



OGRANICZENIA MOŻLIWOŚCI WYPROWADZENIA MOCY Z ROZPROSZONYCH ŹRÓDEŁ ENERGII

Barbara Kaszowska, Andrzej Włóczyk
Politechnika Opolska
Wydział Elektrotechniki, Automatyki
i Informatyki

b.kaszowska@po.opole.pl, a.wloczyk@po.opole.pl

Przyłączenie źródeł generacji rozproszonej do sieci elektroenergetycznej wymaga przeprowadzenia analizy technicznej i ekonomicznej, która określa wpływ tych źródeł na funkcjonowanie systemu. Pozytywny wynik takiej analizy warunkuje wydanie przez operatora systemu warunków przyłączenia.

Wymagania, jakie muszą być spełnione przez przyłączane do sieci rozproszone źródła energii w zakresie współpracy z KSE, wynikają m. in. z obowiązujących aktów prawnych i zasad obowiązujących w przedsiębiorstwach energetycznych:

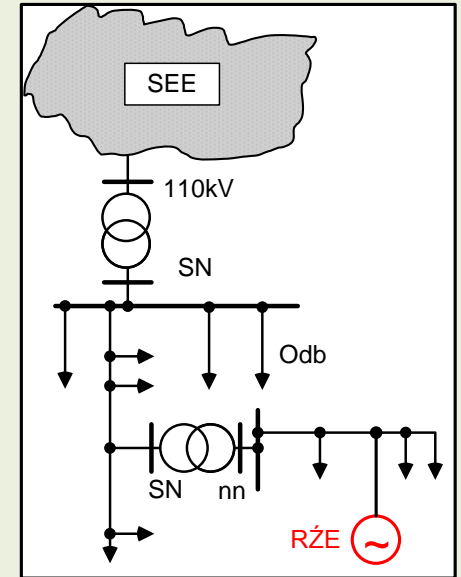
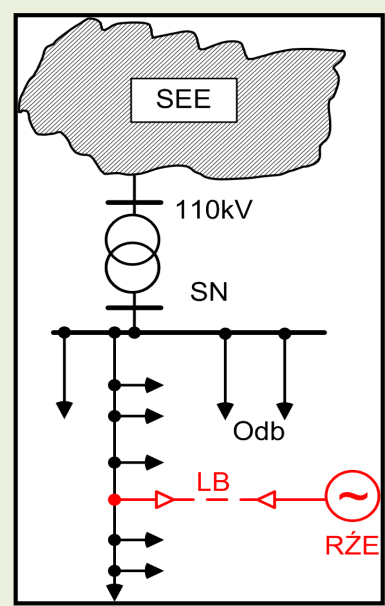
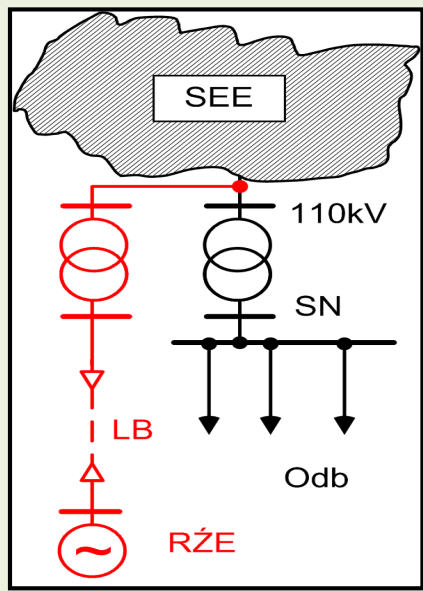
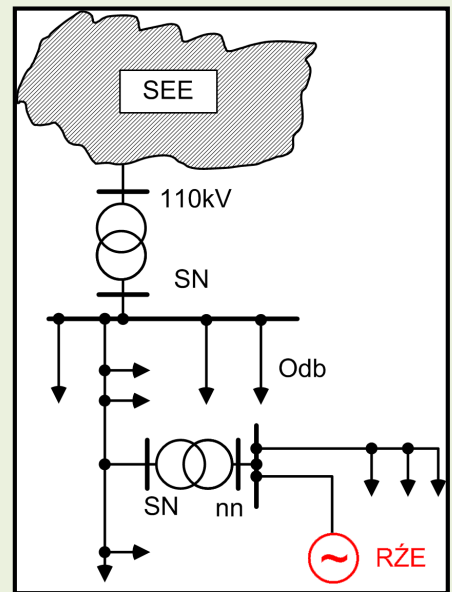
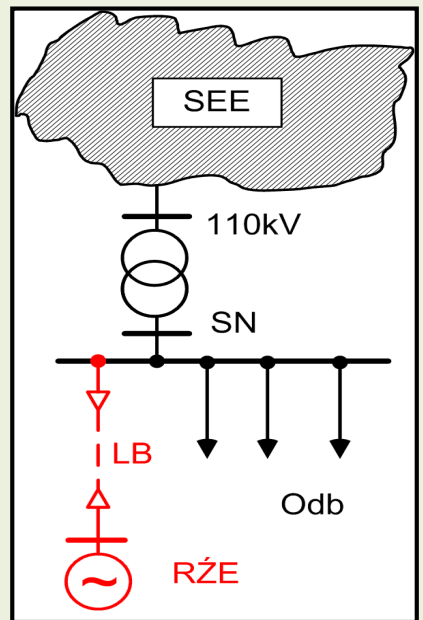
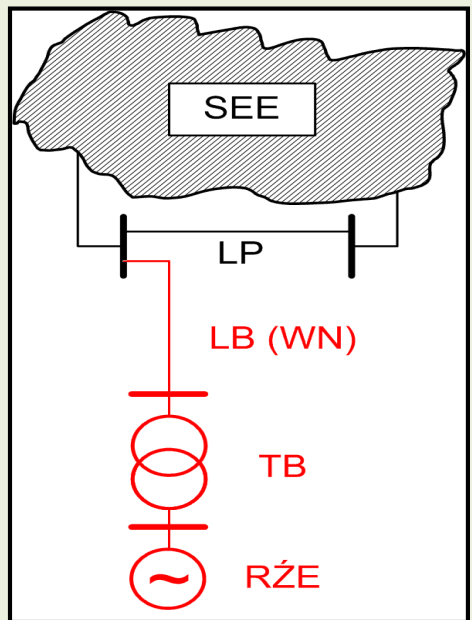
1. Ustawa Prawo energetyczne.
2. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego. Dz. U. Nr 93, 2008.
3. Instrukcja Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej. TAURON Dystrybucja S. A., 2014.

4. Kryteria techniczne oceny możliwości przyłączenia jednostek wytwórczych do sieci dystrybucyjnej średniego napięcia TAURON Dystrybucja S.A., TAURON Dystrybucja S. A., 2014.
5. Notatka służbowa z Warsztatów „Wykonywanie ekspertyz wpływu na sieć elektroenergetyczną jednostek wytwórczych w oparciu o system do obliczeń sieciowych OeS oraz kryteriów przyłączania”, 2016.

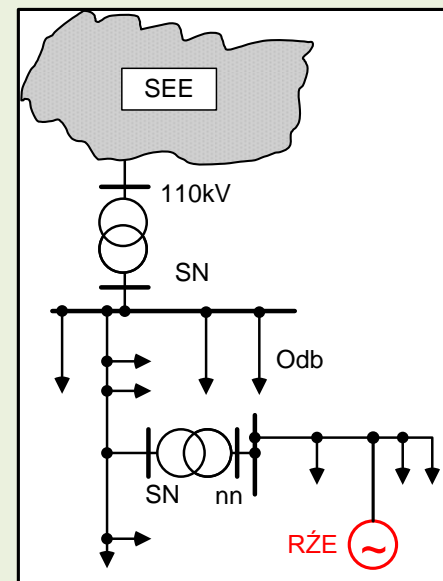
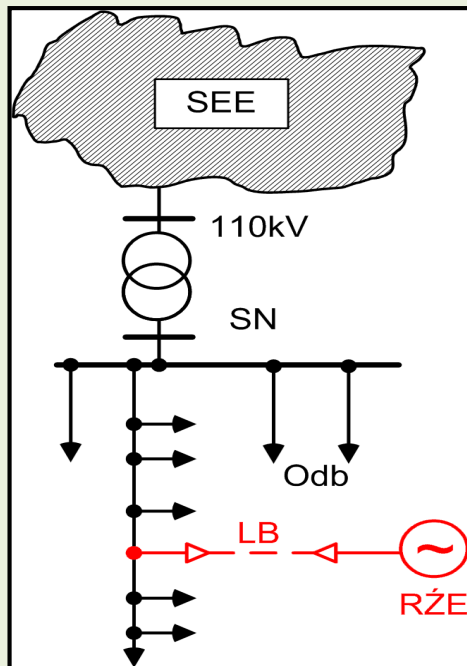
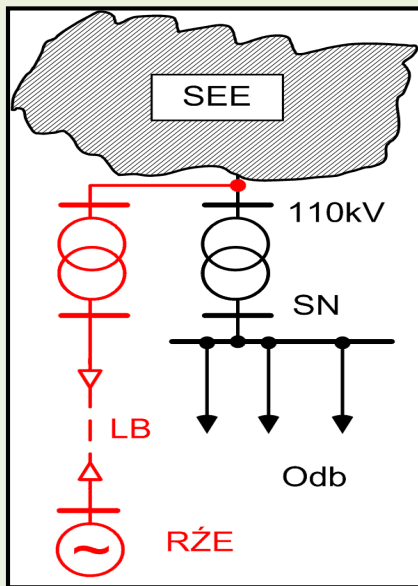
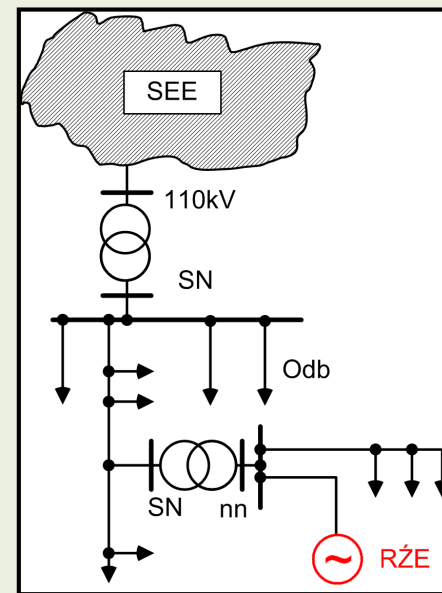
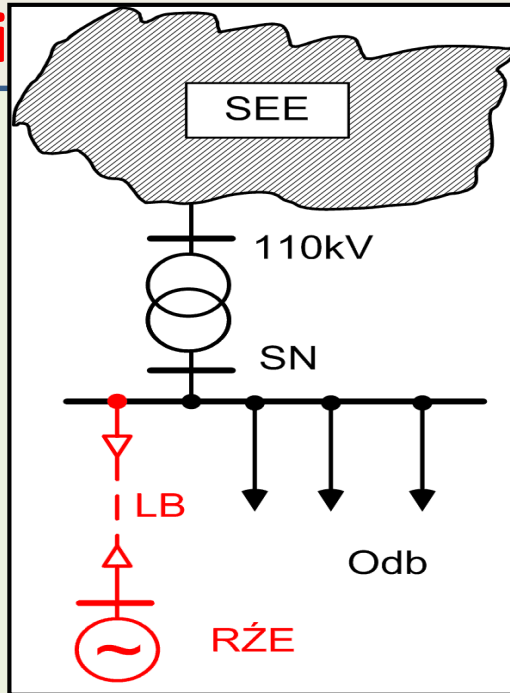
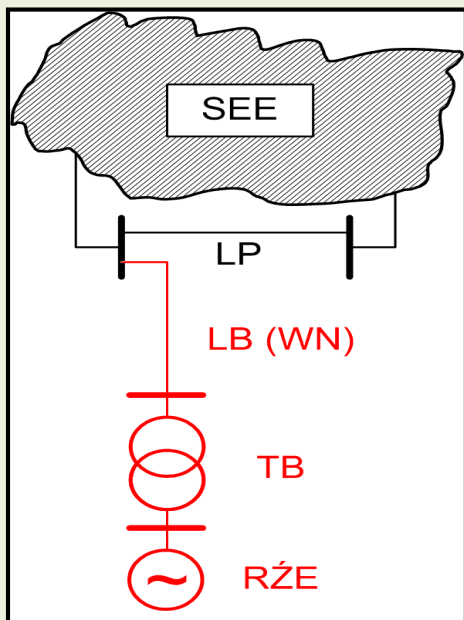
Urządzenia, instalacje i sieci podmiotów ubiegających się o przyłączenie oraz podmiotów przyłączonych do sieci dystrybucyjnej, muszą spełniać wymagania techniczne i eksploatacyjne, zapewniające:

1. bezpieczeństwo funkcjonowania systemu elektroenergetycznego,
2. zabezpieczenie systemu elektroenergetycznego przed uszkodzeniami spowodowanymi niewłaściwą pracą przyłączonych urządzeń, instalacji i sieci,
3. zabezpieczenie przyłączonych urządzeń, instalacji i sieci przed uszkodzeniami w przypadku awarii lub wprowadzenia ograniczeń w poborze lub dostarczaniu energii,
4. dotrzymanie w miejscu przyłączenia urządzeń, instalacji i sieci parametrów jakościowych energii,
5. spełnienie wymagań w zakresie ochrony środowiska, określonych w odrębnych przepisach,
6. możliwość dokonywania pomiarów wielkości i parametrów niezbędnych do prowadzenia ruchu sieci oraz rozliczeń.

Układy wyprowadzenia mocy z rozproszonych źródeł energii



Układy wyprowadzenia z izolowanych źródeł energii



Analiza efektów przyłączenia nowych źródeł energii

Przykład

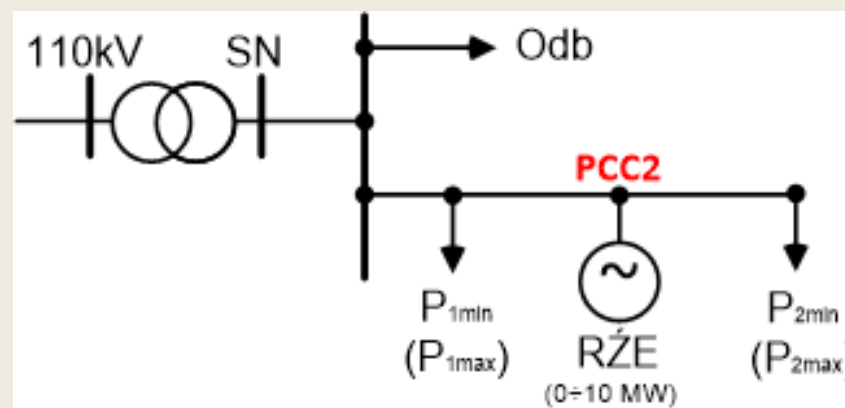
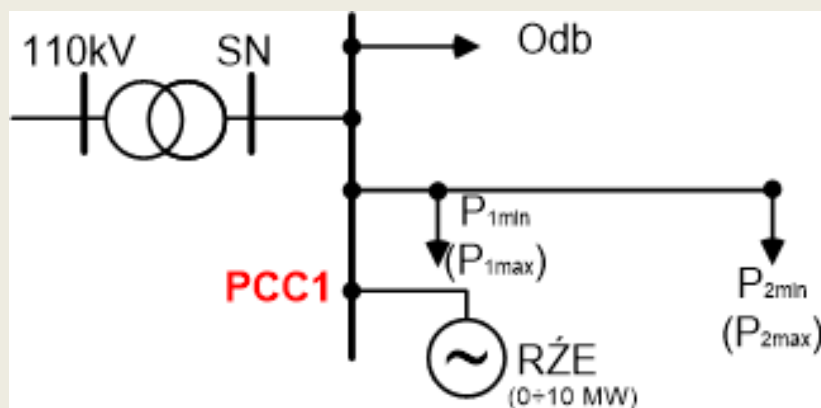
Analiza efektów przyłączenia nowych rozproszonych źródeł energii:

1. wpływ na straty mocy w sieci SN
2. wpływ na poziom napięcia po stronie SN w GPZ

Analizowane układy przyłączenia:

1. układ bez źródeł rozproszonych,
2. układ z przyłączonym źródłem do szyn SN w GPZ (PCC1),
3. układ z przyłączonym źródłem w głębi sieci rozdzielczej SN – do linii SN (PCC2).

Obciążenie minimalne transformatora 110kV/15kV wynosiło 2,7MW, obciążenie maksymalne – 7,6MW.



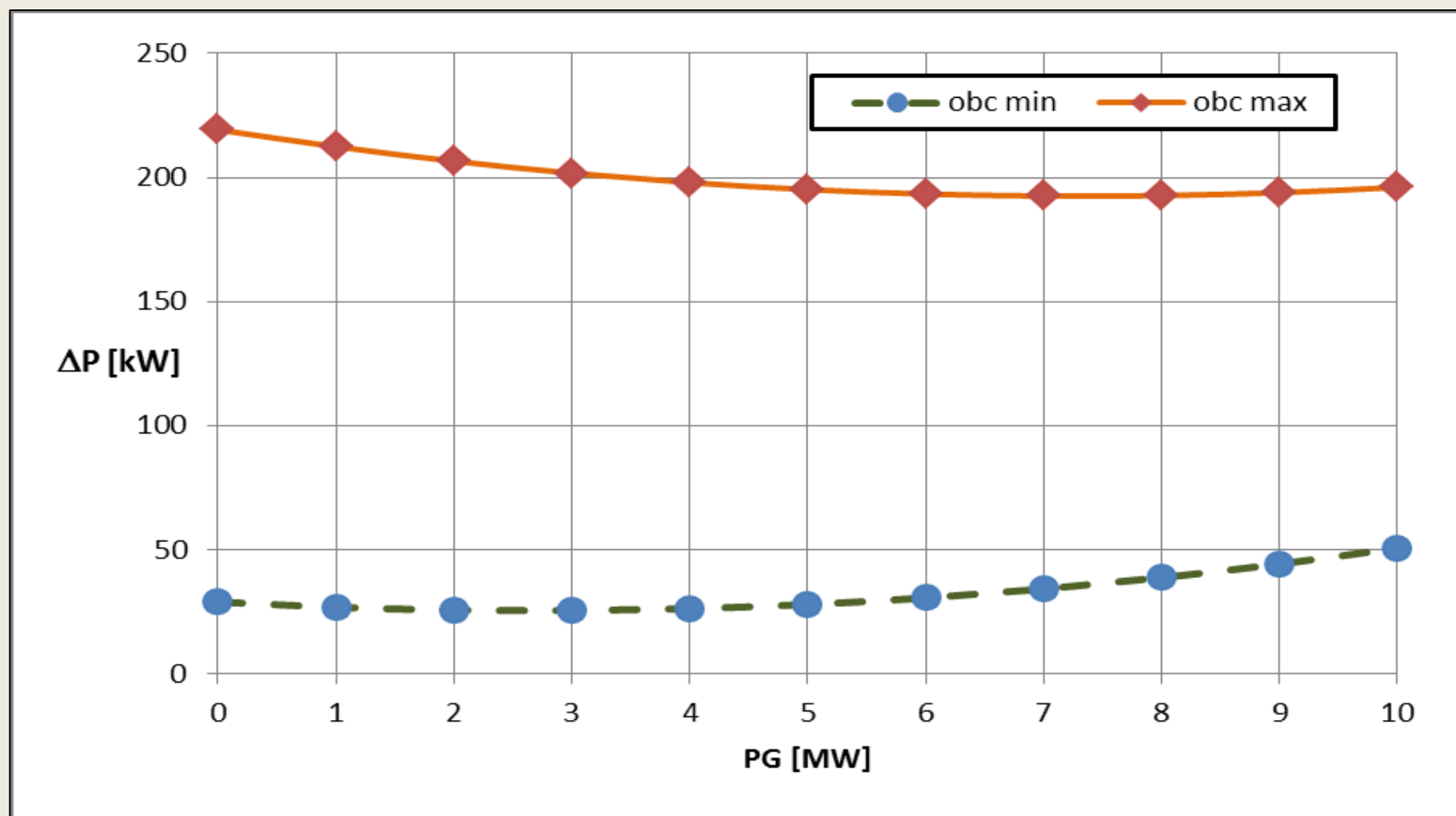
Obciążenie minimalne ciągu SN

$$P_{1\min} = 0,108 \text{ MW}, \quad P_{2\min} = 0,758 \text{ MW}$$

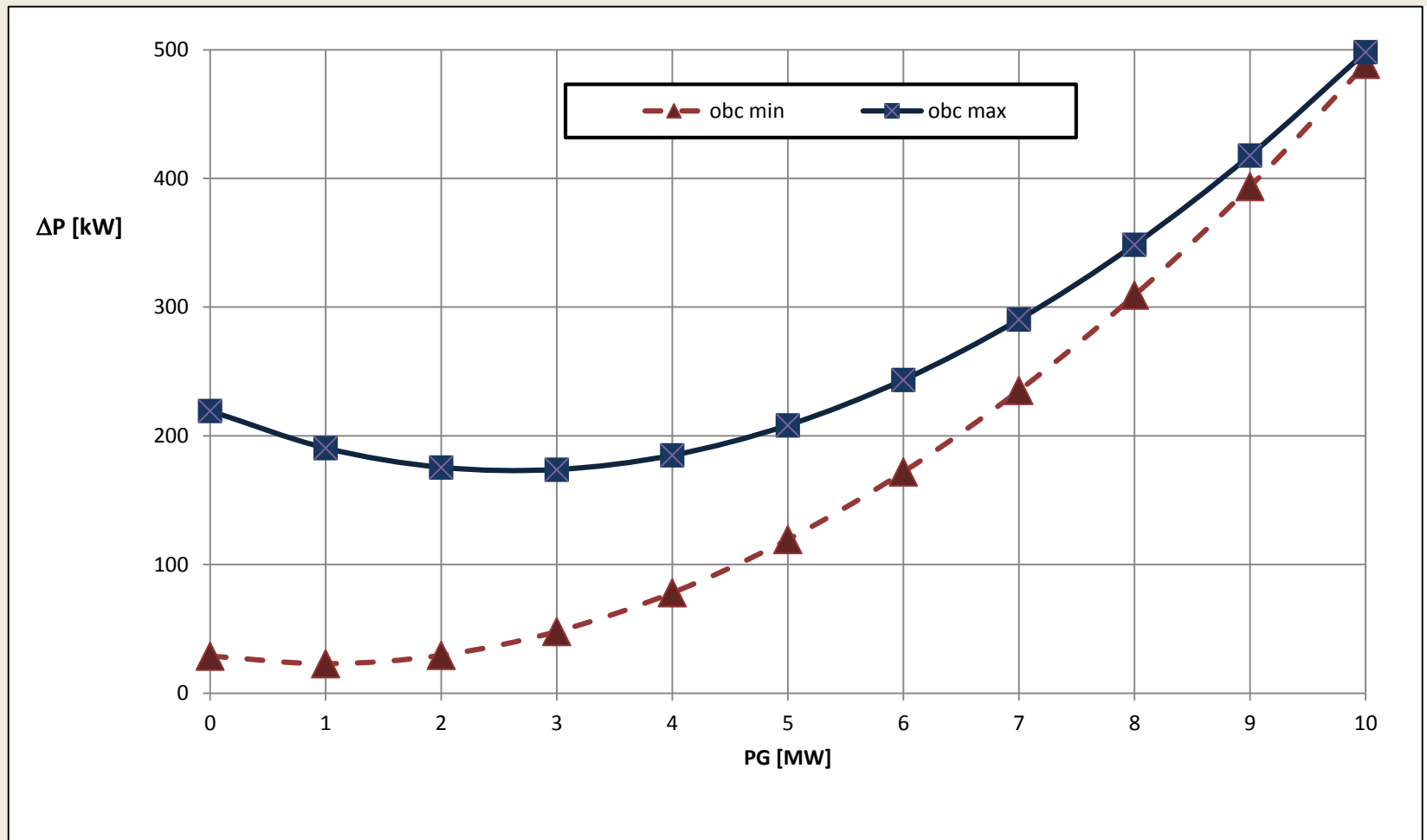
Obciążenie maksymalne ciągu SN

$$P_{1\max} = 0,309 \text{ MW}, \quad P_{2\max} = 2,042 \text{ MW}$$

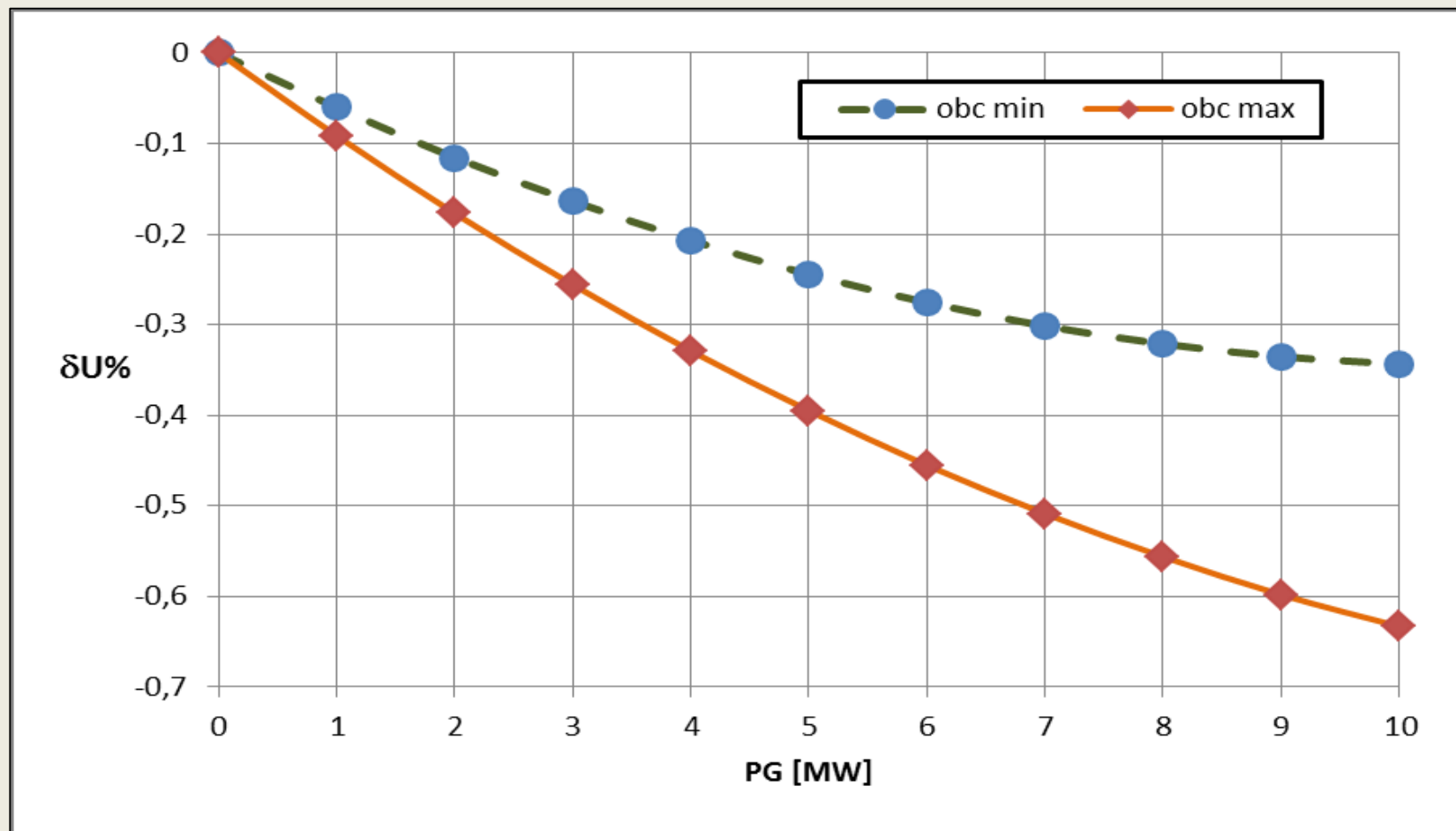
Całkowite straty mocy w sieci rozdzielczej SN w zależności od mocy przyłączeniowej źródła energii przyłączonego w GPZ (PCC1) przy obciążeniu minimalnym i maksymalnym



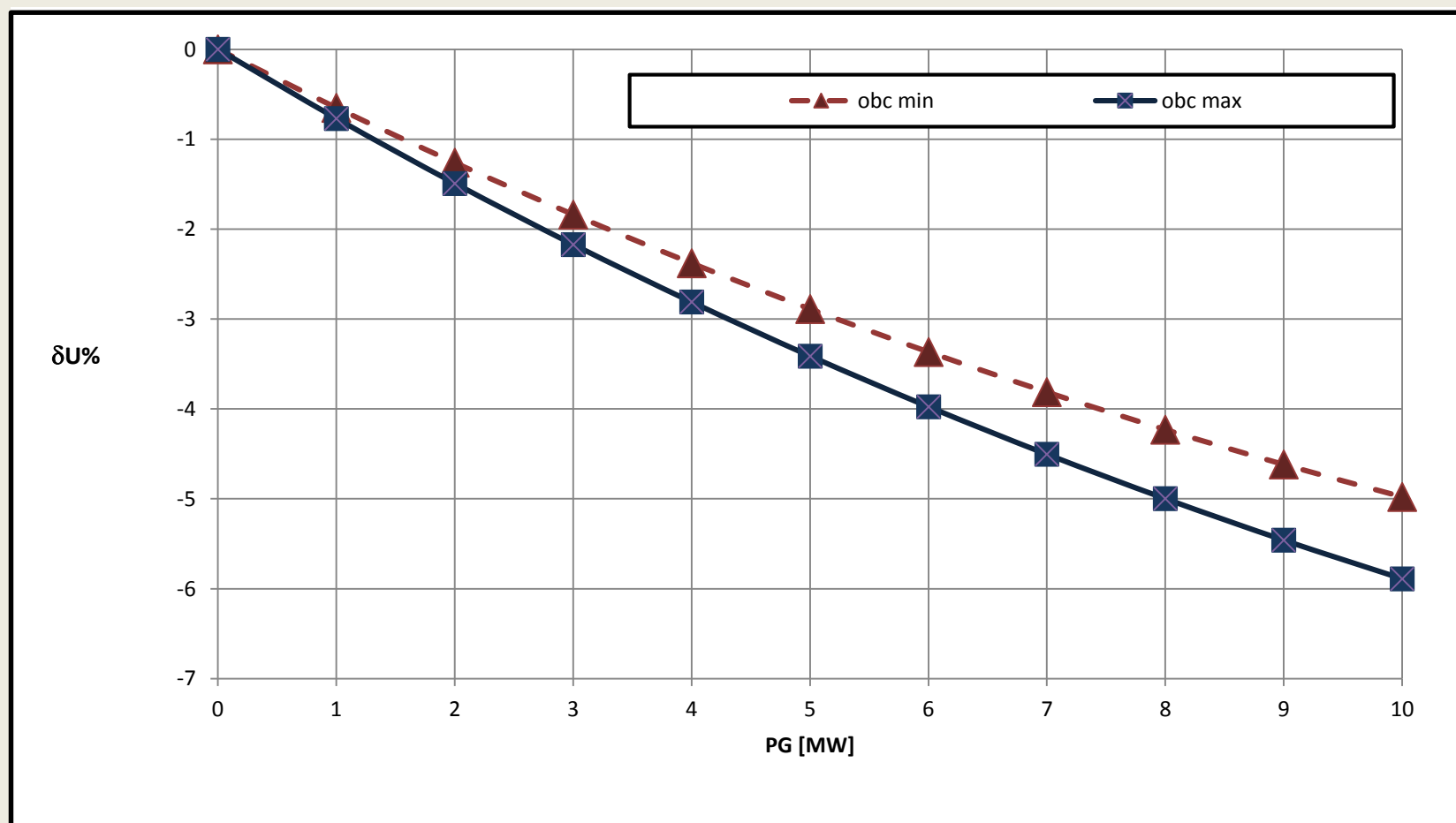
Całkowite straty mocy w sieci rozdzielczej SN w zależności od mocy przyłączeniowej źródła energii przyłączonego do linii SN (PCC2) przy obciążeniu minimalnym i maksymalnym



Procentowa zmiana napięcia w punkcie przyłączenia źródła w zależności od mocy przyłączeniowej źródła energii dla źródła przyłączonego w GPZ (PCC1)



Procentowa zmiana napięcia w punkcie przyłączenia źródła w zależności od mocy przyłączeniowej źródła energii dla źródła przyłączonego do linii SN (PCC2)



Kryteria techniczne oceny możliwości przyłączenia źródeł wytwórczych do sieci dystrybucyjnej SN – na podstawie „Kryteriów technicznych oceny...” - PTPIRE, TAURON Dystrybucja S. A.

Spełnienie standardów jakości energii elektrycznej

- Ocena odkształceń napięcia
- Ocena wahań napięcia

Spełnienie warunków zwarciovych

- Sprawdzenie zdolności elementów sieci (linii napowietrznych i kablowych SN) do bezpiecznego przeniesienia cieplnych obciążeń zwarciovych do czasu skutecznego wyłączenia zwarcia
- Sprawdzenie zdolności wyłączeniowej aparatury zainstalowanej w polach SN GPZ

Spełnienie warunku dopuszczalnych zmian napięcia

- Dopuszczalne zmiany napięcia w stanie normalnej pracy sieci SN
- Dopuszczalne zmiany napięcia przy nagłym odłączeniu i załączeniu źródeł wytwórczych

Spełnienie zapasu mocy w węźle WN/SN

Uzupełnienie/uszczegółowienie stosowanych kryteriów w TAURON Dystrybucja S. A. w roku 2016 – ewolucja wymagań technicznych

Kryterium zapasu mocy w węźle WN/SN

1. Minimalne obciążenie GPZ wyznacza się dla sumy obciążeń poszczególnych sekcji SN
2. Wartość minimalnego obciążenia GPZ wyznacza się wg wzoru

$$P_{\text{min obciążenie GPZ}} =$$

$$= \frac{\sum 100 \text{ wartości minimalnych obciążeń większych od zera}}{100}$$

3. W przypadku, gdy obciążenie GPZ-tu przyjmuje wartości ujemne, $P_{\text{min obciążenie GPZ}}$ należy przyjąć jako równe 0.
4. Źródłem danych do wyznaczenia $P_{\text{min obciążenie GPZ}}$ są dane pomiarowe z układów pomiarowych zabudowanych na transformatorze lub dane z systemu SCADA za okres jednego roku.

Kryterium spełnienia warunków zwarciovych

1. W związku z tym, że wpływ planowanych do przyłączenia jednostek wytwórczych do rozdzielni 110 kV na poziom mocy zwarciovej w sieci SN nie ma dużego znaczenia, przy wyznaczaniu maksymalnej mocy zwarciovej w sieci SN pomija się te źródła. Poziom mocy zwarciovej na szynach rozdzielni SN zależy w dużej mierze od parametrów transformatora 110kV/SN.
2. Przyłączone do sieci 110 kV jednostki wytwórcze są uwzględnione w wyznaczonych mocach zwarciovych w układzie normalnym pracy sieci.
3. Wyznaczając maksymalną moc zwarciową należy uwzględnić jednostki wytwórcze przyłączone i planowane do przyłączenia w sieci SN zasilanej z danego GPZ-tu.

Kryterium dopuszczalnych zmian napięcia

Jednostki wytwórcze przyłączane bezpośrednio do GPZ-tu:

1. Do analizy należy przyjąć obciążenie średnie GPZ-tu, wyznaczone na podstawie danych z układów pomiarowych zabudowanych na transformatorze lub systemu SCADA za okres jednego roku.
2. Współczynnik mocy dla odbioru energii elektrycznej - $\cos \varphi = 0,4$ o charakterze indukcyjnym.
3. W przypadku przyłączenia kilku źródeł do jednej sekcji GPZ-tu analizę napięciową należy wykonać uwzględniając wszystkie źródła z uwzględnieniem daty wpływu kompletnego wniosku o określenie warunków przyłączenia.

Jednostki wytwórcze przyłączane w głębi sieci SN:

1. Obciążenie stacji SN/nN należy przyjąć na poziomie 30% mocy znamionowej transformatora. W przypadku, gdy zamodelowane sumaryczne zapotrzebowanie linii będzie większe niż średnie jej obciążenie (wyznaczone w GPZ-cie), należy ograniczyć zamodelowaną moc pobieraną (proporcjonalnie w każdej stacji SN/nN).
2. W przypadku pozyskania dodatkowych informacji, należy je uwzględnić w modelu sieci (np. duże odbiory, pomiary bilansujące itp.).
3. Analizę należy przeprowadzić dla układu normalnego pracy sieci SN.

Przy wykonywaniu ekspertyz wpływu przyłączenia jednostek wytwórczych na sieć, w obliczeniach należy uwzględnić współczynniki korelacji poszczególnych źródeł:

1. Analiza przyłączenia farmy wiatrowej (FW) – 100% mocy przyłączeniowej FW i 80% mocy przyłączeniowej przyłączonych lub planowanych do przyłączenia elektrowni fotowoltaicznych (PV).
2. Analiza przyłączenia elektrowni PV – 100% mocy przyłączeniowej PV i 80% mocy przyłączeniowej przyłączonych lub planowanych do przyłączenia FW.
3. Pozostałe źródła (biogazownie, MEW itp.) – 100% mocy przyłączeniowej.

Wnioski z wykonywanych analiz/ekspertyz przyłączeniowych

1. Przyłączenie planowanej elektrowni do linii SN wymaga w niektórych przypadkach ograniczenia mocy przyłączeniowej ze względu na:

- brak możliwości utrzymania właściwego poziomu napięcia w linii SN, na której zlokalizowano PCC, zwłaszcza gdy linia SN napięcia jest mało obciążona,
- zbyt niską wytrzymałość zwarciovą przewodów, z których zbudowana jest linia SN,
- zbyt niską obciążalność prądową przewodów linii SN.

Przyłączenie elektrowni z planowaną mocą przyłączeniową może mieć miejsce po przeprowadzeniu modernizacji linii SN. Jeśli taka modernizacja nie jest możliwa, moc przyłączeniowa elektrowni musi zostać ograniczona.

2. Przyłączenie elektrowni z pełną planowaną mocą przyłączeniową jest najczęściej możliwe bezpośrednio do GPZ-tu. Wymaga to jednak budowy dedykowanej linii SN, często o długości kilkunastu kilometrów. Zdarzają się przypadki konieczności budowy linii dedykowanej

- dwutorowej z każdym torem przyłączonym do innej sekcji szyn zbiorczych SN,
- dwóch linii SN, każdej przyłączonej do innego GPZ-tu.

3. Przyłączenie elektrowni z pełną planowaną mocą przyłączeniową w niektórych przypadkach jest możliwe bezpośrednio do GPZ-tu po dokonaniu wymiany transformatorów 110 kV/SN na transformatory o większych mocach znamionowych, co wynika z braku wystarczającego zapasu mocy. W przypadku braku możliwości wymiany transformatora w GPZ, moc przyłączanej elektrowni musi zostać ograniczona.

4. Wymiana transformatorów 110 kV/SN na jednostki o większej mocy znamionowej powoduje wzrost mocy zwarciowej po stronie SN. Zdarza się, że zostaje wtedy przekroczona wytrzymałość zwarciowa niektórych elementów sieci SN, zwłaszcza przewodów linii elektroenergetycznych w pobliżu GPZ. Rozwiązaniem problemu jest wtedy modernizacja linii SN w początkowych odcinkach poprzez wymianę przewodów na przewody o większym przekroju.

5. W przypadku braku wystarczającej liczby wolnych pól po stronie SN w GPZ-cie, przyłączenie elektrowni z pełną planowaną mocą przyłączeniową jest możliwe po wybudowaniu dedykowanej rozdzielni sieciowej, do której będą przyłączone planowane źródła.

Dziękuję za uwagę