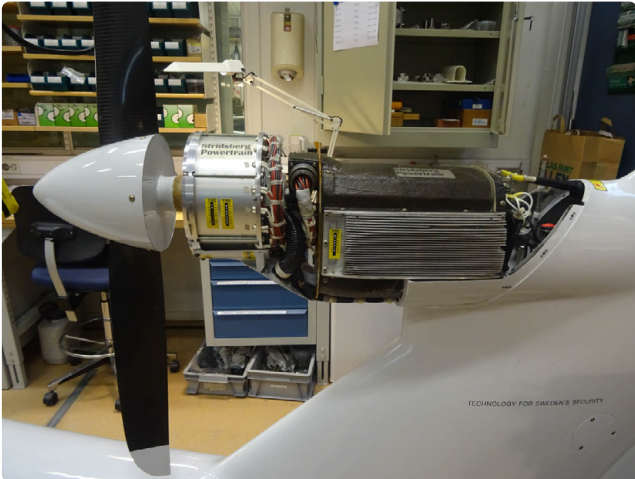
umieszczenie silnika napędowego w gondoli na stateczniku pionowym, mniej więcej w połowie jego wysokości, przy czym śmigło pracuje jako ciągnące. Łącznie zbudowano około 10 motoszybowców Windex i jest to typ, który stał się źródłem inspiracji do eksperymentowania. Na przykład słynny szwedzki wynalazca Bengt Göök zmodernizował swojego Windexa, dodając samodzielnie zbudowany silnik dwusuwowy z piły łańcuchowej. Na zdjęciu (ryc. 1) widnieje motoszybowiec Windex 1200 z napędem spalinowym, natomiast tabela 1 zawiera podstawowe dane techniczne.

Tabela 1. Dane techniczne motoszybowca Windex 1200 z napędem na silnik spalinowy

| Parametr | Jednostka |
|---------------------------|--|
| Rozpiętość | 12,1 m |
| Długość | 4,92 m |
| Powierzchnia nośna | 7,41 m ² |
| Masa własna | 210 kg |
| Maksymalna masa startowa | 310 kg |
| Napęd | Limbach L275 2 cyl. 2 suw, 17 kW lub König 3 cyl. dwusuwowy, 15 kW |
| Zbiorniki paliwa | 2 x 15 l w skrzydle + 4 l w kadłubie |
| Prędkość maksymalna | 220 km/h |
| Doskonałość | 36 przy 100 km/h |
| Dopuszczalne przeciążenia | +9/-7 |



Ryc. 1. Motoszybowiec Windex 1200 z napędem na silnik spalinowy



Ryc. 2. Elektryczny układ napędowy motoszybowca Windex MERA, starsza wersja



Ryc. 3. Balast w miejscu wbudowanego silnika spalinowego

Projekt MERA Windex

W Królewskiej Wyższej Szkole Technicznej motoszybowiec Windex był wykorzystywany jako platforma technologiczna dla projektu samolotu elektrycznego „More Electric Research Aircraft” (MERA), który został opracowany przez firmę Saab w Linköping przy wsparciu finansowym szwedzkiego Försvarets Materielverk (FMV). Pierwszy prototyp wersji elektrycznej był wyposażony w opracowany w Szwecji silnik elektryczny (ryc. 2), akumulatory Saft oraz elektronikę zarządzania energią. Służył jako demonstrator technologii, a także był wykorzystywany w celu zdobycia doświadczenia w praktycznym użytkowaniu statku powietrznego z napędem na silnik elektryczny. Pierwszy lot odbył się w 2009 r., a przed zakończeniem projektu w 2010 r. przeprowadzono krótki program testów w celu weryfikacji założeń i testowania technologii. Od tego czasu samolot stał beczynnie.

Obecnie motoszybowiec Windex Królewskiej Wyższej Szkoły Technicznej ponownie znalazł się w rejestrze cywilnych statków powietrznych Szwecji, pod auspicjami KST z odłotową rejestracją SE-XSY i statusem „Eksperymentalny”. Rejestracja w tej kategorii pozwoliła na wykonanie w sezonie 2022 łącznie 26 godzin lotów próbnych ze zdemontowanym układem napędowym (ryc. 3). Odbyło się to w ramach programu testów w celu uzyskania ostatecznego świadectwa zdadności do lotu. Pilotem testowym był autor artykułu.

Podczas programu testowego dużą pomocą służył Sakki Havbrandt, który był jedną z bardzo zaangażowanych osób w budowę oryginalnego motoszybowca Windex 40 lat temu, a także miał okazję pełnić rolę pilota holującego w samolocie Piper Pawnee podczas pierwszego lotu. Ponieważ Windex jest bardzo lekki i chwiejny w płaszczyźnie podłużnej z niewielkimi siłami na sterze wysokości, omal nie doszło do utraty sterowności. Na zdjęciach (ryc. 4, 5 i 6) pokazano przygotowania do oblotu, start oraz widok z kabiny podczas lotu.



Ryc. 4. Przygotowania do oblotu wersji beznapędowej



Ryc. 5. Oblot motoszybowca Windex po zdemontowaniu układu napędowego. Holowanie do startu za samolotem Piper Pawnee



Ryc. 6. Widok z kabiny podczas lotu



Ryc. 7. System napędowy FES przed montażem

Nowy układ napędowy

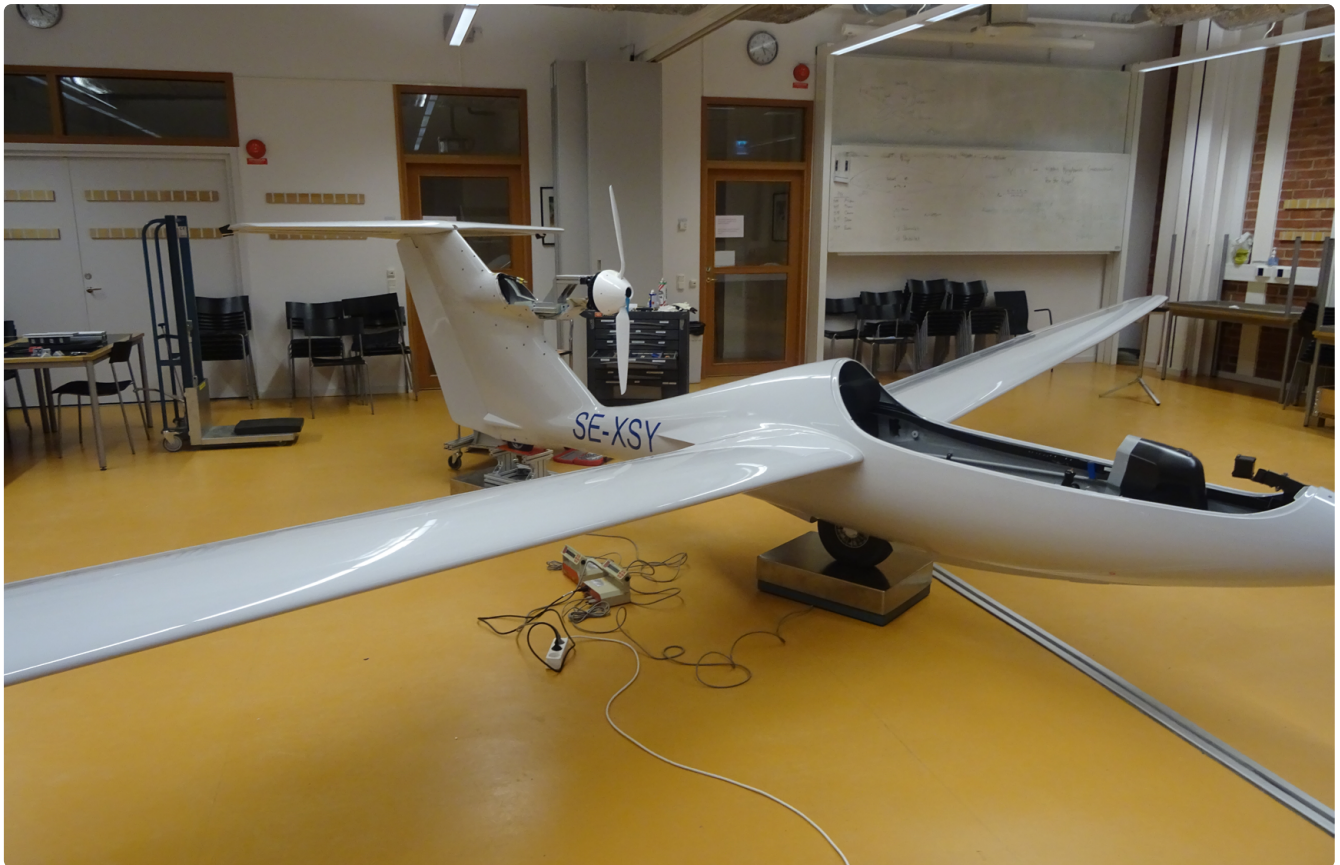
Dla zespołu KTH w Sztokholmie pojawiło się kilka zadań związanych z najnowszą wersją motoszybowca Windex. Stary prototypowy układ napędowy z jednorazowymi akumulatorami, który nie był ładowany od 14 lat, ma zostać zastąpiony popularnym systemem FES ze składanym śmigłem (ryc. 7, 8, 9). Jest to certyfikowany system, który został zbudowany w ponad 300 egzemplarzach szybowców.

Projekt modernizacji motoszybowca posiada ważną zaletę, mianowicie akumulatory zasilające silnik napędowy, zamiast w kadłubie (jak to ma miejsce w typowych rozwiązaniach konstrukcyjnych szybowców z samostartem), będą zamontowane w skrzydłach. Podobne rozwiązanie zastosowano w szybowcach Antares i AS33 Me/AS34 Me. Oznacza to, że muszą zostać zaprojektowane nowe akumulatory, co samo w sobie jest dużym zadaniem pod względem bezpieczeństwa i certyfikacji.

Nie jest obecnie jeszcze pewne, czy nowy system napędu na silnik elektryczny będzie służył jako tzw. samostart, umożliwiający samodzielny start, czy też będzie uruchamiany w powietrzu i stosowany jako napęd wspomagający wznoszenie lub umożliwiający dojazd do lotniska. Udowodniono, że w oryginalnym motoszybowcu Windex 1200 silnik uruchamia się samodzielnie podczas lotu, ale obecnie istnieją wymagania dotyczące prędkości wznoszenia, zgodne ze standardem certyfikacji CS-22, a poza tym potrzebny jest pewien zasięg w powietrzu po starcie. Wymóg normy CS-22 określa minimalne wznoszenie 0–360 metrów w czasie krótszym niż 240 sekund, czyli średnio 1,5 m/s. Zatem na ostateczne rozstrzygnięcie tej kwestii jest jeszcze za wcześnie. Póki co prowadzone są testy i pomiary elektryczne systemu w warunkach laboratoryjnych (ryc. 10). Ponadto trwają prace nad „ukompletowaniem” wyposażenia pokładowego (ryc. 11).



Ryc. 8. Elektryczny system napędowy FES zabudowany w gondoli



Ryc. 9. Windex z systemem FES



Ryc. 10. Próby i pomiary elektryczne systemu FES w laboratorium

Plany na przyszłość

Pod patronatem KTH W Sztokholmie motoszybowiec Windex będzie wykorzystywany w projektach akademickich z udziałem studentów, m.in. w zakresie mechaniki lotu i aeroelastyczności. Posiadanie obiektu rzeczywistego, latającego samolotu w laboratorium jest ważne i z całą pewnością uatrakcyjni i merytorycznie wzbogaci program studiów. Możliwość pracy z prawdziwym samolotem jest ekscytująca dla studentów. Motoszybowiec został oprzyrządowany, wyposażony w przetworniki i aparaturę pomiarową, a dzięki temu można monitorować w czasie rzeczywistym dane dotyczące ustawienia steru wysokości i klap skrzydłowych. Informacje te można wykorzystać do dalszych działań analitycznych, obliczeń czy symulacji. Ponadto studenci mogą też wyznaczyć wyważenie motoszybowca i skorelować to z wynikami pomiarów stateczności podłużnej. Na skorupie struktury motoszybowca Windex wyznaczono punkty charakterystyczne, które zostały oznaczone markerami (ryc. 12). Dzięki tym punktom możliwe będzie skanowanie 3D i optyczny pomiar odpowiedzi dynamicznej, którą struktura motoszybowca reaguje na wymuszenia – obciążenia podczas



Ryc. 11. Tablica przyrządów pokładowych

lotu. Cyfrowy model samolotu umożliwi zaawansowane obliczenia i symulacje z zakresu aeroelastycznością, która jest interakcją pomiędzy siłami aerodynamicznymi a elastycznością strukturalną konstrukcji lotniczej. Rozpoznawanie zjawiska trzepotania usterzeń czy skrzydeł ma zasadnicze znaczenie w analizie bezpieczeństwa konstrukcji lotniczych. Wibracje konstrukcyjne mogą zostać wzmocnione przez siły aerodynamiczne, co może prowadzić do trzepotania i groźnej awarii, nierzadko katastrofy. Marginesy bezpieczeństwa dla większości samolotów pasażerskich, którymi regularnie się lata są bardzo małe, dlatego też ważne jest, aby za pomocą eksperymentów i analiz wykazać, że podczas normalnych operacji lotniczych nie wystąpi żadna niestabilność aeroelastyczna.

Przykładem takiej sytuacji jest incydent z 2016 r., który miał miejsce na lotnisku Landvetter w Göteborgu. Przy starcie samolotu Avro 146 nastąpiło trzepotanie usterzeń. Okazało się, że samolot przed startem nie został odpowiednio odlodzony, a układ sterowania był bardzo wrażliwy na ciężar dodatkowego lodu na powierzchniach sterowych. Na szczęście pomimo gwałtownego trzepotania załoga udało się zmniejszyć prędkość i wylądować bez uszkodzeń.



Ryc. 12. Punkty na strukturze płatowca oznaczone markerami do skanowania 3D