

CZYM JEST WIATR?

Wiatr jest odmianą energii słonecznej. Tak, to nie pomyłka. Jest to powietrze w ruchu, wywołanym nierównomiernym podgrzaniem powierzchni Ziemi przez słońce. Ponieważ Ziemia obraca się, jest okrągła oraz pokryta morzami, łąkami, lasami, pustyniami i jeziorami, promieniowanie słoneczne jest absorbowane nierównomiernie. To z kolei powoduje podnoszenie się mas powietrza nad obszarów rozgrzanych i zajmowanie jego miejsca przez powietrze zimniejsze. To samo zjawisko występuje w skali planety, pomiędzy równikiem i biegunami, a więc wiatr jest wszędzie.

tego, co twierdzą „ciemno zieloni”) oraz wpływ wizualny na otoczenie. Jednak eleganckie wirniki potyskujące w słońcu są ładniejsze od dymiących kominów i wież chłodniczych.

RODZAJE TURBIN WIATROWYCH

Obecnie występują powszechnie dwa rodzaje turbin wiatrowych: z **osią poziomą**, mające wirniki przypominające śmigła lotnicze, oraz z **osią pionową**, wyglądające jak trzepaczka od miksera do bicia piany.

TURBINY WIATROWE

Marek Utkin

ENERGIA WIATRU DZIŚ

Współczesne wiatraki noszą nazwę **turbin wiatrowych** i są znacznie efektywniejsze od dawnych. Do ich budowy wykorzystuje się zaawansowane technologie materiałowe i aerodynamikę (dzięki wkładowi m.in. NASA), aby uzyskać jak największą sprawność i działanie w szerokim zakresie prędkości wiatru.

Sprawność elektrowni wiatrowych jest zbliżona do sprawności elektrowni węglowych - ok. 30%. Zdolność wytwórcza elektrowni wiatrowych to 25% (wiatr wieje optymalnie), elektrowni węglowych - 75%. Chodzi o to, że na 100 dni elektrownia wiatrowa przepracowuje 25, ze względu na prędkość wiatru, a węglowa 75 dni, ze względu na przestoje w wyniku konserwacji itp. Gdy jedna turbina wiatrowa wytwarza ok. 275 - 500 tys. kWh energii elektrycznej rocznie, wystarcza to dla 20 domów. W USA elektrownie wiatrowe wytwarzają 3 mld kWh rocznie (0,12% zapotrzebowania kraju). Cena energii z elektrowni wiatrowych wynosi 4,5 USc/kWh, z elektrowni węglowych - 4 USc/kWh (wliczony koszt amortyzacji urządzeń). Za 30 lat elektrownie wiatrowe powinny pokrywać 10% zapotrzebowania USA.

Energia wiatrowa nie powoduje zanieczyszczenia wody ani powietrza. Jedynym wpływem na środowisko może być oddziaływanie farm wiatrowych na migracje ptaków (które szybko się uczą, niezależnie od

Turbiny z osią poziomą są stosowane najczęściej. Stanowią 95% turbin wiatrowych. Typowa turbina wiatrowa ma wieżę o wysokości 30 - 40 metrów i dwie lub trzy łopaty o średnicy 20 - 40 m. Istnieją także modele o jednej łopacie z przeciwwagą. Największe turbiny wiatrowe świata mają rozpiętość łopat większą niż boisko piłkarskie.

Turbiny z osią pionową stanowią ok. 5% turbin wiatrowych stosowanych obecnie i mają zazwyczaj ok. 30 m wysokości i 15 m średnicy.

KTÓRE LEPSZE?

Każdy model ma swoje wady i zalety. Modele z osią poziomą wymagają kierowania wirnika na wiatr. W małych urządzeniach zapewnia to statecznik kierunku, w dużych - serwowator, połączony z procesorem i czujnikiem kierunku wiatru. Turbiny pionowe działają niezależnie od kierunku wiatru, poza tym to, iż są instalowane na ziemi, sprawia, że ich konserwacja i obsługa jest prostsza i tańsza.

Turbiny wiatrowe są łączone w zespoły, zwane **farmami wiatrowymi**, które zapewniają odpowiednio dużą moc, żeby kierować prąd do sieci. Użytkownicy indywidualni stosują raczej maszyny pojedyncze.

TURBINY WIATROWE Z OSIĄ POZIOMĄ (HORIZONTAL AXIS WIND TURBINES, HAWT)

Wiatrak farmerski

Amerykański wiatrak farmerski jest dobrym przykładem turbiny wiatrowej o niskiej prędkości obrotowej i wysokim momencie. Może łatwo się ustawiać do kierunku wiatru, poza tym działa przy słabych wiatrach i jest niezawodny. Był stosowany przez amerykańskich farmerów, a obecnie - jest ustawiany w wielu krajach świata.



FARMA WIATROWA

TURBINA WIATROWA Z OSIĄ POZIOMĄ

Turbiny współczesne

Współczesne turbiny wiatrowe z osią poziomą występują w kilku odmianach. Badania amerykańskie prowadzone w latach 1973 - 1981 (zamknięte przez administrację Reagana) nad modelami: 1-2 kW o wysokiej niezawodności, 4 kW dla małych budynków, 8 i 15 kW dla domów i usług oraz 40 kW dla przedsiębiorstw i rolnictwa, dały w wyniku dostępne komercyjnie małe turbiny 1, 3 i 6 kW oraz trzyłopatowe maszyny 40 - 60 kW, instalowane setkami w farmach wiatrowych.

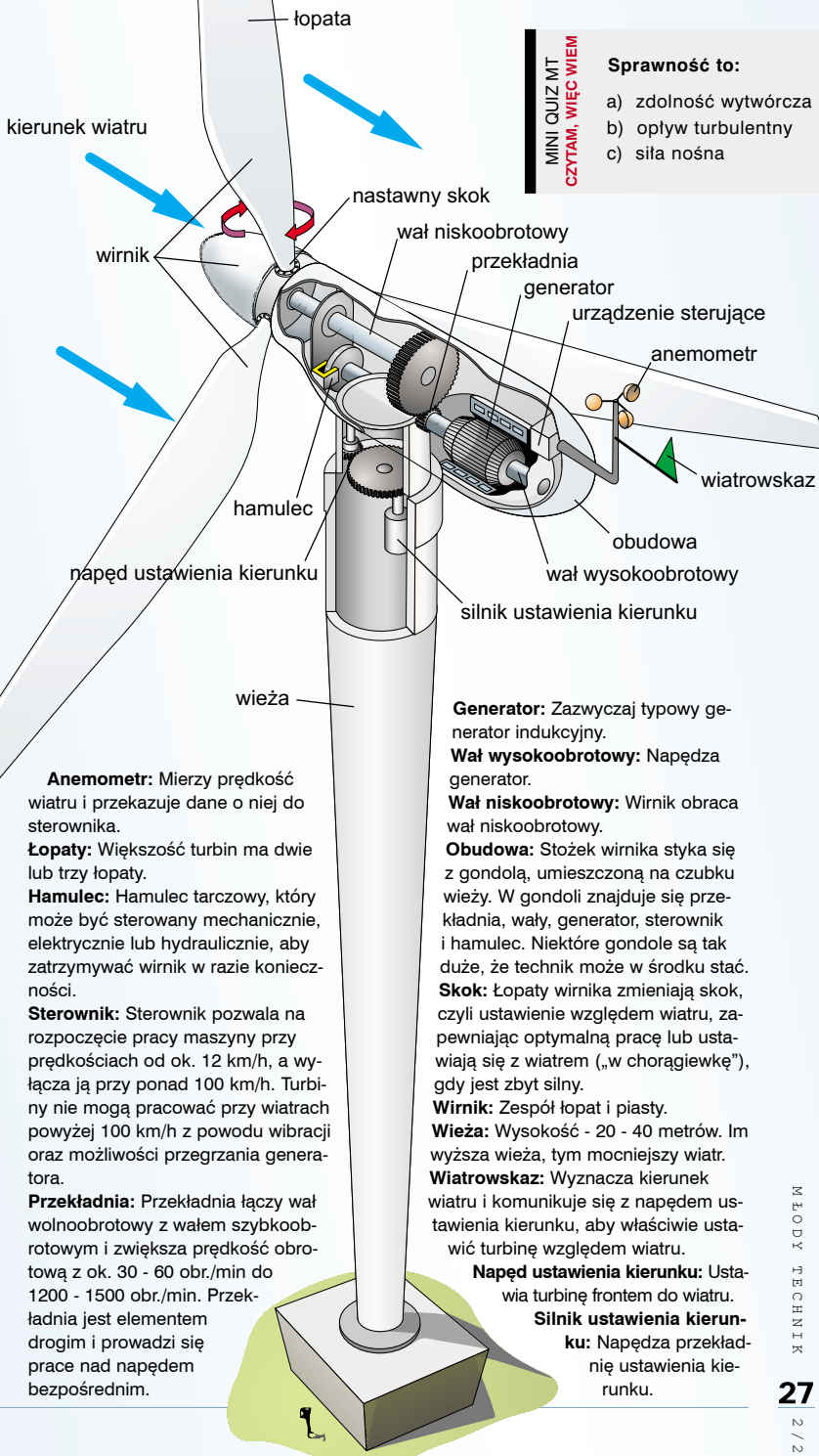
Konstrukcja

Śmigło wraz z gondolą generatora jest osadzone na 20 - 40-metrowej wieży. Ze względów zarówno aerodynamicznych, jak i łatwości konserwacji, o estetyce nie wspominając, zrezygnowano z wież kratownicowych na rzecz rurowch. Współczesne wieże nie wymagają stosowania odciągów i ziemia wokół nich jest pełnowartościowym terenem rolniczym, ewentualnie można je instalować na sztucznych groblach na morzu.

Turbina ma średnicę zbliżoną do wysokości wieży. W piastce są osadzone trzy (lub dwie) aerodynamicznie ukształtowane łopaty, których kąt nastawienia regulowany jest przez mikroprocesor, w zależności od prędkości wiatru. Łopaty mogą ustawiać się tak, żeby optymalnie wykorzystywać wiatr, lub - w razie huraganu - „w chorągiewkę”, aby zbyt szybko wiejący wiatr nie uszkodził urządzenia.

Piasta turbiny jest montowana na przegubie wahliwym, aby ewentualne wibracje nie uszkadzały łożysk i wału.

Kółpak, przykrywający piastę, przechodzi płynnie w gondolę. W gondoli mieści się wał niskoobrotowy, napędzany bezpośrednio przez piastę turbiny, przekładnia podwyższająca obroty i generator, wytwarzający prąd. Prąd płynię



MINI QUIZ MT
CZYTAJ, WIĘC WIEJ!

Sprawność to:

- zdolność wytwórcza
- opływ turbulentny
- siła nośna

Anemometr: Mierzy prędkość wiatru i przekazuje dane o niej do sterownika.

Łopaty: Większość turbin ma dwie lub trzy łopaty.

Hamulec: Hamulec tarczowy, który może być sterowany mechanicznie, elektrycznie lub hydraulicznie, aby zatrzymać wirnik w razie konieczności.

Sterownik: Sterownik pozwala na rozpoczęcie pracy maszyny przy prędkościach od ok. 12 km/h, a wyłącza ją przy ponad 100 km/h. Turbiny nie mogą pracować przy wiatrach powyżej 100 km/h z powodu wibracji oraz możliwości przegrzania generatora.

Przekładnia: Przekładnia łączy wał wolnoobrotowy z wałem szybkoobrotowym i zwiększa prędkość obrotową z ok. 30 - 60 obr./min do 1200 - 1500 obr./min. Przekładnia jest elementem drogim i prowadzi się prace nad napędem bezpośrednim.

Generator: Zazwyczaj typowy generator indukcyjny.

Wał wysokoobrotowy: Napędza generator.

Wał niskoobrotowy: Wirnik obraca wał niskoobrotowy.

Obudowa: Stożek wirnika styka się z gondolą, umieszczoną na czubku wieży. W gondoli znajduje się przekładnia, wały, generator, sterownik i hamulec. Niektóre gondole są tak duże, że technik może w środku stać.

Skok: Łopaty wirnika zmieniają skok, czyli ustawienie względem wiatru, zapewniając optymalną pracę lub ustawiając się z wiatrem („w chorągiewkę”), gdy jest zbyt silny.

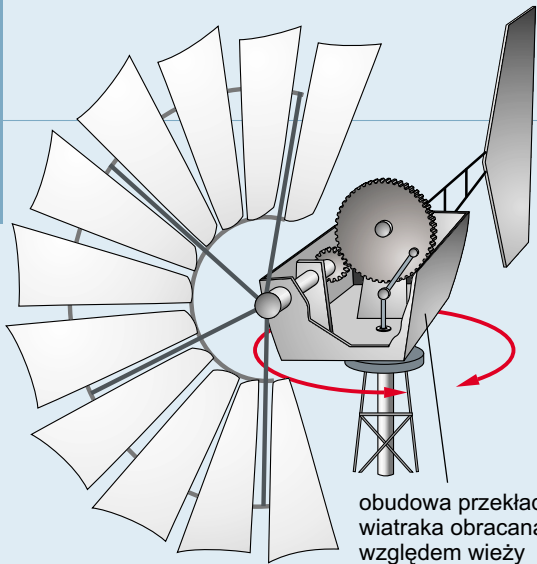
Wirnik: Zespół łopat i piasty.

Wieża: Wysokość - 20 - 40 metrów. Im wyższa wieża, tym mocniejszy wiatr.

Wiatrowskaz: Wyznacza kierunek wiatru i komunikuje się z napędem ustawienia kierunku, aby właściwie ustawić turbinę względem wiatru.

Napęd ustawienia kierunku: Ustawia turbinę frontem do wiatru.

Silnik ustawienia kierunku: Napędza przekładnię ustawienia kierunku.



obudowa przekładni wiatraka obracana względem wieży

SCHEMAT AMERYKAŃSKIEGO WIATRKA „FARMERSKIEGO”

Model do pompowania wody.

Widoczne wykorbienie, korbowód i popychacz.

nie kablami umieszczonymi w wieży do transformatora, który zasilą sieć lokalną.

Każda z turbin w sieci lokalnej jest sterowana własnym mikroprocesorem i połączona z komputerem centralnym, który koordynuje ich pracę.

Przy projektowaniu i budowie turbin wiatrowych należy wziąć pod uwagę wiele czynników, jak np. wibracje, będące wynikiem przecinania obszaru **opływu turbulentnego** za wieżą (w przypadku turbin pracujących „z wiatrem”, nie „pod wiatr”) przez łopaty. Np. w 1974 r., naśladując sukces amerykańskiego programu kosmicznego dzięki zaawansowanemu programowi niemieckim, inżynierowie NASA zatrudnieni przy projektowaniu turbiny wiatrowych zapożyczyli plany Ulricha Huttera. Zastosowawszy w turbinie MOD-0 konfigurację „z wiatrem” (samonastawna turbina pracująca za wieżą), nie zauważyli w planach przegubu wahliwego zastosowanego w piaskie. Ludzie z NASA byli zdumieni zarówno ogromnymi naprężeniami dynamicznymi, powstającymi w piaskie w momencie, gdy łopata wchodziła w cień wieży, jak i krótkim życiem łożysk. 2-megawatowa turbina MOD-1 z kolei wytwarzała nieprzewidziane dźwięki niskiej częstotliwości, które rezonowały we wszystkich domach na wzgórzach i w dolinach wokół generatora.

Dopiero MOD-2 był modelem zaprojektowanym wyłącznie przez NASA, a jego następcą jest 3,2-megawatowy MOD-5B, ponadstumetrowy bestia, działający od 1997 r. do dziś na wyspie Oahu na Hawajach.

Pod lupą

Czy elektrownie wiatrowe wytwarzają prąd o napięciu 230V i częstotliwości 50Hz?

Niekoniecznie. Elektrownie niepodłączone do ogólnokrajowej sieci są najczęściej wyposażone w skomplikowany system do gromadzenia i stabilizowania energii w lokalnej sieci. Wiatrak napędza prądnicę prądu stałego. Ponieważ może się obracać z różną prędkością pod wpływem różnej prędkości wiatru, wytwarzane przez prądnicę napięcie jest stabilizowane za pomocą regulatorów napięcia i przesyłane do zespołu akumulatorów. Dopełniono pobrany z akumulatorów prąd stały jest zamieniany na prąd zmienny (230V 50Hz) w urządzeniach zwanych falownikami. Ale takiej energii nie można dostarczać do sieci ogólnokrajowej. Można za to zasilać w ten sposób np. stojące w pobliżu elektrowni budynki.

W elektrowniach lub farmach wiatrowych pracujących na potrzeby energetyki zawodowej najczęściej wykorzystywany jest generator prądu zmiennego. Taki wiatrak kręci się z ustaloną prędkością obrotową, tak aby generator wytwarzał prąd zmienny o częstotliwości 50Hz. O stałą prędkość obrotową wiatraka dba układ regulacyjny, który zmienia między innymi kąt nastawienia łopaty wirnika. Takie elektrownie wytwarzają napięcie 15kV lub 110kV, a więc takie, jakie panuje w liniach przesyłowych.

TURBINY WIATROWE O OSI PIONOWEJ (VERTICAL AXIS TURBINES, VAWT)

Turbiny wiatrowe o osi pionowej dzielą się na dwie podstawowe kategorie: **Savoniusa** i **Darrieus**. Żaden z tych typów nie jest obecnie szeroko stosowany.

Turbiny wiatrowe o osi pionowej są dwóch rodzajów: działające w oparciu o siłę nośną i o opór. Modele oporowe działają jak wiosło kajaka w wodzie: jeśli (teoretycznie) przyjąć, że wiosło zanurzone w wodzie porusza się bez poślizgu, wtedy prędkość maksymalna kajaka będzie równa prędkości przesuwania wiosła. To samo można powiedzieć o wietrze. Trzyczarkowe anemometry, stosowane do pomiaru prędkości wiatru, to

turbiny typu oporowego o osi pionowej. Jeśli prędkość czarek jest dokładnie równa prędkości wiatru, urządzenie działa ze współczynnikiem prędkości końcówek (tip speed ratio, TSR) równym 1. Przy TSR powyżej 1 w grę musi wchodzić siła nośna.

Urządzenia działające w oparciu o **siłę nośną** mają wyższą sprawność. **Turbina Savoniusa**

Wynaleziona w Finlandii turbina Savoniusa w widoku z góry przypomina literę S. Jest to turbina typu oporowego i obraca się relatywnie powoli, lecz generuje spory moment obrotowy. Małe turbinki Savoniusa znajdowały się kiedyś na dachach wagonów kolejowych i napędzały wentylację, stosuje się je do mielenia ziarna, pompowania wody itp., lecz ze względu na prędkość obrotową poniżej 1000 obr./min nie są najlepsze do wytwarzania prądu, gdyż wymagają przekładni, co z kolei utrudnia rozruch.

Model Savoniusa ma liczne zalety - można go bardzo łatwo wykonać we własnym zakresie, stosując jako materiał puszkę, rury lub butelki plastikowe, wiadra lub beczki na ropę.

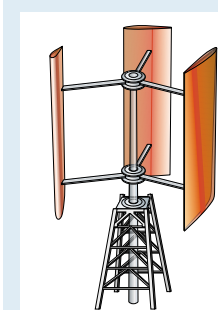
Turbiny Darrieus

Turbina Darrieus została opatentowana we Francji w 1927 r. Jej autorem był Georges Jean-Marie Darrieus, który opatentował w zasadzie dwie turbiny - najpopularniejszy obecnie typ, tzw. trzepaczkę do piany z zagiętymi łopatami, oraz tzw. Giro-mill, czyli turbinę typu „H” z prostymi łopatami, która miała być również stosowana w hydroenergetyce.

Turbina z łopatami prostymi jest jakby odwróceniem pędnika Voit-

UE nakłada na Polskę obowiązek szybkiej rozbudowy energetyki korzystającej z odnawialnych źródeł energii, w tym z wiatru.

SCHEMAT TURBINY SAVONIUSA



SCHEMAT TURBINY DARRIEUS Z PROSTYMI ŁOPATAMI

ha-Schneidera (p. MT 10/2004), tak jak wiatrak jest odwróceniem śmigła.

W obu modelach moment na łopacie, a w rezultacie - ruch, jest efektem powstawania siły nośnej na zestawie profili aerodynamicznych, opływanych przez wiatr. Przez to, że wirnik turbiny Darrieus jest napędza-

ny dzięki sile nośnej, prędkość łopaty może być większa, niż prędkość wiatru.

Najpopularniejsze (szczególnie duże) turbiny Darrieus mają łopaty w kształcie „troposkein” (z Grecji - „obracającej się liny”), czyli takim, jaki przybiera skalkanka. Po zastosowaniu włókna szklanego (przeciągane z aluminium były drogie), kształt został nieco zmieniony.

Każda z łopat turbiny Darrieus wytwarza maksymalny „ciąg” (moment) jedynie dwa razy na obrót. Moment obrotowy ma więc charakter sinusoidalny (tak, jak przy pedałowaniu na rowerze). Długie łopaty turbin z osią pionową mają wiele naturalnych częstotliwości drgań, których należy unikać podczas pracy. Np. jedna z dwułopatowych turbin o mocy 500 kW, miała takie trzy prędkości obrotowe, które trzeba było szybko przejść, aby dojść do prędkości operacyjnej i kilka w zakresie operacyjnym, których trzeba było unikać. Dobrze zaprojektowana turbina z osią poziomą nie powoduje takich problemów.

Turbiny pionowe trudno jest instalować na wieżach, w związku z tym zazwyczaj instalowane są niżej, w obszarze turbulentnym i działają w trudniejszych warunkach. Aby turbina stała pionowo, stosuje się odciągi. Wywierają one duży nacisk na główne łożyska turbin.

Firma Sandia Laboratories zbudowała 42-metrowy prototyp o średnicy 34 m i mocy 625 kW do badań w Agricultural Research Station w Amarillo w Teksasie.

Turbina wiatrowa „Eole” na Cap-Chat, Quebec w Kanadzie, jest największym obecnie przykładem „trzepaczki do piany” - ma około 100 m wysokości i 60 m średnicy. Jej moc to 4MW, lecz pracuje w niższym zakresie prędkości, dając ok. 2,5 MW.

Na rynku małych turbin wiatrowych, modele Darrieus z prostymi łopatkami są tańsze, niż „trzepaczki do piany”. Obecnie dostępna w handlu jest mała turbina Solwind z Nowej Zelandii, zaopatrzona w proste łopaty. Ma 3 m średnicy i 2,5 m wysokości.

Obecnie w Kanadzie prowadzone są prace nad turbinami Darrieus do montowania na wieżowcach, w celu dodatkowego zaopatrywania biur w prąd (wynik ostatnich awarii sieci energetycznych). ●

LEKSYKON

Sprawność – to miara zdolności urządzenia, organizmu lub procesu do przekształcania jednej postaci energii w inną. Wrażana jest w jednostkach bezwzględnych, lub procentach. Z zasady zachowania energii wynika, że sprawność dla dowolnej formy energii użytecznej nie może być większa od jedności (czyli 100%). Patrząc na to inaczej: suma sprawności dla różnych form energii wyjściowej musi być równa jedności.

Siła nośna – siła aerodynamiczna zwrócona przeciwie do siły grawitacji, pozwalająca na wznoszenie obiektów, ich lot. Powstaje w wyniku przepływu powietrza wokół odpowiednio ukształtowanego płata, co powoduje wystąpienie różnicy ciśnień po obu jego stronach.

Opływ turbulentny – (burzliwy) – występuje gdy przedmiot jest opływany nieuporządkowanym strumieniem powietrza lub cieczy. Występuje samorzutnie przy dużych prędkościach lub za zakłuczającymi przepływ przedmiotami.

Ustawienie „w chorągiewkę” – siła aerodynamiczna zwrócona przeciwie do siły grawitacji, pozwalająca na wznoszenie obiektów, ich lot. Powstaje w wyniku przepływu powietrza wokół odpowiednio ukształtowanego płata, co powoduje wystąpienie różnicy ciśnień po obu jego stronach.

