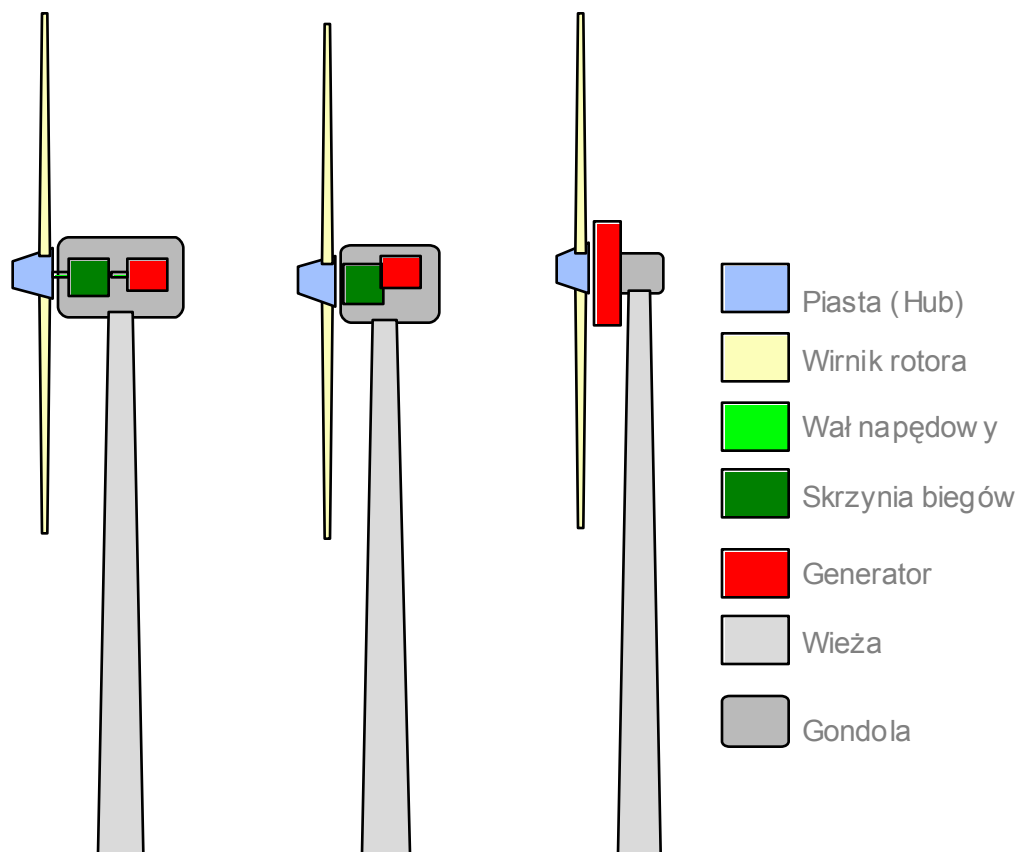


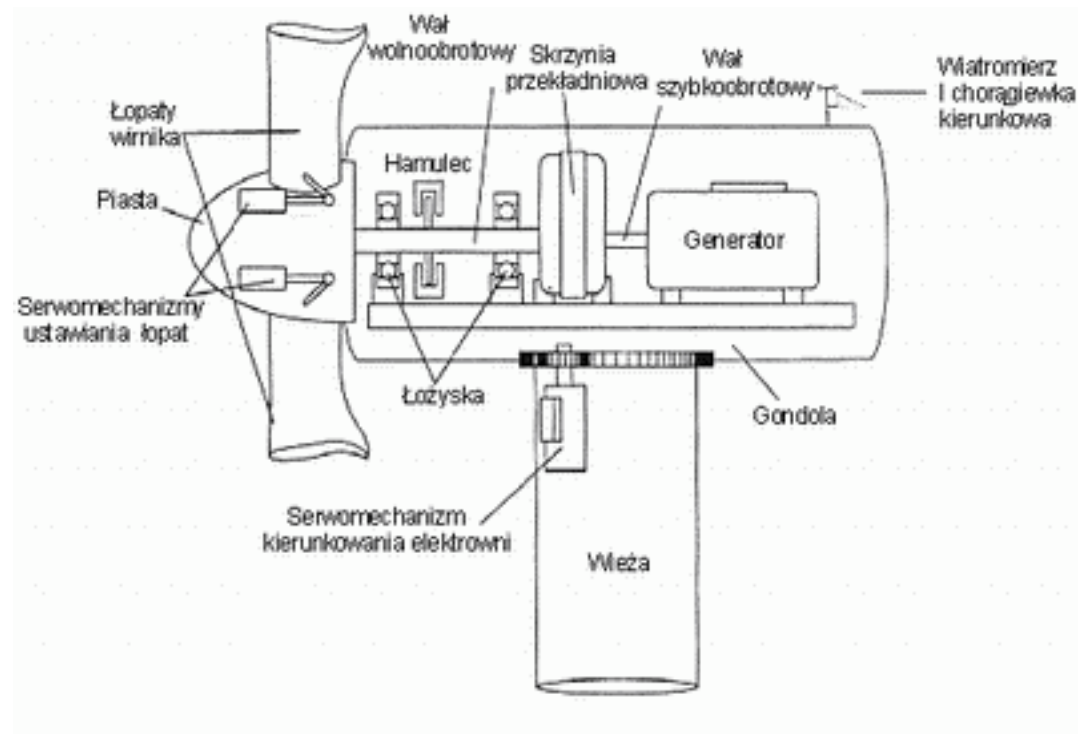
**Wykład 2
z podstaw energetyki wiatrowej**

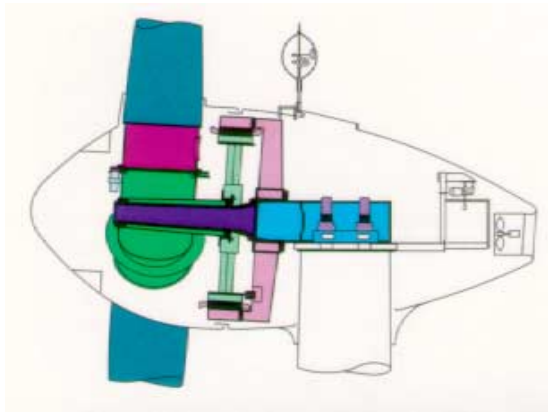




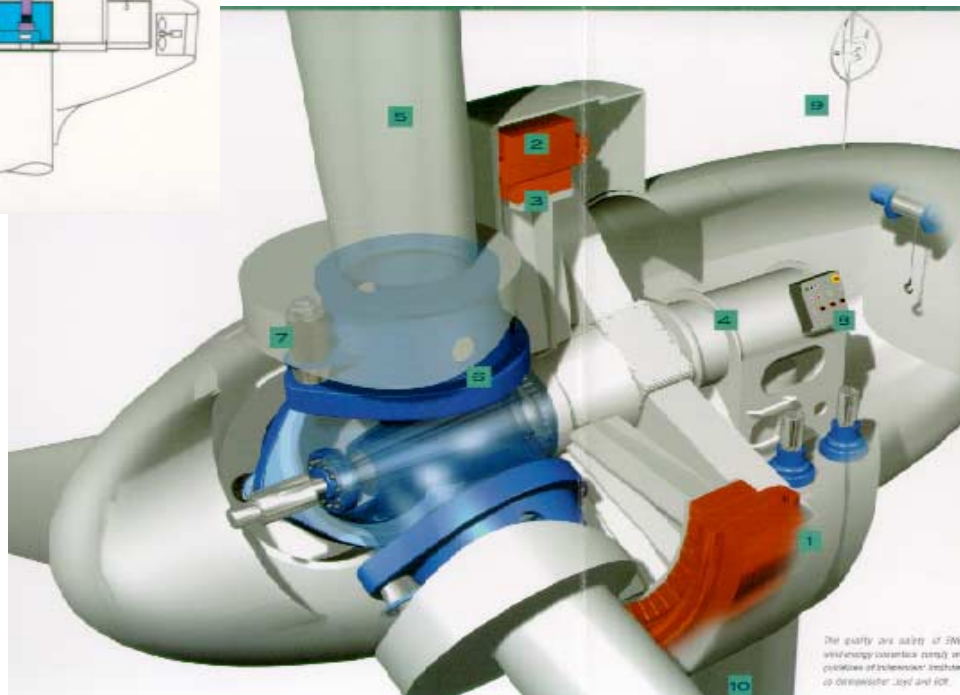
Różne warianty budowy turbin wiatrowych

Budowa standardowej siłowni wiatrowej



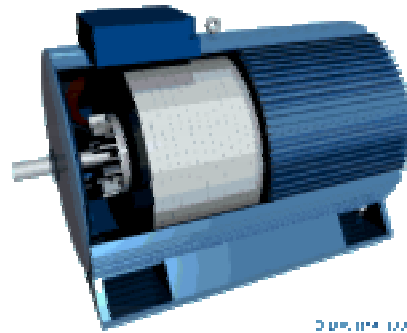


Bezprzekładniowa turbina wiatrowa z wolnoobrotowym wielopolewym generatorem synchronicznym



Przekrój gondoli siłowni firmy Enercon

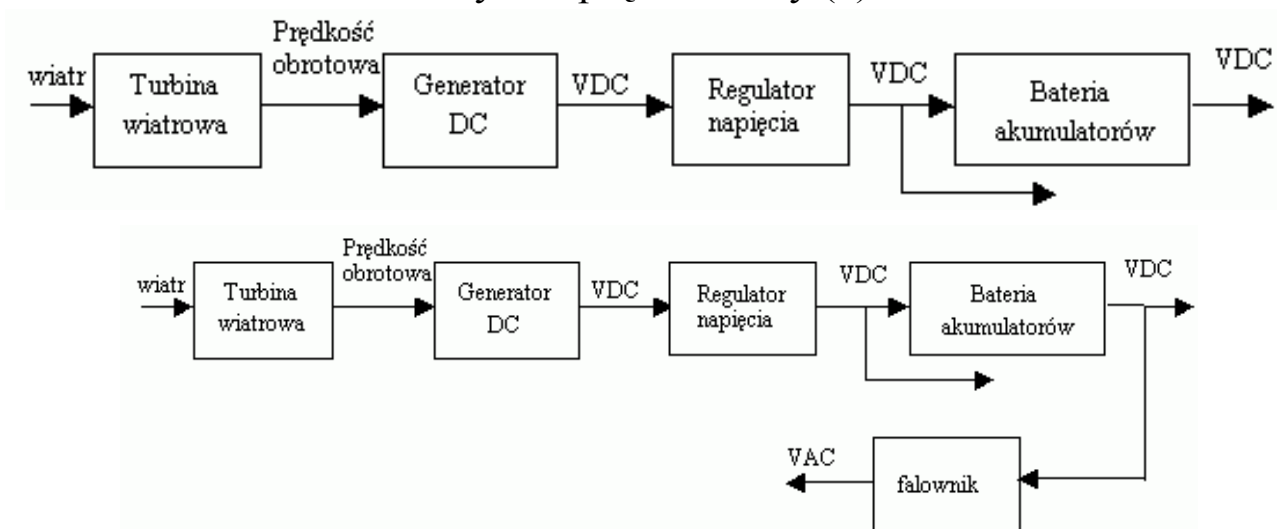
Typowy generator energii elektrycznej



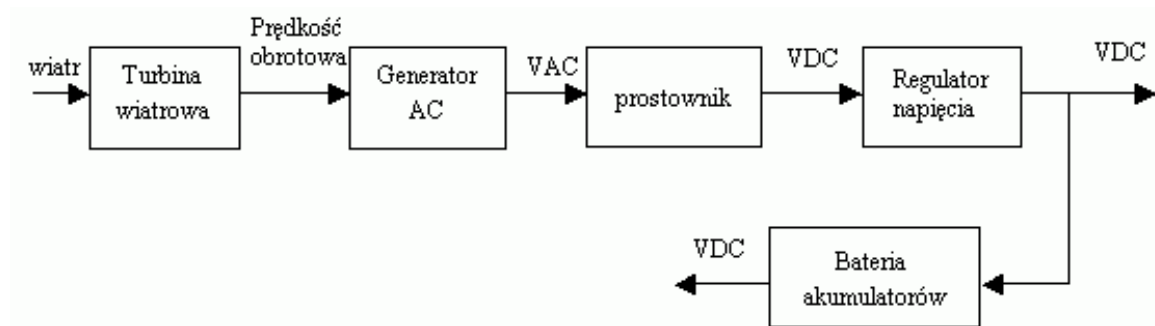
Energia elektryczna produkowana w EWI musi mieć takie same parametry (częstotliwość i napięcie) jak sieć, z którą elektrownia wiatrowa współpracuje. Zwykle prędkość obrotowa turbiny utrzymywana jest na stałym poziomie, jednak stosuje się też układy pracujące ze zmienną prędkością obrotową. Dla zwiększenia rocznej produkcji energii stosowane są dwa generatory, z których jeden pracuje przy dużych prędkościach wiatru, zaś drugi przy słabszych wiatrach. Inne rozwiązanie to generatory o przełączanej (regulowanej) liczbie par biegunów. Daje to również możliwość pracy przy różnych prędkościach obrotowych generatora. W czasie rozruchu generatory łączone są do sieci przez układy tyrystorowe, które następnie są bocznikowane stycznikami.

Układy pracy

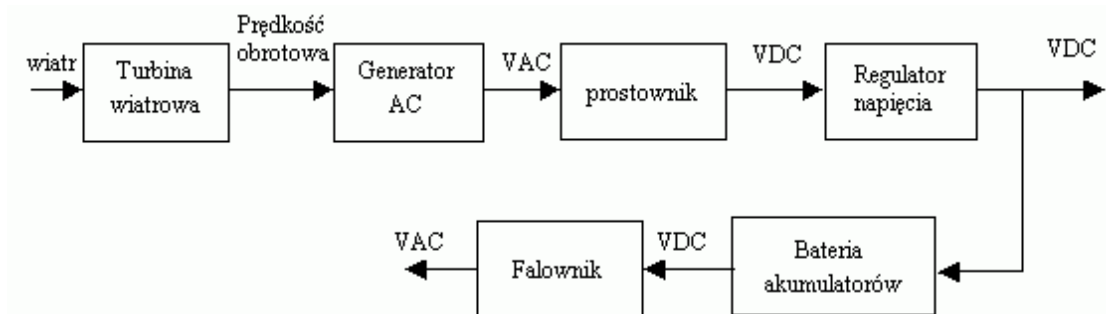
Elektrownie wiatrowe pracujące na obwody wydzielone są całkowicie niezależnymi źródłami energii, w których stosowane są prądnice prądu stałego lub małe trójfazowe prądnice, często z magnesami trwałymi. Pracują one przy zmiennej prędkości obrotowej. Układy takie zawierają najczęściej baterię akumulatorów do gromadzenia energii, regulatory napięcia, falowniki do inwersji prądu stałego na jedno- lub trójfazowy. Elektrownie z prądnicą prądu stałego wymagają zastosowania regulatora napięcia oraz akumulatorów do gromadzenia energii (a), a dodatkowo falownika, aby uzyskać prąd zmienny (b).



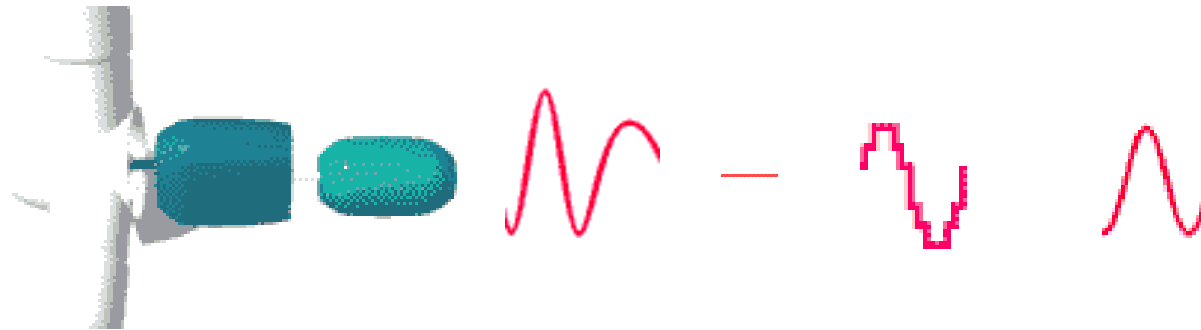
Użycie generatora prądu zmiennego również pozwala na uzyskanie odpowiedniej jakości energii prądu stałego po uprzednim wyprostowaniu i regulacji napięcia, co ilustruje rysunek. Ponieważ prędkość obrotowa turbin elektrowni autonomicznych zmienia się wraz ze zmianami prędkości wiatru, nie mogą one zapewnić napięcia zmiennego o odpowiedniej, niezmiennej wartości częstotliwości i amplitudy.



Dlatego muszą one mieć pośredni obwód prądu stałego i falownik, dla uzyskania odpowiednich parametrów napięcia zmiennego (rys). Zakres napięć nominalnych przy jakich pracują układy autonomiczne to (12-230) V prądu stałego bądź zmiennego.



Zasada generacji energii elektrycznej



Rotor skrzynia biegów generator

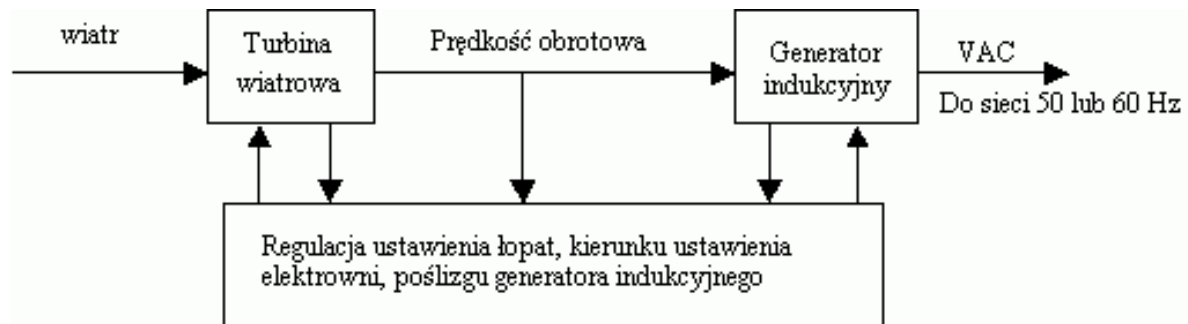
Przebieg AC

DC

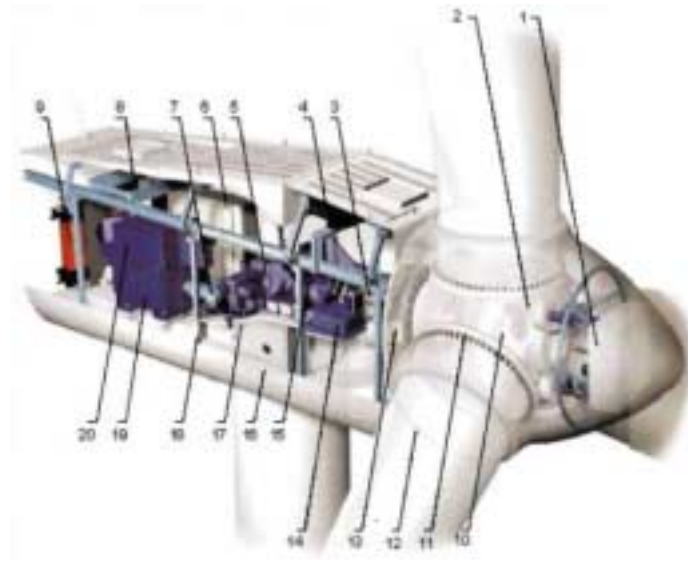
Formowanie AC

Przebieg AC

Blokowy schemat układu konwersji energii wiatru



W zależności od zastosowanego układu sterowania połączenie z piastą może być sztywne (stall control) lub za pośrednictwem układów mechaniczno-hydraulicznych, umożliwiających zmienną regulację nastawy kąta natarcia płata wirnika względem wiatru (pitch control, active stall). Typ połączenia w piastę nazywany jest często jako „Ikea connection”.



- Regulacja ustawieniem elektrowni w kierunku wiatru (Yaw Control)

Regulacja ta polega na obrocie gondoli i tym samym osi obrotu wirnika elektrowni względem kierunku napływającego wiatru. Może ona być zrealizowana w sposób aktywny lub pasywny. Kierunkowanie pasywne jest zapewnione przez umieszczenie chorągiewki kierunkowej na gondoli.

Daje to efekt w postaci ustawienia wirnika na wprost kierunku wiatru.

Rozwiązanie takie stosowane jest tylko w niewielkich urządzeniach pracujących dla małych odbiorców. W dużych instalacjach, o mocach kilkudziesięciu kilowatów do kilku megawatów, wymagane jest stosowanie aktywnej regulacji kierunku ustawienia. Na szczycie wieży znajduje się zębata pierścień, który połączony jest z kołem zębatym osadzonym na wale silnika kierunkowego. Silnik obracając się powoduje ustawienie turbiny w odpowiednim kierunku. Ponieważ moc zależy od powierzchni zarysu wirnika, odsunięcie siłowni od głównego kierunku wiatru powoduje zmniejszenie użytecznej powierzchni zarysu wirnika i ograniczenie oddawanej mocy.

•Regulacja przez "przeciągnięcie" (Stall Regulation)

Jest to metoda pasywna polegająca na wykorzystaniu naturalnej charakterystyki wirnika, którego aerodynamiczne właściwości ograniczają moment napędowy przy wyższych prędkościach wiatru. Płaty wchodzą w zakres przeciągnięcia (utykają) gdy laminarny przepływ powietrza nad płatem załamuje się i płatek traci siłę nośną. Jest to sytuacja analogiczna do przeciągnięcia skrzydeł samolotu, kiedy brak jest wystarczającej siły nośnej do pokonania sił grawitacji. Płaty są zaprojektowane tak, że stan przeciągnięcia postępuje od osi obrotu płata. Im większa jest prędkość wiatru, tym większa część płata jest w stanie utykania. Zaletą tej formy regulacji jest brak ruchomych części w konstrukcji wirnika (płaty przymocowane są pod stałym kątem) oraz układów aktywnej automatycznej kontroli. Upraszcza to znacznie budowę siłowni. Problemem jest redukcja drgań płatów powstających przy utykaniu i zapewnienie stabilnej krzywej mocy. Ponadto ważnym czynnikiem jest brak możliwości ustawienia płatów w tzw. "chorągiewkę" przy zbyt dużych prędkościach wiatru, kiedy wirnik powinien być zatrzymany.



•Regulacja kąta ustawienia łopat (Active Pitch Regulation)

Układ regulacji mocy przez zmianę kąta natarcia ustawia łopaty na podstawie informacji o wielkości oddawanej mocy i prędkości wiatru. Zazwyczaj w czasie gdy wirnik obraca się płaty przestawiane są o ułamek stopnia. Regulacja taka wpływa na wielkości sił nośnych i hamujących działających na łopaty wirnika. Pozwala ona na utrzymywanie stałej prędkości obrotowej wirnika. Jest również stosowana w siłowniach o zmiennej prędkości obrotowej turbiny. Jednym z rozwiązań regulacji kąta łopat jest układ OptiTip firmy Vestas. Mechanizm regulacji tego układu znajduje się w piaście wirnika i składa się z oddzielnych siłowników hydraulicznych dla każdej łopaty. Stanowi on jednocześnie potrójny system hamulców bezpieczeństwa. System OptiTip ustawia płaty w celu optymalnego wykorzystania turbiny i zarazem minimalizacji poziomu hałasu. OptiTip współdziała z innymi systemami firmy Vestas: OptiSlip oraz OptiSpeed. Wadą systemu aktywnej regulacji ustawienia łopat jest istnienie ruchomych części w konstrukcji turbiny, co zwiększa możliwość wystąpienia awarii.

.Regulacja przez zmianę prędkości obrotowej generatora

Metoda ta polega na równoczesnym kontrolowaniu zmian prędkości wirnika i generatora oraz kąta natarcia łopat wirnika. Ma to na celu eliminację fluktuacji wytwarzanej mocy i ochronę elementów konstrukcji siłowni podczas nagłych porywów wiatru. Do stosowanych rozwiązań należą układy OptiSlip i OptiSpeed firmy Vestas. W klasycznym układzie regulacji generator asynchroniczny pracuje z prędkością obrotową w zakresie (100-101) % nominalnej prędkości, co dla maszyny 4 - biegunowej oznacza obroty (1500 do 1515) obr/min przy częstotliwości 50 Hz. Jest to tzw. praca ze stałą prędkością obrotową. Układ OptiSlip pozwala zmieniać poślizg maszyny indukcyjnej do 10 % (prędkość (1500-1650 obr/min)). Podczas porywu wiatru regulator nieznacznie zwiększa obroty generatora. Jednocześnie zmniejszany jest kąt natarcia łopat wirnika, co zmniejsza obroty turbiny. Skutkiem jest ograniczenie przeciążeń wirnika i systemu mechanicznego oraz gładki przebieg prądu oddawanego do sieci. Rozwinięciem układu OptiSlip jest OptiSpeed. Pozwala on zmieniać prędkość turbiny i generatora do 60 %.

- Regulacja przez zmianę obciążenia (Load Control)

Metoda ta polega na zmianie rezystancji stanowiącej obciążenie generatora. W ten sposób "przenosi się" punkt pracy siłowni z jednej charakterystyki mechanicznej na inną, bardziej korzystną dla aktualnie panujących warunków (prędkości i kierunku wiatru). Zmiana rezystancji musi odbywać się łagodnie, zbyt gwałtowny wzrost momentu obciążenia mógłby spowodować uszkodzenie turbiny, wału, łożysk itp.

- Regulacja lotkami łopat wirnika (Aileron Control)

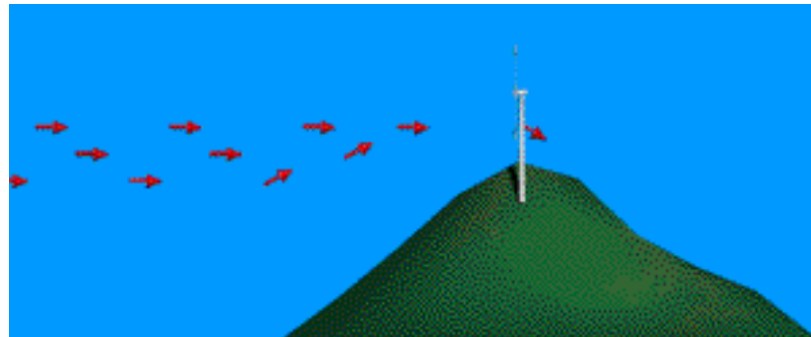
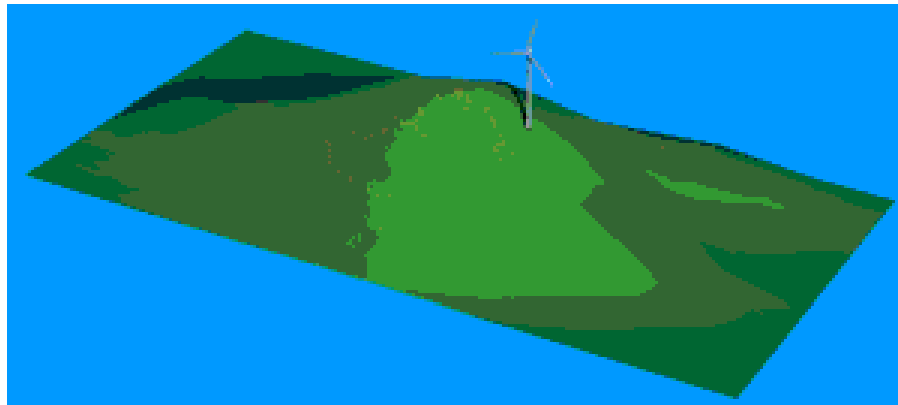
Jest to rzadko spotykany sposób regulacji, który był stosowany w początkach rozwoju energetyki wiatrowej. Polega on na zmianie charakterystyki aerodynamicznej łopat przez korekcję ustawienia tzw. lotek. Regulacja taka znajduje natomiast powszechne zastosowanie w lotnictwie podczas startu i lądowania samolotu.

Fatigue Load – zmęczenie materiału



5.000.000 cykli!

Efekt wzgórza



Fazy budowy parków wiatrowych



Faza planowania



Tutaj następuje projektowanie:
Stara gospoda w Dauerthal/Uckermark,
Biurowo UCKERWERK Energie-technik GmbH

Faza budowy



Budowa dróg:
Tu np. Quenstedt pod Ascherleben w Sachsen-Anhalt
(8 x Tacke 1,5 MW)

Faza budowy



Zakończenie fazy zbrojenia
Fundamentów dla Tacke 1,5s
w farmie wiatrowej Quenstedt

Faza budowy



Gotowa wieża i dźwig
w farmie Quenstedt.
Rotor oczekuje na montaż.
Na 1 planie fundament
Tacke 1,5s

Faza budowy



Układanie kabli w
Farmie wiatrowej
Quenstedt

Fazy budowy parków wiatrowych

Faza budowy

6



Szalunek głowicy wieży
stalo-betonowej
W parku wiatrowym-
Nord w Prenzlau/
Uckermark/Brandenburg
(1xEnercon E66 1,5 MW)

Faza budowy

7



Montaż płatów wimika
Tądkę 1,5s w parku
Wiatrowym Quenstedt

Faza budowy

8



Montaż rotora
Tądkę 1,5s z użyciem dźwigu
(Farma wiatrowa Quenstedt)

Faza budowy

9



Gotowa turbina
ENERCON-1,5 MW w parku Nord/Prenzlau

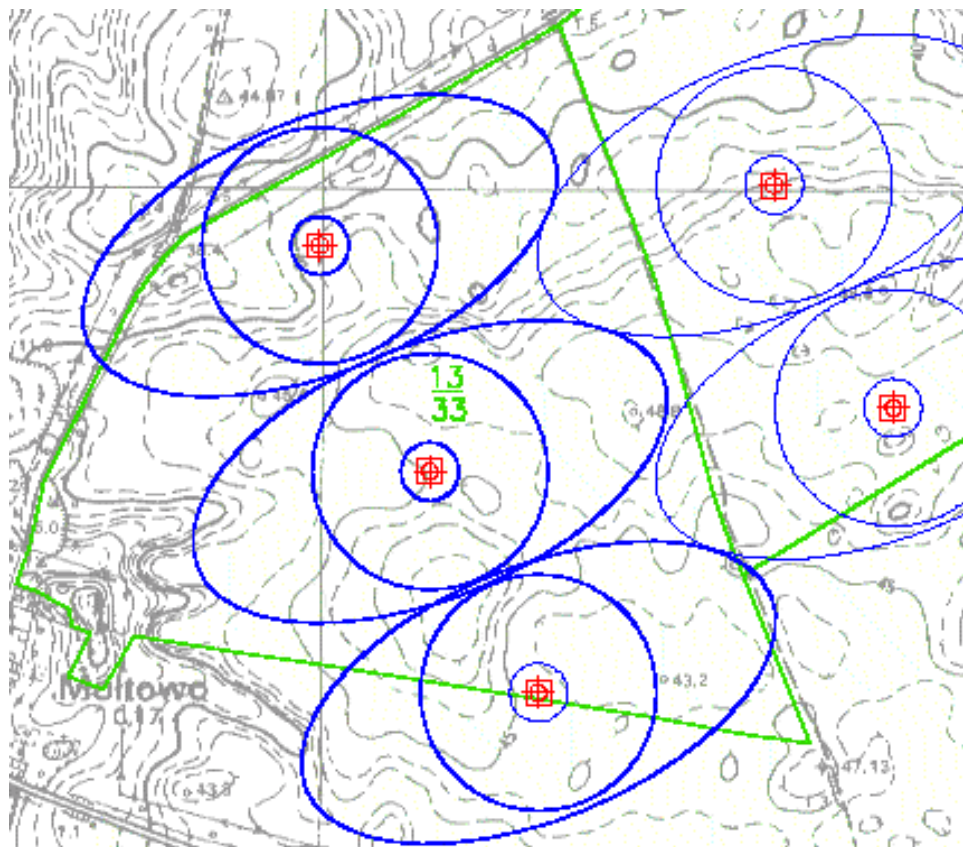
Faza eksploatacji

10

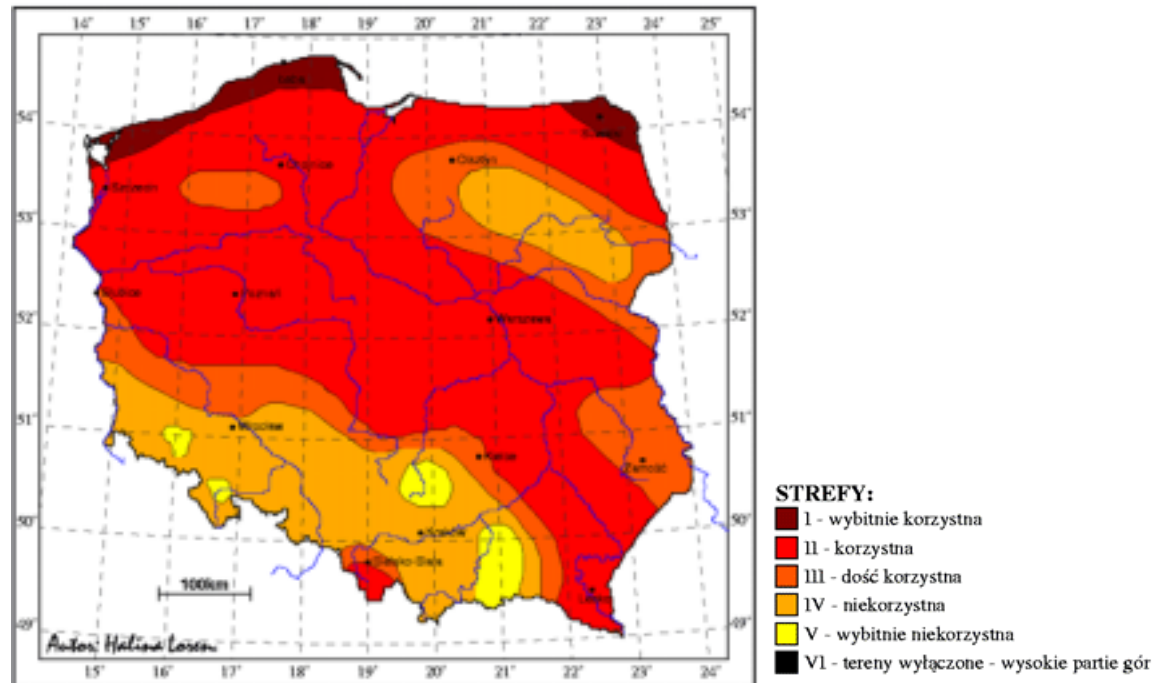


Widok z gondoli
na farmę
Bütow/Meddenburg-
Vorposten
(22x DeWind 48
każda 600 kW)

Projektowanie farm wiatrowych



Mapa wietrzności Polski wg H. Lorenc (IMGW Warszawa)



System elektroenergetyczny
najwyższych napięć w Polsce

