

Przewody firmy Lapp Kabel dla siłowni wiatrowych

Robert Mikulski

Zgodnie tendencją dynamicznego rozwijania alternatywnych źródeł energii, także w Polsce powstają lub są w fazie projektowania elektrownie wiatrowe. Duże instalacje tego typu wytwarzają energię na skalę przemysłową, mniejsze – zapewniają prąd tylko ich użytkownikom. Specyfika pozyskiwania energii elektrycznej z wiatraków wymaga zastosowania specjalnych rodzajów przewodów, uwzględniających parametry przesyłanej energii i środowisko pracy. Artykuł prezentuje odpowiadającą tym wymaganiom grupę produktów firmy Lapp Kabel.

Elektrownie wiatrowe można podzielić na instalacje przekazujące prąd do sieci państwowej i te, których energia służy do zaspokojenia potrzeb własnych posiadacza. Właściciele niewielkich, ale energochłonnych zakładów (np. szklarni, pieczarkarni, przetwórnictwa spożywczego i innych małych przedsiębiorstw, w których nie musi być ustabilizowanego napięcia, natomiast potrzeba dużo ciepła) wykorzystując energię wiatru mogą znacznie obniżyć koszty produkcji.

Moc elektrowni wiatrowych

Ze względu na moc elektrownie wiatrowe dzieli się na modele „mikro”, „małe” i „duże”. Do zasilania domów stosuje się głównie dwa pierwsze rodzaje. Mikroelektrownie wiatrowe to modele poniżej 100 W mocy. Używa się ich najczęściej do ładowania baterii akumulatorów stanowiących zasilanie obwodów wydzielonych – tam, gdzie nie ma sieci elektroenerge-



Rys. 1. Fragment duńskiej, lądowej farmy wiatrowej Middelgrunden o mocy 40 MW

tycznej lub z jakiegoś powodu nie chce się z niej korzystać. Takie elektrownie można wykorzystać do zasilania poprzez akumulatory części oświetlenia domu: pojedynczych lamp, a nawet poszczególnych pomieszczeń czy urządzeń. Małe elektrownie wiatrowe to nieco większe modele, o mocy od 100 W do 50 kW. Urządzenia z tej grupy mogą zapewniać energię elektryczną w pojedynczych gospodarstwach domowych, a nawet w małych firmach. W warunkach przydomowych najpopularniejsze są elektrownie 3-5 kW. Moc takich elektrowni, wspomagana energią zmagazynowaną w akumulatorach, wystarcza nierząd-

ko do zasilania oświetlenia, układów pompowych, sprzętu i urządzeń domowych.

Duże elektrownie wiatrowe (w praktyce powyżej 100 kW), oprócz tego, że mogą zasilать domy, stosowane są przede wszystkim do wytwarzania prądu, który sprzedaje się sieci elektroenergetycznej. Taka elektrownia musi spełniać szczegółowe wymagania lokalnego operatora sieci, potrzebna jest też oczywiście jego zgoda na takie przyłączenie.

Okablowanie urządzeń

Budowa elektrowni wiatrowych wymaga szczególnego podejścia do problemu in-

Energia z wiatru

Energia wiatru jest przekształconą formą energii słonecznej. Przemieszczanie mas powietrza jest wywoływane przez różnicę w nagrzewaniu lądu i mórz, biegunów i równika, czyli przez różnicę ciśnień między różnymi strefami cieplnymi.

Największe doświadczenie w budowaniu farm wiatrowych mają Dania, Niemcy i Holandia. Obecnie firmy z tych krajów rozpoczynają na dużą skalę wiele inwestycji w Polsce. Przewiduje się, że w przyszłości cena za energię elektryczną z wiatru będzie sukcesywnie malała, a w 2010 roku będzie konkurencyjna z ceną energii z konwencjonalnych źródeł energii.

stalacji elektrycznych wewnątrz urządzenia. Poniżej przedstawione zostały typy przewodów do okablowania połączeń w siłowniach wiatrowych.

Ölflex H07BN4-F

Ölflex H07BN4-F (rys. 2) – kabel gumowy odporny na skręcanie.

Zastosowanie: jednożyłowy przewód gumowy do stosowania w energetyce wiatrowej przy obecności obciążeń skręcających, do zastosowań mobilnych, jak również do instalacji stałych, w pomieszczeniach suchych i wilgotnych, jak również do użytku na zewnątrz.

Szczególne własności: odporność na skręcanie do 150°/m, odporność na ścieranie, giętkość w niskich temperaturach, maksymalna temperatura żyły 90°C, samogasnący zgodnie z IEC 60332.1.

NSGAFÖU

Model NSGAFÖU (rys. 3) to przewód pojedynczy w izolacji gumowej 1,8 / 3 kV.

Zastosowanie: przewód gumowy, wykonany zgodnie z normą VDE, stosowany w rozdzielniach, okablowaniu urządzeń oraz pojazdach szynowych, autobusach.

Szczególne własności: olejoodporne według VDE oraz samogasnący (IEC 60332.1.), izolacja żył i płaszcz zewnętrzny na bazie gumy – czarna, samogasnąca, olejoodporna.

NSHXAFÖ

Jednożyłowy przewód bezhalogenowy 1,8 / 3,0 kV (rys. 4) do zastosowań w szafach sterowniczych elektrowni wiatrowych.

Zastosowanie: przewód gumowy wykonany zgodnie z normą VDE, stosowany w rozdzielniach, okablowaniu urządzeń oraz pojazdach szynowych, autobusach.

Szczególne własności: olejoodporne według VDE oraz samogasnący (IEC 60332.1.), izolacja żył i płaszcz zewnętrzny na bazie gumy, czarna, samogasnąca, olejoodporna.

Ölflex 150 Quattro

Wielozżyłowy przewód z izolacją z PCV i aprobatami norm międzynarodowych do zastosowania w instalacjach wewnątrz elektrowni wiatrowych.

Zastosowanie: przewody Ölflex 150/150 CY Quattro (rys. 5) nadają się do urządzeń sterujących w obrabiarkach, na taśmach produkcyjnych i montażowych, przenośnikach, liniach produkcyjnych itp., przy średnich obciążeniach mechanicznych do połączeń ułożonych na stałe oraz po części do montażu ruchomego przy ruchu swobodnym bez naprężenia rozciągającego



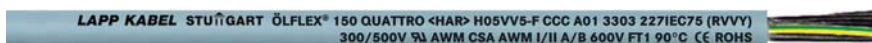
Rys. 2. Odporny na skręcanie, gumowy kabel Ölflex H07BN4-F



Rys. 3. NSGAFÖU – przewód pojedynczy w izolacji gumowej



Rys. 4. Jednożyłowy przewód bezhalogenowy NSHXAFÖ



Rys. 5. Ölflex 150 Quattro – wielozżyłowy przewód z izolacją z PCV i aprobatami norm międzynarodowych

oraz bez wymuszonych układów kierowania w pomieszczeniach suchych, wilgotnych i mokrych (również w obecności mieszanin wodno-olejowych). Nie należy stosować ich na zewnątrz.

Szczególne własności: płaszcz zewnętrzny posiada szczególne właściwości olejoodporne, przewód można stosować w ekstremalnych warunkach, również tam, gdzie inne tworzywa nie są w stanie oprzeć się warunkom środowiskowym i obecności roztworów chemicznych.

Budowa elektrowni wiatrowej

Elektrownia wiatrowa składa się z wirnika i gondoli umieszczonych na wieży. Najważniejszą częścią elektrowni wiatrowej jest wirnik, w którym dokonuje się zamiana energii wiatru na energię mechaniczną. Osadzony jest on na wale, poprzez który napędzany jest generator. Wirnik obraca się najczęściej z prędkością 15-20 obr./min, natomiast typowy generator asynchroniczny wytwarza energię elektryczną przy prędkości ponad 1500 obr./min. W związku z tym niezbędne jest użycie skrzyni przekładniowej, w której dokonuje się zwiększenie prędkości obrotowej. Najczęściej spotyka się wirniki trójłopatowe, zbudowane z włókna szklanego wzmocnionego poliestrem.

W piaście wirnika umieszczony jest serwo mechanizm pozwalający na ustawienie kąta nachylenia łopat (skoku). Gondola musi mieć możliwość obracania się o 360 stopni, aby zawsze można było ustawić ją pod wiatr. W związku z tym na szczycie wieży zainstalowany jest silnik, który poprzez przekładnię zębatą może ją obracać. W elektrowniach małej mocy, gdzie masa gondoli jest stosunkowo mała, jej ustawienie pod wiatr zapewnia ster kierunkowy zintegrowany z gondolą. Pracą mechanizmu ustawienia łopat i kierunkowania elektrowni zarządza układ mikroprocesorowy na podstawie danych wejściowych

(np. prędkości i kierunku wiatru). Ponadto w gondoli znajdują się: transformator, łożyska, układy smarowania oraz hamulec zapewniający zatrzymanie wirnika w sytuacjach awaryjnych.

Podstawowym kryterium podziału elektrowni wiatrowych pod względem budowy jest położenie osi obrotu wirnika. Występują dwa rodzaje elektrowni:

- z poziomą osią obrotu – HAWT (2) (ang. *Horizontal Axis Wind Turbines*) – są to najpopularniejsze konstrukcje, wykorzystywane w ponad 95% stosowanych rozwiązań,
- z pionową osią obrotu – VAWT (ang. *Vertical Axis Wind Turbines*).

Kolejne kryteria to:

- sposób wykorzystania produkowanej energii – wyróżnia się na przykład siłownie energetyczne i siłownie pompowe,
- liczba łopat wirnika – elektrownie jedno-, dwu-, trzy-, cztero- i wielołopatowe,
- usytuowanie wirnika względem kierunku wiatru i masztu (w elektrowniach typu HAWT): dowietrzne (ang. *up-wind*) oraz odwietrzne (ang. *down-wind*),
- szybkobieżność – elektrownie wolnobieżne, średniobieżne i szybkobieżne (szybkobieżność – stosunek prędkości obwodowej wirnika rotora (czyli obracającego się elementu turbiny silnika wiatrowego) do prędkości wiatru).

Najczęściej spotykanym modelem turbiny profesjonalnej jest turbina o trzech aerodynamicznych łopatach wykonanych z włókien szklanych lub węglowych oraz wieży o wysokości 20-70 m wykonanej ze

Warunki wiatrowe w Polsce

Energię wiatru można wykorzystywać na 40% powierzchni Polski. Prąd można uzyskiwać już przy wietrze o prędkości 2,5 m/s, jednak za użyteczną dla potrzeb energetycznych uważa się prędkość 4 m/s. Obliczenia prof. Haliny Lorenc z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej wykazują, że potencjalna roczna produkcja energii z wiatru wynosi w Polsce w granicach 86 950 tys. MWh.

Zastosowania i przeznaczenie elektrowni wiatrowych

Pojedyncza elektrownia wiatrowa może mieć różne przeznaczenie i zastosowanie, takie jak:

- produkcja energii elektrycznej na potrzeby własne i na sprzedaż do sieci państwowej,
- praca na sieć wydzieloną – oświetlenie, ogrzewanie pomieszczeń mieszkalnych, przemysłowych i rolniczych (domy mieszkalne, kościoły, jednostki wojskowe, porty, schroniska, zabudowania rolnicze),
- rolnictwo – zasilanie elektryczne maszyn i urządzeń gospodarczych,
- zasilanie pomp melioracyjnych (nawadnianie, odwadnianie),
- hodowla ryb, zasilanie urządzeń do napowietrzania i rekultywacji zbiorników wodnych (jeziora, stawy), podgrzewanie wody,
- oczyszczalnie ścieków – zasilanie urządzeń elektrycznych oraz dotlenianie osadników,
- rzemiosło – zasilanie elektryczne silników maszyn i urządzeń
- ogrodnictwo – oświetlenie i ogrzewanie elektryczne w produkcji szklarniowej,
- zasilanie elektryczne (małych) skupisk ludzkich w strefach odosobnionych lub ekologicznie chronionych (stacje meteo, klasztory, latarnie morskie, stacje naukowe, jednostki wojskowe, farmy hodowlane).

stali (tubulama lub rzadziej kratowa). W wielu zaawansowanych projektach turbin wiatrowych stosuje się system zmiany kąta natarcia wiatru na powierzchnię łopaty. Realizuje się to poprzez obrót każdej łopaty wokół własnej osi. Kąt natarcia reguluje się tak, aby był on najkorzystniejszy w danym przedziale prędkości. Zabezpieczeniem siłowni przez zniszczeniem (nadmierną prędkością obrotową) są hamulce. Automatem zatrzymanie siłowni wiatrowej następuje przy prędkości wiatru w przedziale od 25 do 30 m/s oraz przy prędkości wiatru poniżej 4 m/s. Stosuje się dwa rodzaje hamulców: mechaniczne – najczęściej tarczowe, oraz hamulce aerodynamiczne, tzn. zmiana kąta ustawienia łopaty.

Siłownie wiatrowe o poziomej osi obrotu

Siłownie wiatrowe o poziomej osi obrotu – to układ nazywany klasycznym, składający się z wirnika o różnej ilości łopat (zależnej od rodzaju projektu) osadzonego na wale głównym. Wał główny przekazuje napęd do przekładni zębatej, a ta do generatora (w przypadku elektrowni) lub innego urządzenia zasilanego energią mechaniczną, np. pompa wodna. Cały zespół wału głównego, przekładnia oraz generator są połączone razem i stanowią zwarty zespół napędowy umieszczony w gondoli na poduszkach wibroizolacyjnych. Gondola jest samonośną konstrukcją wsporczą dla zespołu napędowego. Gondola jest osadzona najczęściej na teflonowym łożysku wieńcowym, umożliwiającym jej obrót wokół wieży przy pomocy elektronicznych serwo-mechanizmów. Wirnik może znajdować się po stronie nawietrznej, jak i zawietrznej. Obydwa rozwiązania są stosowane w zależności od potrzeb. Pierwsze rozwiązanie stosuje się przy większych konstrukcjach,

z układem elektronicznego naprowadzania na kierunek wiatru lub sterem aerodynamicznym – wirnik pracuje wówczas przy równomiernym obciążeniu. Drugie rozwiązanie stosuje się raczej przy małych siłowniach, gdzie nie ma systemu naprowadzania na kierunek wiatru (elektronicznego czy też aerodynamicznego). Jego wadą jest powstawanie pola silnych turbulencji tuż za wieżą, co powoduje niekorzystne zjawiska wpływające na łopatki wirnika.

Lokalizacja

Wydatność siłowni wiatrowych w dużej mierze zależy od ich lokalizacji w terenie. Zasadniczy wpływ ma tu ukształtowanie terenu (podłużne wzgórza, pojedyncze wzgórza i góry, skarpy zagłębienia, przełęcze), przeszkody (budynki, drzewa). Płaski obszar porośnięty trawą jest typowym przykładem terenu o jednolitej szorstkości. Na tym obszarze prędkość wiatru na wybranej wysokości jest prawie jednakowa. Przeszkody terenowe (budynki, rzędy drzew, pojedyncze drzewa) znajdujące się na drodze przesuwających się mas powietrza powodują gwałtowne zmniejszenie prędkości wiatru i wzrost turbulencji w jej pobliżu. Zaburzenie w przepływie wywo-

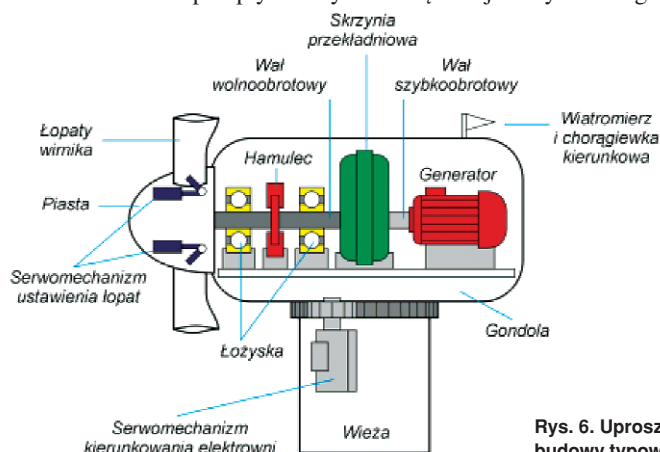
lane przeszkodą ma niezwykle negatywny wpływ na trwałość i żywotność konstrukcji elektrowni, aczkolwiek współczesne obiekty charakteryzują się wysoką niezawodnością i trwałością.

Zmienność wiatru w ujęciu przestrzennym zależy także od wysokości. Średnia prędkość wiatru rośnie wraz z wysokością względem powierzchni ziemi. Im wyżej, tym wiatr ma coraz bardziej stały charakter (mniejsze turbulencje spowodowane ukształtowaniem terenu). Z drugiej strony wraz ze wzrostem wysokości względem poziomu morza zmniejsza się gęstość powietrza, a to oznacza mniejszą proporcjonalnie moc wiatru.

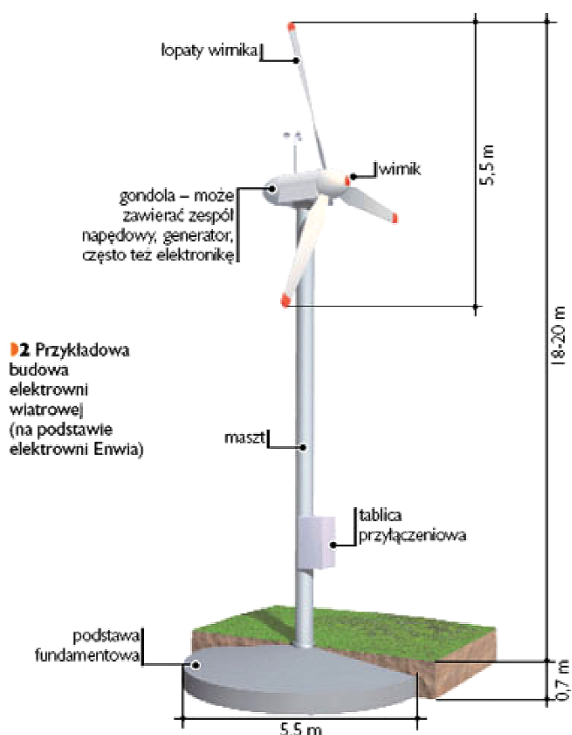
Budowa elektrowni wiatrowej wymaga dużej, otwartej przestrzeni. Stanowi to poważny problem szczególnie dla farm wiatrowych, w których muszą być zachowane odpowiednie odległości między samymi wiatrakami. Jednak obszar faktycznie zajmowany przez siłownię jest niewielki. Szacuje się, że 99% gruntów leżących w strefie oddziaływania parku wiatrowego nadaje się użytku rolniczemu, zarówno do uprawy ziemi jak i hodowli zwierząt, a dzierżawa gruntu pod elektrownie może być dodatkowym źródłem dochodu dla rolników. Znanymi są również przypadki lokalizacji elektrowni wiatrowych na wysokich hałdach (np. zwałowisk kopalnianych), co stanowi pewien sposób ich zagospodarowanie.

Morskie farmy wiatrowe

Optymalną lokalizacją dla farm wiatrowych wydaje się morze, które zapewnia stałe wiatry o dużych prędkościach. Niestety koszty takiego rozwiązania znacznie przewyższają lokalizację lądową – droższe są fundamenty, podwodna linia kablowa wyprowadzająca moc, trudniejszy montaż. Rysunek 1 przedstawia fragment duńskiej, lądowej farmy Middelgrunden, składającej



Rys. 6. Uproszczony schemat budowy typowej siłowni wiatrowej



Rys. 7. Elektrownia wiatrowa z poziomą osią obrotu
 się z 20 wiatraków po 2 MW. Największa (również duńska) morska farma wiatrowa Horns Rev składa się z 80 takich turbin, osiągając moc 160 MW.

Możliwości rozwoju w Polsce

Możliwości rozwoju energetyki wiatrowej w Polsce są bardzo obiecujące, na co wskazują przedstawione przez Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej wyniki badań – uzyskane na podstawie wieloletnich obserwacji kierunków i prędkości wiatru. Uprzywilejowanymi w Polsce rejonami pod względem zasobów wiatru w mezoskali są:

- środkowe, najbardziej wysunięte na północ części wybrzeża od Koszalina po Hel,
- rejon wyspy Wolin,
- Suwalszczyzna,
- środkowa Wielkopolska i Mazowsze,
- Beskid Śląski i Żywiecki,
- Bieszczady i Pogórze Dynowskie.

Robert Mikulski

Autor jest pracownikiem firmy Lapp Kabel

BIBLIOGRAFIA

- [1] Zbigniew Lubośny – Elektrownie wiatrowe w systemie elektroenergetycznym,
- [2] Ekelund T. – Modeling and linear quadratic optima control of wind turbines,
- [3] Barzyk G., Dopiera M. – Istotne parametry wyjściowe siłowni wiatrowych i ich wpływ na pracę urządzeń odbiorczych.



KONTAKT

Lapp Kabel Sp. z o.o.
 ul. Wroclawska 33 d
 Długoleka 55-095 Mirków
 tel. (71) 330 63 00
 fax (71) 330 63 06
 e-mail: info@lappolska.pl
 www. lappolska.pl

A
M
A
L
K
E
R