

MAŁE ELEKTROWNIE WIATROWE JAKO ŹRÓDŁA GENERACJI ROZPROSZONEJ

dr inż. Grzegorz Barzyk

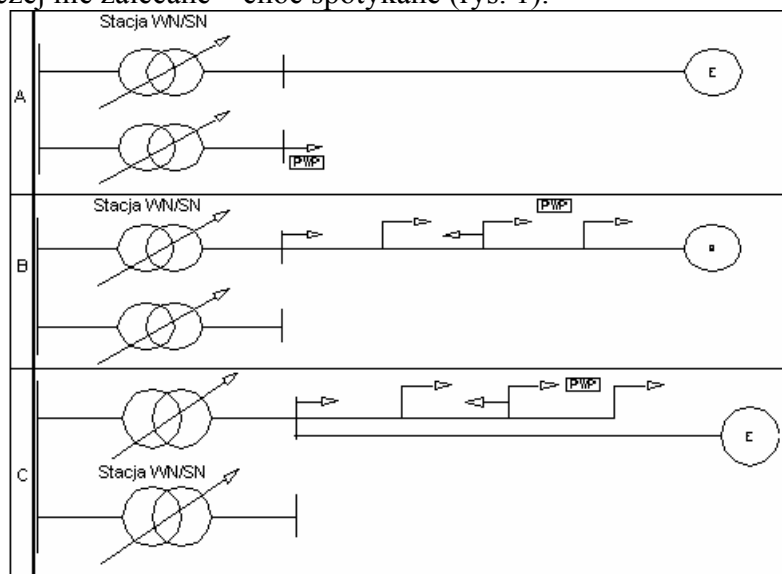
dr inż. Paweł Szwed

Instytut Elektrotechniki
Politechnika Szczecińska

Prawidłowo przyłączone do systemu elektroenergetycznego małe elektrownie wiatrowe, nie tylko nie muszą stanowić dla niego zagrożenia, lecz mogą być także elementem je poprawiającym. Jak wykazuje praktyka, coraz częściej instalowane w Kraju, najczęściej sprowadzane w ramach tzw. repoweringu, urządzenia mogą i z dużym powodzeniem pełnić funkcję źródeł generacji rozproszonej. Zdarzają się jednak sytuacje, w których nawet niewielka moc przyłączanych źródeł generatorowych może stanowić dla węzłów systemu groźbę niedopuszczalnego wzrostu napięcia, czy też przekroczenia dopuszczalnych obciążalności prądowej ciągów przesyłających produkowaną energię elektryczną. W publikacji na bazie rzeczywistych przykładów Autorzy przedstawili kilka związanych z tym kwestii i problemów.

1. WSTĘP

Przyłączenie elektrowni wiatrowych (lub farm wiatrowych) o mocach od kilkuset kilowatów do pojedynczych megawatów, najczęściej realizuje się poprzez sprzęgnięcie z sieciami SN. W przypadku większych mocy (najczęściej 3-5 MW i powyżej), powiązania z sieciami SN są raczej nie zalecane – choć spotykane (rys. 1).



Rys.1. Możliwe warianty przyłączenia siłowni wiatrowych.

A. Przyłączenie wydzieloną linią do stacji GPZ WN/SN.

B. Przyłączenie do linii średniego napięcia, do której przyłączono innych użytkowników sieci.

C. Przyłączenie wydzieloną linią SN do tej samej sekcji szyn SN w GPZ co inni użytkownicy sieci

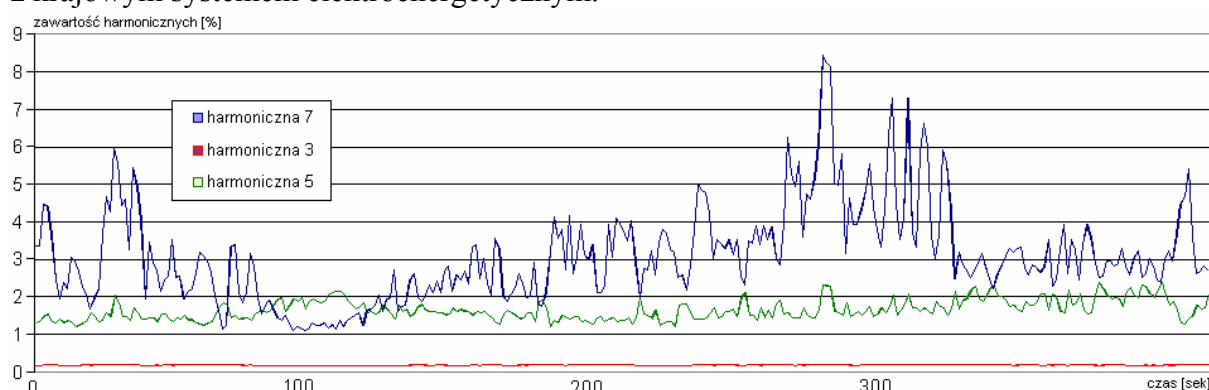
Wybór rodzaju oraz wariantu przyłączenia zależy każdorazowo od własności zarówno przyłączanych zespołów prądotwórczych, jak i interakcji pomiędzy nimi oraz systemem elektroenergetycznym. W Polsce, do stycznia 2005 r., wszelkie instalacje generatorowe w procesie uzyskiwania warunków przyłączenia legitymować się powinny analizą, z której wynikać powinien wpływ projektowanej inwestycji na system elektroenergetyczny. Obecnie, zgodnie z zapisami Dz.U nr 2/2005 poz.6 z 6.01.2005 r., analizę taką jako niezbędną, powinny posiadać jedynie instalacje generatorowe o mocy powyżej 5 MW. W takim zapisie Ustawodawca, (w mniej lub bardziej uzasadniony sposób) zawarł poziom

wytwarzanej w źródłach generatorowych mocy dla grupy stanowiącej tzw. klasyczną generację rozproszoną najczęściej przyłączaną do systemu SN.

Od połowy 2003 roku w Kraju pojawia się coraz więcej używanych elektrowni wiatrowych sprowadzanych w ramach prywatnego importu. Aktualnie (styczeń 2005) jest ich już zainstalowanych około 30 sztuk, a w najbliższej przyszłości, głównie z uwagi na bieżące zmiany prawa energetycznego oraz Rozporządzenia regulującego zasady przyłączenia do sieci, należy liczyć się z rychłym zwiększeniem tej liczby. Najczęściej sprowadzane obecnie do Polski używane elektrownie wiatrowe mają moc 100 kW, choć spotykane są również większe, rzędu 500 (Osiek), a nawet 750 kW (k. Suwałk).

Możliwość praktycznego zainstalowania tych elektrowni wiatrowych w decydującym stopniu determinują ich własności widziane od strony systemu elektroenergetycznego. Należy pamiętać, że nawet niewielka moc pozorna elektrowni wiatrowych (nie tylko pochodzących z pochodzących z repoweringu, może w efekcie stanowić o znaczącym (procentowym) wzroście mocy zwarciowej punktu przyłączenia. To jak wiadomo z kolei w prosty sposób przekłada się na wrażliwość systemu związaną m.in. z wahaniami napięcia. Przyłączenie elektrowni wiatrowych w konkretnym miejscu systemu elektroenergetycznego to także możliwe interakcje związane z np. nakładaniem się (superpozycją) składowych harmonicznych tzw. sieciowych jak również generowanych przez energoelektroniczne układy sprzęgające jednostkę elektrowni wiatrowej z siecią.

Na rys. 1 przedstawiono przykład przebiegu wybranych składowych harmonicznych generowanych przez elektrownię wiatrową V17 (w warunkach konkretnej lokalizacji). Z rysunku odczytać można, iż przebieg szczególnie siódmej harmonicznej poważnie grozi nie wypełnieniem wymagań §34 pkt 4 b Dz. U nr 2/2005 poz.6, a co za tym idzie grozi także nakazem wyeliminowania tak zaprojektowanej elektrowni wiatrowej ze współpracy z krajowym systemem elektroenergetycznym.



Rys. 2. Przebieg wybranych składowych harmonicznych generowanych przez turbinę V17 w warunkach wybranej lokalizacji.

Przedstawiony wcześniej przepis, iż jednostki poniżej 5 MW nie muszą posiadać dokumentów określających jakość współpracy z systemem elektroenergetycznym może zatem spowodować, iż w systemie pojawić się może wiele „siejących” jednostek generatorowych (Elektrownia V17 posiada bowiem moc znamionową na poziomie 75 kW).

Powyższe jest o tyle istotne, że nawet turbiny posiadające tzw. Windtesty czyli dokumenty certyfikujące wykonane w oparciu o zalecenia IEC 61400, nie muszą w warunkach konkretnej lokalizacji wypełniać wymagań prawa jw. – tym bardziej, że zgodnie z w/w Ustawą, normą IEC 61400, normą PN EN50160 czy też Raportem DEFU CR111-E, np. definiowanie dopuszczalnych przedziałów THD nie jest ze sobą całkowicie spójne!

2. MAŁE I ROZPROSZONE, ALE CZY BEZPIECZNE

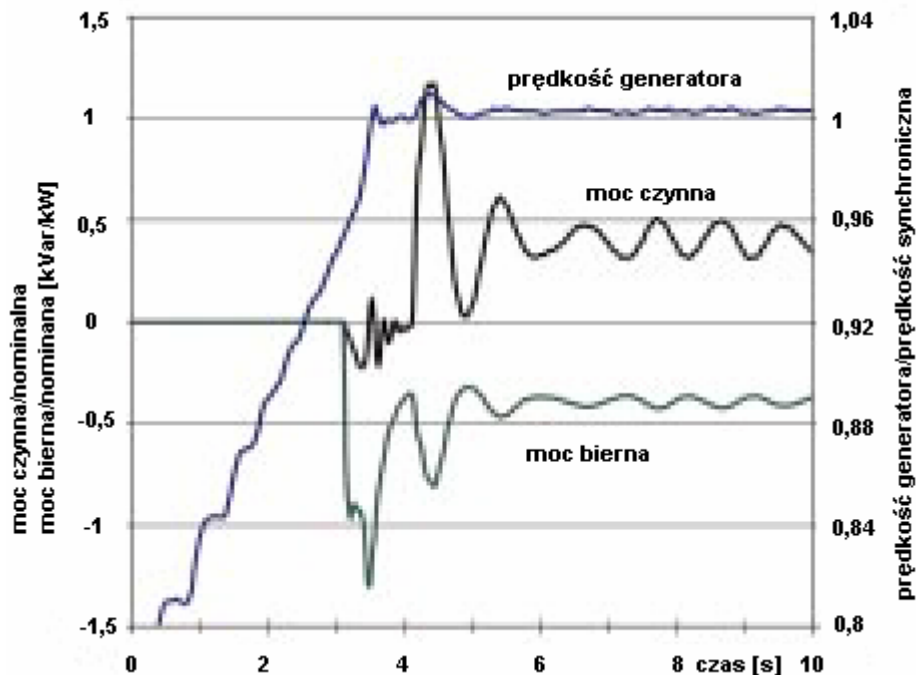
W wielu małych elektrowniach wiatrowych sprzęgnięcie z siecią elektroenergetyczną jest bezpośrednie. W układzie pracy nie wykorzystuje się wówczas elementów energoelektronicznych mogących generować w sposób istotny składowe harmoniczne, ale również realizować opcje „miękkiego uruchomienia” tzw. softstartu.

Brak opcji płynnego uruchomienia, jak również energoelektronicznych układów regulacji mocy wyjściowych może, jak wykazuje doświadczenie, powodować we współpracy z systemem elektroenergetycznym wcześniej nie dostrzegane komplikacje.

Jak wynika z literatury, w tym m.in. z Raportu DEFU CR111E, np. elektrownie wiatrowe wykorzystujące zjawisko typu *stall*, cechuje nietypowo wysoka zależność mocy nominalnej od temperatury oraz ciśnienia (w turbinach wiatrowych wykorzystujących zjawisko typu *stall*, moc wzrasta przy niższej temperaturze i wyższym ciśnieniu).

Brak układów zapewniających płynną regulację mocy wyjściowej oraz softstart powoduje, iż turbiny takie cechuje bardzo wysoki parametr maksymalnej mocy chwilowej (0,2 sek), niejednokrotnie na poziomie 141-164 % P_n .

Efektom wykorzystywania zjawiska typu *stall*, jest także stosunkowo niski współczynnik tłumienia zakłóceń oraz większy od turbin wykorzystujących regulację typu *pitch*, czas ustalenia zadanych przez układ sterowania wartości ustalonych (rys.3).



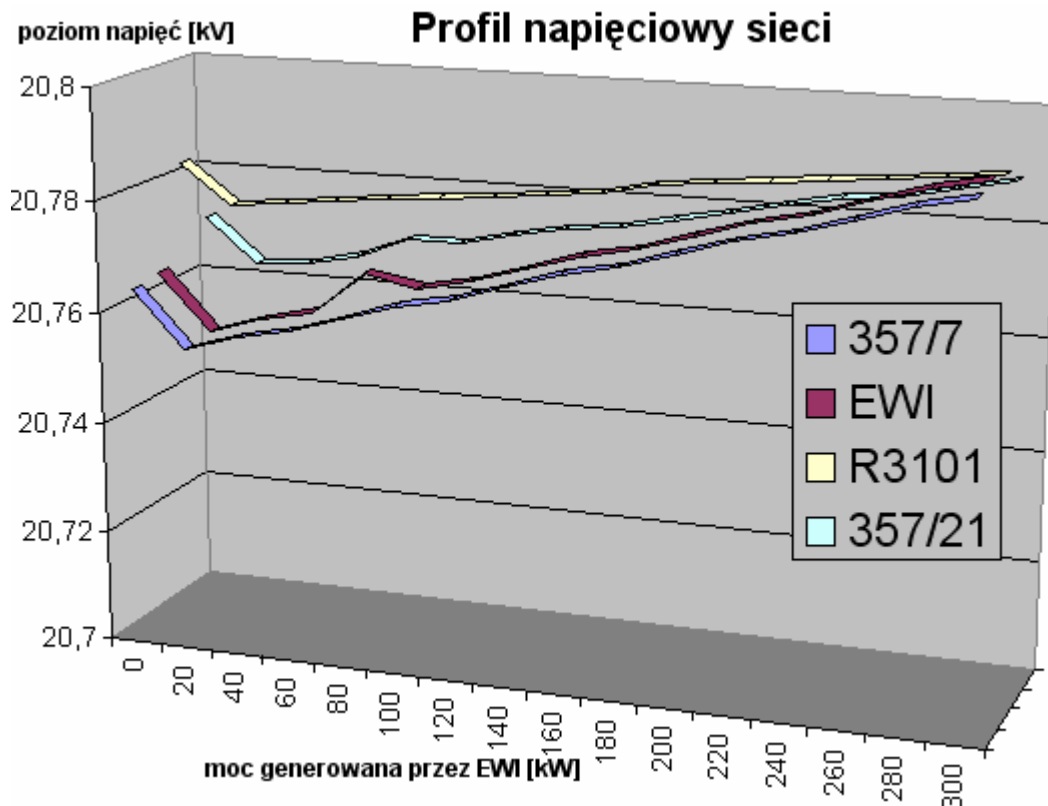
Rys. 3. Załączenie siłowni regulowanej typu *stall* bezpośrednio sprzężonej z siecią, za [8].

Jak wynika z raportu holenderskiego Instytutu ECN [7], dla rotora o średnicy 43 m wykorzystującego zjawisko typu *stall*, a przewidzianego do generowania mocy 600kW, w szczególnych warunkach meteorologicznych (patrz uwaga wyżej), odnotowano produkcję nawet ponad 700 kW!

Zagadnienie to jest o tyle istotne, że wraz z wyborem typu elektrowni wiatrowej, jako moc wspomagającą obliczenia np. analizy rozplływowej (mającej wpływ na określenie długotrwałej obciążalności prądowej ciągów transmitujących energię elektryczną) najczęściej przyjmuje się zwykłą moc nominalną generatora. Tymczasem przyjęcie takie nie jest zgodne z normą IEC61400 (a także innych norm i zaleceń), wg której do analiz należy przyjmować wartości mocy maksymalne lub chwilowe (np. $P_{0,2}$, P_{10})

Zauważmy że dla turbiny Vestas V39 o mocy nominalnej 500kW, maksymalna moc chwilowa P_{mc} wynosi aż 1,64 P_n , co oznacza w efekcie moc obliczeniową o wartości 820kW! Należy pamiętać, że istnieje wysoka zależność poziomu napięcia w węzle

stanowiącym punkt przyłączenia (oraz odpowiednio sąsiednich) od poziomu mocy generowanej. Przykładowy profil napięciowy punktu przyłączenia (EWI oraz węzłów sąsiednich) jednego z projektowanych parków wiatrowych złożonego z 3 turbin V17 o mocy jednostkowej 90 kV pokazano na rys. 4.



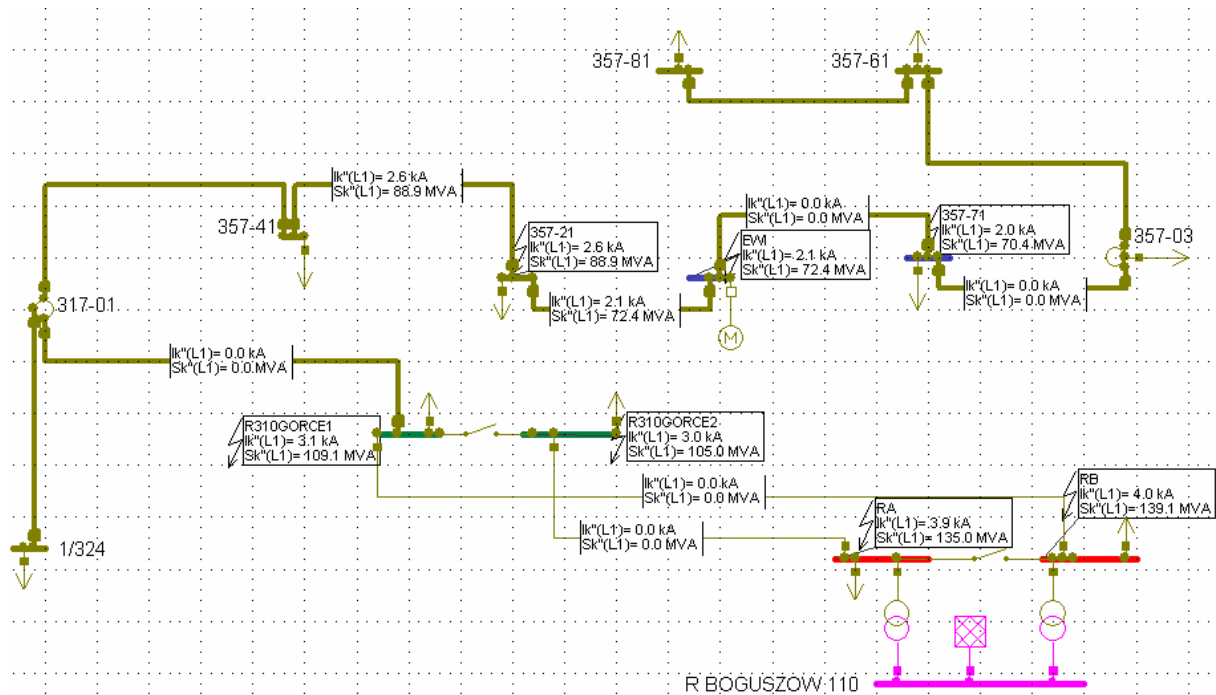
Rys. 4. Profil napięciowy sieci w funkcji mocy generowanej. Odniesienie do punktów sieci 357/7, EWI, R3011 oraz 357/21

Przedstawiony przykład ilustruje dobrze dobraną lokalizację analizowanego parku wiatrowego. Zmiana napięcia jest niewielka i dopuszczalna przepisami. Należy jednak zauważyć, że w innych możliwych sytuacjach związanych z przyłączeniem elektrowni wiatrowych do punktu o niskiej „sztywności”, przedstawiona zależność może być znacznie bardziej stroma, nie odpowiadająca żadnym uregulowaniom prawnym.

Na szczęście, jak wykazuje praktyka, elektrownie wiatrowe małej mocy, najczęściej dobrze współpracują z systemem elektroenergetycznym.

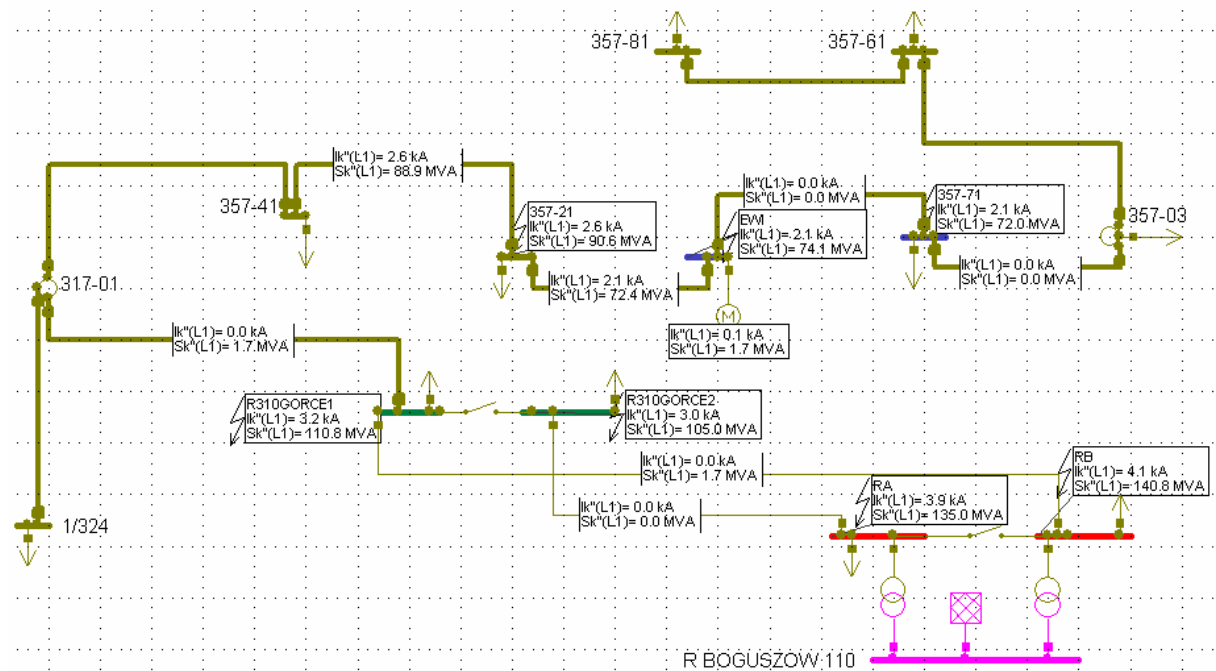
Przyłączane do węzłów sieci SN podnoszą moc zwarciovą punktu przyłączenia i często nie tylko nie zwiększają obciążenia ciągów liniowych, ale i nierzadko zmniejszają moc dosyłową.

Na rys. 5-8 przedstawiono schematy określające wielkości zwarciove oraz analizę rozplwową dla przykładowego parku wiatrowego o mocy szacunkowej 300 kW. Analizę wykonano przy użyciu inżynierskiego oprogramowania Neplan 4.2 ®



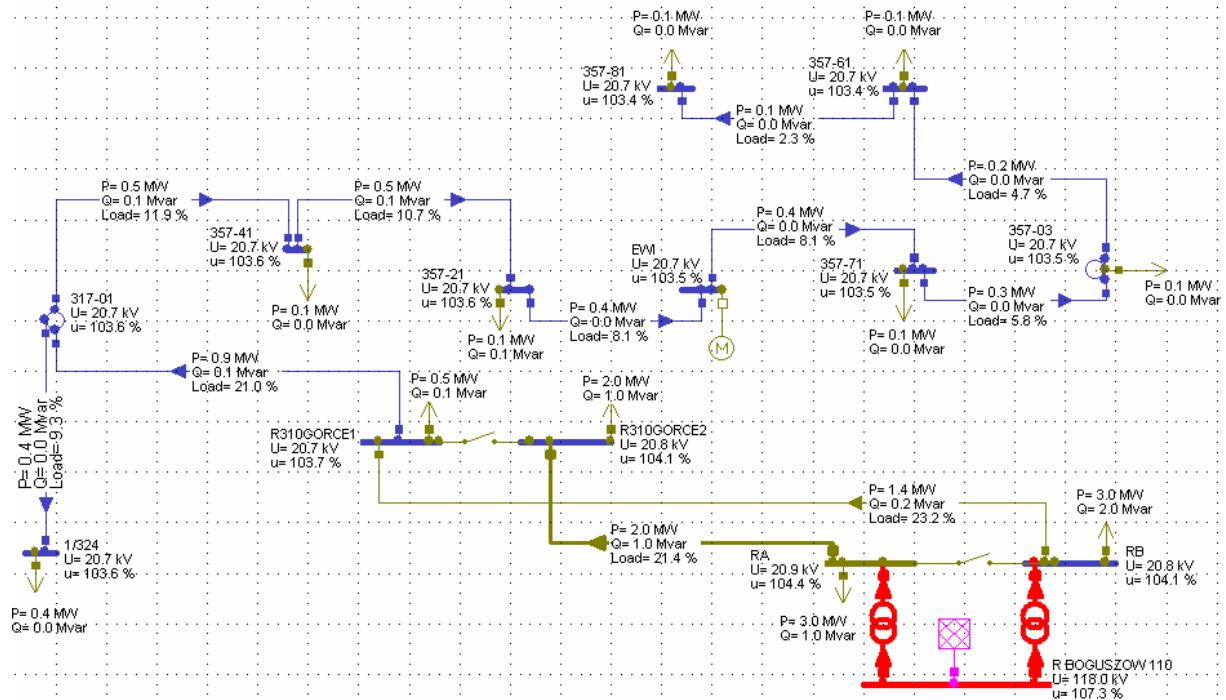
Rys. 5. Schemat prezentujący poziomy mocy zwarciowej modelu.

Jak pokazano na rys. 6, przyłączenie parku wiatrowego spowodowało zwiększenie mocy zwarciowej punktu przyłączenia do 74,1 MVA czyli o 2,34%. W ten sposób wzrosła „sztywność” punktu przyłączenia oraz węzłów sąsiednich, co w praktyce przełożyło by się na wzrost odporności systemu i jego zdolność przeciwdziałania zwarciom.

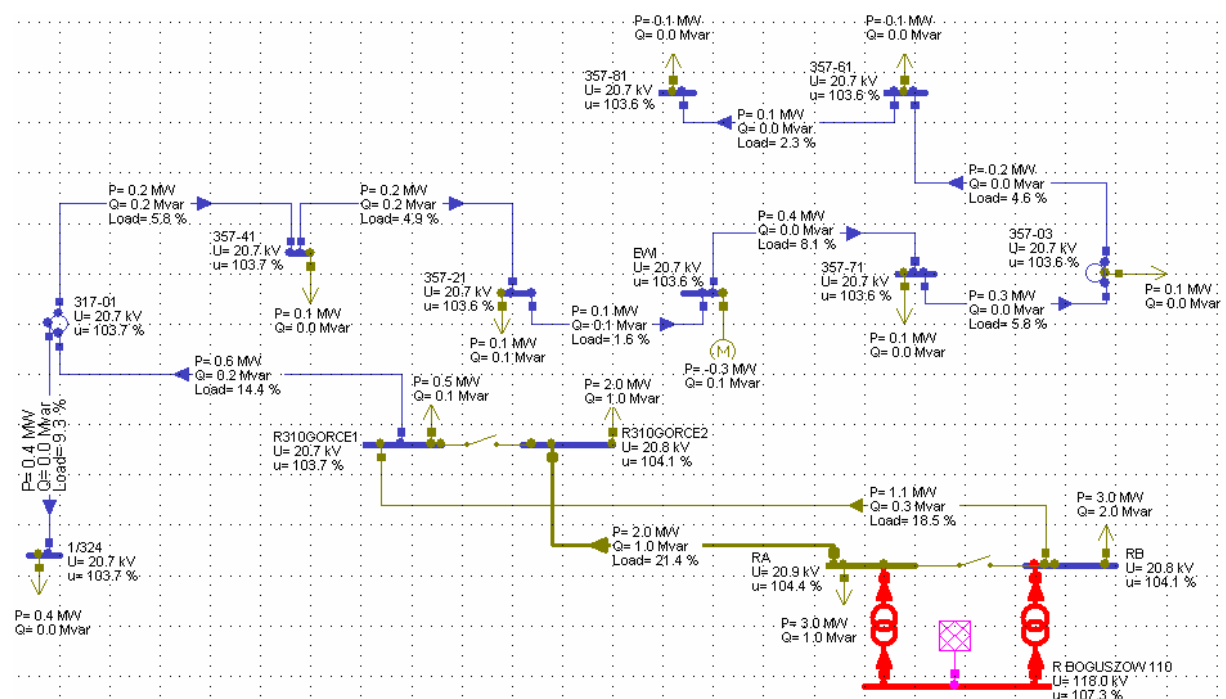


Rys.6. Prezentacja wielkości zwarciowych po przyłączeniu parku wiatrowego.

Z kolei na rys. 7 i 8 przedstawiono fragment analizy rozpliwowej analizowanego przykładu, z której można określić jak zmieniają się warunki napięciowe oraz obciążenia ciągów liniowych



Rys. 7. Model sieci w stanie obciążenia max bez elektrowni wiatrowych.



Rys. 8 Model sieci w stanie obciążenia max z elektrowniami wiatrowymi.

3. WNIOSKI

Własności jakie posiadają elektrownie wiatrowe małej mocy najczęściej dobrze odpowiadają pożądanym cechom źródeł generacji rozproszonej. Istnieją oczywiście sytuacje, w których nawet niewielkie moce wprowadzane do systemu mogą stanowić o potencjalnym niebezpieczeństwie utraty lokalnej stabilności. Są to jednak, jak wykazuje doświadczenie sytuacje marginalne. Zwykle niewielkie moce elektrowni wiatrowych (jak w przedstawionym powyżej przykładzie) nie powodują przekroczeń w zakresie podwyższenia poziomów napięć oraz dopuszczalnych długotrwałych obciążeń prądowych linii SN.

Zwykle przyłączenie właściwie zaprojektowanego i „dobrze przyłączonego” parku wiatrowego nawet średniej mocy nie powoduje niedopuszczalnego wzrostu wartości napięcia

zarówno w węźle przyłączeniowym jak i punktach sąsiednich systemu. Wprowadzana moc elektrowni wiatrowych często ogranicza w sposób korzystny moc dosyłową o wartość produkowaną w elektrowniach (w analizowanym przykładzie dla fragmentu zasilanego promieniowo od punktu 357-21). Zwiększona na wskutek wprowadzenia układu generatorowego wartość mocy zwarciowej zawierając się w możliwościach wyłączeniowych istniejącej automatyki zabezpieczeniowej stanowi cechę pozytywną dla systemu.

Projektowanie parku wiatrowego to umiejętność od której zależy zarówno inwestycyjny jak i eksploatacyjny efekt ekonomiczny. Własności współpracy z systemem elektroenergetycznym zależą jak wykazano nie tylko od miejsca w systemie (punktu przyłączenia), ale także (a może w sposób zasadniczy) od typu i cech samych elektrowni wiatrowych. Brak konieczności wykonywania analiz własności współpracujących elementów systemu dla mocy do 5 MW wydaje się w tym świetle być elementem niekorzystnym.

LITERATURA

- [1] Barzyk G. Układ sterowania oraz model siłowni wiatrowej; w Mat VIII Forum OZE, Międzybrodzie Żywieckie 2002,
- [2] Barzyk G. Wybrane problemy związane z przyłączeniem elektrowni wiatrowych do sieci energetycznej; Artykuł przygotowany na konferencję APE'03, Gdańsk 2003,
- [3] Barzyk G. Zastosowanie technologii czasu rzeczywistego w energetyce wiatrowej; „Energetyka”, 12/2004,
- [4] Barzyk G., et al Some aspects of wind turbines connection to the grid, in proceedings of 5th ISTC UEES'01; Szczecin –Międzyzdroje 2001,
- [5] Connection of wind turbines to low and medium voltage networks. October 1998, Committee report 111-E. DEFU, DK-2800 Lyngby.
- [6] Deutsches Wind Energie Institut "Richtlinie zur Bewertung der elektrischen Eigenschaften einer Windenergieanlage" Germany,
- [7] Energy Research Centre of the Netherlands) Raport nr ECN-C--01-042 pt. "Stall flag diagnostics of the Aerpac 43m rotor"
Wind turbine Grid Integration and Interaction, DEWI , Techwise, DM Energy Raport UE, 5/2001

SMALL WIND TURBINES AS ELEMENTS OF DISTRIBUTED GENERATION

Small wind turbines which are correctly connected to the grid are usually its safety elements.

In a practice, most often installed in Poland repowered wind turbines can work with all attributes of distributed generation sources. There are of course a lot of situations and cases with dangers of inadmissible growth of voltage level or load of electric lines. In a paper Authors based to real example of wind park (project) shown some interested problems and questions referred to them.