

Łopata wirnika o regulowanym kształcie

Przedmiotem wynalazku jest łopata wirnika o regulowanym kształcie, zwłaszcza do wirników nośnych śmigłowca.

5 Dotychczas znane są łopaty wykonane z metalowych dźwigarów pokryte kompozytem, łopaty drewniane, łopaty metalowe lub łopaty kompozytowe. Ponadto dostępne łopaty występują w postaci prostokątnej lub zwężanej. Mogą być również skręcone liniowo, podwójnie-liniowo lub nieliniowo. Istnieją różne sposoby zwiększania osiągnięć aerodynamicznych wiroplątów, mające na celu modyfikację
10 łopat ich wirników.

Technologie aktywnego sterowania łopaty (Active Control Rotor Blade) oraz aktywnego skręcania łopaty (Active Twist Rotor Blade) opisywane są głównie w publikacjach naukowych. Z publikacji M. Miller, J. Narkiewicz, W. Kania, T. Czechyra, "The Application of Helicopter Rotor Blade Active Control Systems for
15 Noise and Vibration Reduction and Performance Improvement," no. 184, s. 164–180 znane są rozwiązania konstrukcyjne „inteligentnych” wirników (Smart Rotor) poprzez zastosowanie w aktywnym sterowaniu łopat elementów piezoelektrycznych. Elementy te instalowane są wewnątrz konstrukcji łopaty jako piezo-siłowniki lub piezo-kompozyty. Istnieje możliwość sterowania kątem wychylenia dodatkowej klapki
20 (na krawędzi spływu lub końcówce łopaty) lub odkształcania fragmentu łopaty w celu jej skręcenia. Aktywne sterowanie łopaty może dotyczyć jej fragmentu lub całej jej długości. W pracy J.J. Epps, I. Chopra, "In-flight tracking of helicopter rotor blades using shape memory alloy actuators," Smart Mater. Struct., vol. 10, no. 1, 2001, opisano koncepcję zastosowania drutów SMA jako elementów wzmacniających
25 strukturę nośną łopaty śmigłowca. W pracy Lachenal, S. Daynes, and P. M. Weaver, "Review of morphing concepts and materials for wind turbine blade applications," Wind Energy, vol. 16, pp. 283–307, 2013 zwrócono uwagę na dotychczas prowadzone badania i konsekwencje zastosowania materiałów inteligentnych, a mianowicie zmniejszenie oporu aerodynamicznego łopat, ograniczenie hałasu
30 i wibracji, ale także możliwość pojawienia się turbulencji. Wskazano na możliwość zmniejszenia obciążeń skrętnych łopat śmigłowca z siłownikami piezoelektrycznymi o 10%. Ważny jest brak ruchomych elementów i uproszczenie konstrukcji.

Z opisu zgłoszenia patentowego nr US 2017036752 (A1) znana jest aktywna łopata śmigła ze stopem z pamięcią kształtu. Przykładowa łopata zawiera korpus śmigła, płytę sprzężoną z korpusem śmigła, człon przenoszący moment obrotowy i siłownik ze stopu z pamięcią kształtu (SMA). Siłownik SMA ma dalszy koniec i bliższy koniec. Dalszy koniec siłownika SMA jest przymocowany do elementu przenoszącego moment obrotowy. Bliższy koniec siłownika SMA jest połączony z korpusem śmigła. Siłownik SMA jest skonfigurowany do przykładania momentu obrotowego do bliższego końca członu przenoszącego moment obrotowy w konsekwencji generowanego ciepła do siłownika SMA. Siłownik SMA jest owinięty spiralą podgrzewającą, na skutek której doznaje odkształcenia.

Z opisu patentowego nr US 6220550 (B1) znane jest urządzenie służące do odkształcania i poruszania powierzchniami aerodynamicznymi lub hydrodynamicznymi, w tym powierzchniami łopat wirników. Elementy zginane są i blokowane w jednym z co najmniej trzech stabilnych położeniach, w którym urządzenie, a zatem powierzchnie aerodynamiczne lub hydrodynamiczne, są utrzymywane przez siłę wytworzoną przez sprężyste odkształcenie zginanych członów. Ponieważ elementy zginane są zawsze elastycznie odkształcane, urządzenie zatrzymuje się pomiędzy dyskretnymi, stabilnymi pozycjami i jest mocno trzymane w każdym z nich. W innym przykładzie wykonania można zastosować więcej elementów zginających w celu zapewnienia dodatkowych stabilnych pozycji. W jednym zastosowaniu, urządzenie aktywne jest wykorzystywane jako tylna zakładka krawędziowa dla łopaty wirnika śmigłowca lub śmigła ogonowego do tłumienia drgań. Urządzenie może być uruchamiane ręcznie lub elektrycznie za pomocą drutów ze stopu z pamięcią kształtu, aby zapiąć elementy giętkie w ich różnych stabilnych położeniach.

Z opisu patentowego nr US 6135713 (A) znana jest aktywnie sterowana łopata wirnika śmigłowca zawierająca klapę z krawędzią spływu, uruchamianą przez szybko działający siłownik. Lekki, wytrzymały, szybko działający siłownik odpowiedni do stosowania jako siłownik klapowy składa się z pary siłowników kolumnowych wykonanych z inteligentnego materiału, takiego jak piezoelektryczny, magnetostrykcyjny, ze stopu z pamięcią kształtu lub innego materiału, który wykazuje zmianę kształtu pod wpływem bodźca zewnętrznego. Każdy z siłowników kolumn składa się z wielu piezoelektrycznych elementów ceramicznych połączonych ze sobą w pojedyncze kolumny. Napięcie różnicowe przyłożone do kolumn powoduje

wydłużenie różnicowe siłowników kolumny, co powoduje, że rura siłownika obraca się wokół osi prostopadle do czubków siłowników kolumny. Ruch rury siłownika jest sprzężony przez połączenie z klapą łopaty wirnika. Przeguby sferyczne są rozmieszczone pomiędzy siłownikami kolumny a rurą siłownika, aby zapobiec 5 przenoszeniu znacznych obciążeń zginających na siłowniki kolumny, a dla każdego z siłowników kolumny przewidziane jest również podparcie środkowe w celu ograniczenia wielkości przyspieszeń wywołanych obciążeniami zginającymi, co w przeciwnym razie prowadziłyby do zniszczenia na skutek rozciągania ceramicznych elementów siłownika.

10 Z opisu patentowego nr PL 208709 (B1) znana jest łopata turbiny wiatrowej oraz sposób montażu laminowanego profilu łopaty, których istota polega na tym, że belka ma co najmniej jedną pierwszą część i co najmniej jedną drugą część. Pierwsza część ma co najmniej jedną część korpusu połączoną z co najmniej jedną 15 powierzchnią montażową i z co najmniej jedną ścianką wsporczą. Części są dopasowane za pomocą środków dopasowywania wysokości i połączone ze sobą powierzchniami montażowymi, a laminowane profile są zamontowane dookoła belki i przyklejone do odpowiednich ścianek wsporczych.

Istotą łopaty wirnika o regulowanym kształcie posiadającej dźwigar, wypełnianie i elementy z materiału z pamięcią kształtu jest to, że składa się z dźwigara w postaci 20 rury, do której wewnętrznej powierzchni zamocowane są na stałe co najmniej dwie belki z materiału z pamięcią kształtu wywołujące moment skręcający. Wskazane jest gdy kolejne belki połączone są ze sobą połączeniem wpustowym.

Korzystnym skutkiem łopaty wirnika o regulowanym kształcie według wynalazku jest to, że umożliwia ona sterowanie każdej sekcji oddzielnie (niezależnie). 25 Taka łopata jest uniwersalna pod względem dostosowania kształtu (kąta skręcenia) do fazy lotu (zawis, lot z prędkością przelotową itp.), co wpływa bezpośrednio na zwiększenie operacyjności wiroplata wykorzystującego proponowane rozwiązanie. Łopata wirnika o regulowanym kształcie zwłaszcza do wirników nośnych śmigłowca umożliwia optymalizację ilorazu współczynnika siły nośnej do współczynnika siły 30 oporu celem maksymalizacji doskonałości aerodynamicznej. Optymalizacja cech aerodynamicznych pozwala zredukować obciążenia generowane cyklicznie przez wirnik, w zależności od fazy lotu. Szczególnie istotny wpływ będzie to miało na efekt oderwania strug powietrza od powierzchni łopaty w lotach postępowych. Obniżenie

amplitud obciążeń zmiennych znacząco podnosi wytrzymałość zmęczeniową konstrukcji, a tym samym obniża masę zespołów współpracujących, takich jak popychacze, pierścienie stałe i obrotowe tarczy sterującej. Zastosowanie odpowiednio zaprogramowanych metastruktur materiałów z pamięcią kształtu zmniejszy zapotrzebowanie na moc, dzięki czemu zwiększy się zasięg statku powietrznego i/lub wydłuży czas zawisu

Przedmiot według wynalazku został bliżej objaśniony w przykładzie wykonania na rysunku, na poszczególne figury przedstawiają:

fig. 1 – przekrój wzdłużny łopaty z dźwigarem,

10 fig. 2 – rzut izometryczny belek z materiałów z pamięcią kształtu z otworem wpustowym,

fig. 3 – rzut izometryczny belek z materiałów z pamięcią kształtu z wpustem.

Łopata wirnika 3 o regulowanym kształcie w przykładzie wykonania składa się z okucia 4, do którego zamocowany jest dźwigar 1 w postaci rury, do której wewnętrznej powierzchni zamocowane są na stałe kolejno, naprzemiennie 15 belki 2a, 2b z materiałów z pamięcią kształtu wywołujące moment skręcający. Belki 2a, 2b połączone są ze sobą za pomocą połączeń wpustowych składających się z wypustu 5a i otworze wpustowym 5b o przekrojach poprzecznym w kształcie krzyża.

20 Zasada działania urządzenia według wynalazku polega na tym, że poprzez zmianę temperatury belek 2a, 2b z materiału z pamięcią kształtu następuje ich skrócenie a wraz z nimi skrócenie dźwigara 1.

RZECZNIK PATENTOWY

Maciej Nowicki
mgr inż. Maciej Nowicki
Nr wp. 3476

Wykaz oznaczeń

- 1 – dźwigar
- 2a, 2b – belki z materiałów z pamięcią kształtu
- 3, – łopata
- 4 – okucie
- 5a – wypust
- 5b – otwór wpustowy