**Obliczenia mocy przyłączeniowej OZE**

**Sposób wyznaczania wzrostu mocy jednostek wytwórczych OZE możliwych do przyłączenia do sieci TAURON Dystrybucja S.A. wynikającego z planowanej modernizacji/budowy sieci.**

1. **Cel opracowania**

Niniejszy dokument ma na celu określenie jednolitych zasad sposobu wyznaczenia wzrostu możliwości przyłączenia jednostek wytwórczych OZE do sieci niskiego i średniego napięcia wynikającego z planowanej do przeprowadzenia modernizacji/budowy sieci.

Obliczenia wzrostu możliwości przyłączania do wybudowanej/zmodernizowanej sieci dystrybucyjnej jednostek wytwórczych OZE proponuje się wykonać z wykorzystaniem oprogramowania np. OeS, PLANS lub z wykorzystaniem metod obliczeniowych zgodnych z zasadami wiedzy technicznej.

Przedmiotowy dokument nie służy do weryfikacja kryteriów przyłączania na etapie wydawania warunków przyłączenia, jedynie ułatwia wyznaczenia mocy możliwej do przyłączenia do sieci podlegającej modernizacji. W przypadku weryfikacji możliwości przyłączeniowych na etapie rozpatrywania wniosku o określenie warunków przyłączenia, należy wykonać ekspertyzę wpływu na sieć zgodnie z kryteriami technicznej oceny możliwości przyłączania.

1. **Metodyka wyznaczania mocy możliwej do przyłączenia do sieci nN**
2. **Kryteria przyłączania do sieci**

Wyznaczając maksymalną moc możliwą do przyłączenia do sieci niskiego napięcia, należy zweryfikować spełnienie kryteriów napięciowych oraz mocy transformatora:

* 1. ustalona względna zmiana napięcia spowodowana pracą jednostki wytwórczej nie może przekroczyć poziomu 3% napięcia bez generacji (zmianę napięcia odnosi się do napięcia znamionowego) w miejscu przyłączenia, więc przy czym:

gdzie:

Ugen – napięcie w sieci po przyłączeniu generacji,

Usieci – napięcie w sieci przed przyłączeniem generacji.

* 1. wartość napięcia w sieci nN po przyłączeniu wszystkich jednostek wytwórczych powinna zawierać się w granicy ±10% napięcie znamionowego tj. powinna zawierać się w granicach od 360 do 440 V.
  2. całkowita moc jednostek przyłączona do sieci nN zasilanej ze stacji SN/nN nie może przekroczyć mocy znamionowej transformatora zainstalowanego w stacji SN/nN.

1. **Założenia do obliczeń**

W celu wyznaczenia mocy możliwej do przyłączenia należy:

* 1. Zamodelować sieć niskiego napięcia wraz z przyłączonymi odbiorami.
  2. Określić poziom obciążenia sieci nN wg poniższych zasad:
* Pomiar obciążeń obwodów nN – w przypadku posiadania danych pomiarowych, obciążenie obwodu należy rozłożyć proporcjonalnie do liczby odbiorców zasilanych   
  z jednego miejsca w sieci np. w przypadku gdy średnia wartość obciążenie obwodu zasilającego 10 odbiorców wynosi 30 kW, dla każdego odbiorcy należy przyjąć   
  moc 3 kW.
* W przypadku braku danych pomiarowych, obciążenie danej stacji należy przyjąć na poziomie 20% mocy znamionowej transformatora, a obciążenie obwodów należy zasymulować proporcjonalnie do ilości odbiorców, zgodnie z opisem powyżej.
* Współczynnik mocy tgφ należy przyjąć na poziomie równym 0,4 o charakterze indukcyjnym.
  1. Określić poziom napięcia w sieci nN wg poniższych zasad:
* W przypadku posiadania danych pomiarowych, poziom napięcia na szynach nN w stacji SN/nN należy zamodelować zgodnie z uzyskanymi danymi dla obciążenia sieci (wg pkt. 2.b);
* W przypadku braku danych pomiarowych, napięcie na rozdzielnicy nN w stacji SN/nN należy przyjąć na poziomie 0,41 kV;
  1. Określić wielkość mocy zwarciowej na szynach rozdzielni SN w stacji SN/nN:
* Moc zwarciowa na szynach rozdzielni SN w stacji SN/nN (moc zwarciową systemu elektroenergetycznego) należy wyznaczyć uwzględniając układ normalny pracy sieci SN.

1. **Algorytm obliczeń sieciowych**

Po zamodelowaniu sieci nN, należy losowo wygenerować węzły, do których zostaną przyłączone jednostki wytwórcze. Liczba przyłączanych jednostek wytwórczych do jednego obwodu niskiego napięcia powinna wynosić od 3 do 6 i jest zależna od rozległości poszczególnych obwodów i ilości przyłączonych odbiorców energii elektrycznej. Decyzję o ilości modelowanych jednostek wytwórczych podejmuje osoba wykonująca obliczenia. Współczynnik mocy jednostek wytwórczych modelowanych w sieci należy przyjąć na poziomie tgφ = 0,4 o charakterze pojemnościowym.

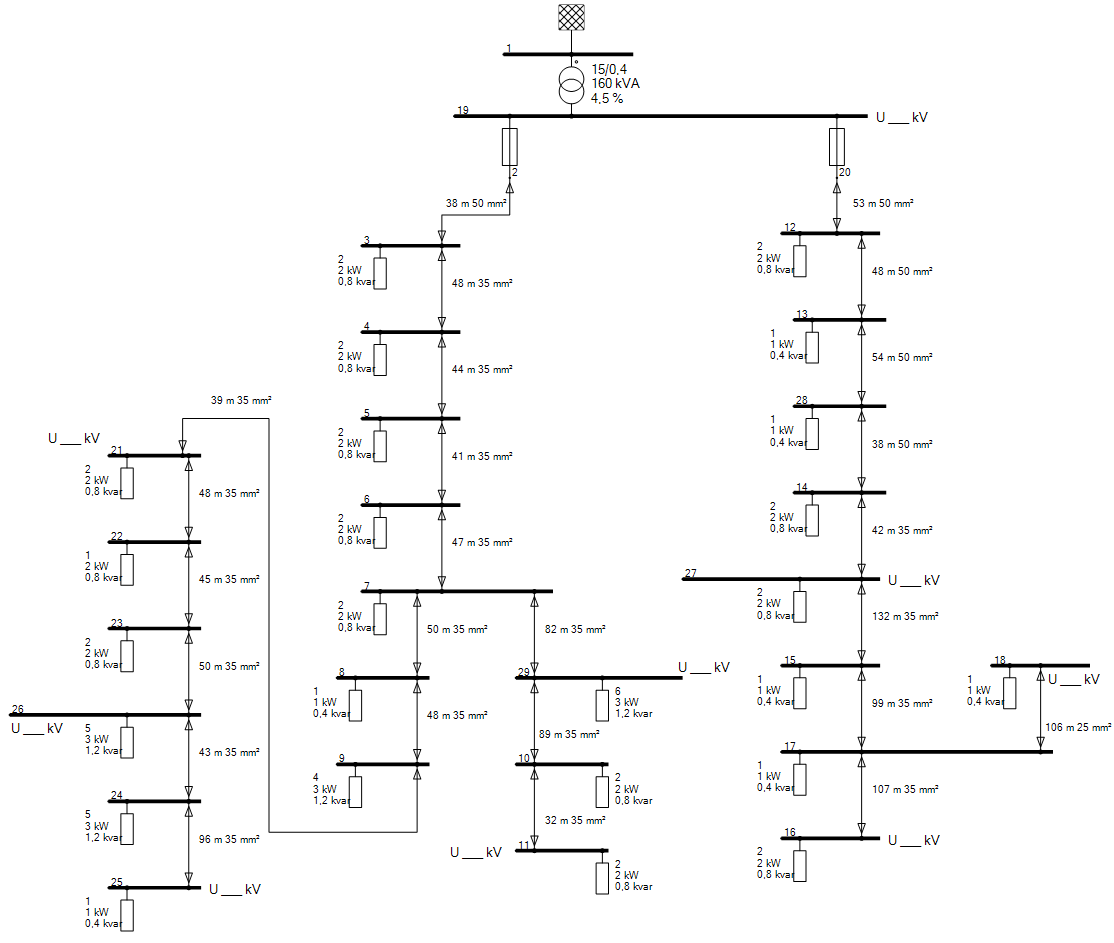
Analizę możliwej do przyłączenia mocy należy przeprowadzić zgodnie z poniższym algorytmem:

* 1. wszystkie jednostki wytwórcze są odłączone od sieci;
  2. wyznaczyć rozpływy prądów oraz poziomy napięć w sieci;
  3. przyłączyć jednostkę wytwórczą najdalej oddaloną od stacji SN /nN o takim poziomie mocy, aby napięcie w sieci w miejscu przyłączenia wzrosło o 3% (kryterium z pkt. 1.a);
  4. przyłączyć jednostkę wytwórczą najdalej oddaloną od stacji SN/nN (z pominięciem jednostki o którym mowa w ppkt. c., przedmiotowa jednostka pozostaje załączona) o takim poziomie mocy, aby napięcie w miejscu przyłączenia wzrosło o 3% (kryterium z pkt. 1.a);
  5. postępować zgodnie z ppkt. d. do czasu osiągnięcia w jednym z węzłów sieci napięcia +10UN (kryterium z pkt. 1.b);
  6. zweryfikować czy sumaryczna moc jednostek wytwórczych nie jest większa niż moc transformatora zainstalowanego w stacji SN/nN (kryterium z pkt. 1.c), czyli:   
     P(moc jednostek) ≤ Strafocosφ (współczynnik cos φ odpowiada tg φ=0,4).

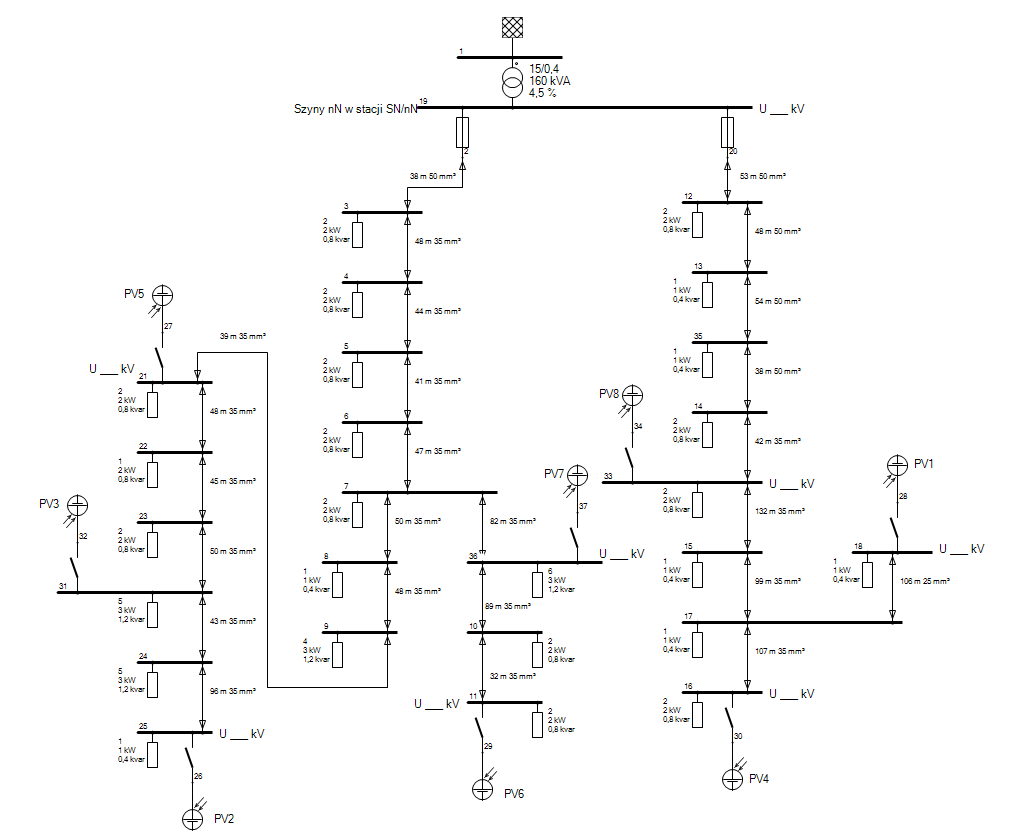
*Uwaga: w przypadku gdy warunek zawarty w ppkt. f. nie jest spełniony, maksymalna moc możliwa do przyłączenia jednostek wytwórczych jest równa mocy transformatora wyznaczonej zgodnie z zależnością z ppkt. f.*

Obliczenia wykonywane zgodnie z powyższym algorytmem są przeprowadzane dla istniejącego układu sieci oraz dla układu sieci po planowanej modernizacji. Różnica pomiędzy określoną mocą jednostek wytwórczych przed modernizacją i po modernizacji określa przyrost mocy jednostek wytwórczych możliwych do przyłączenia po przeprowadzeniu planowanej modernizacji.

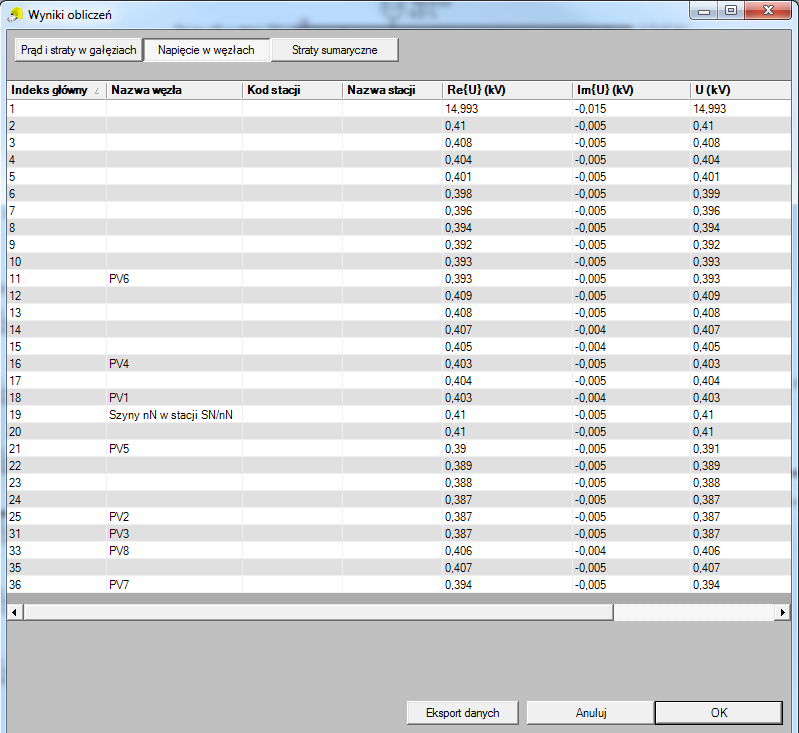
1. **Przykład obliczeniowy**
   1. Zamodelowanie sieci nN – stan istniejący



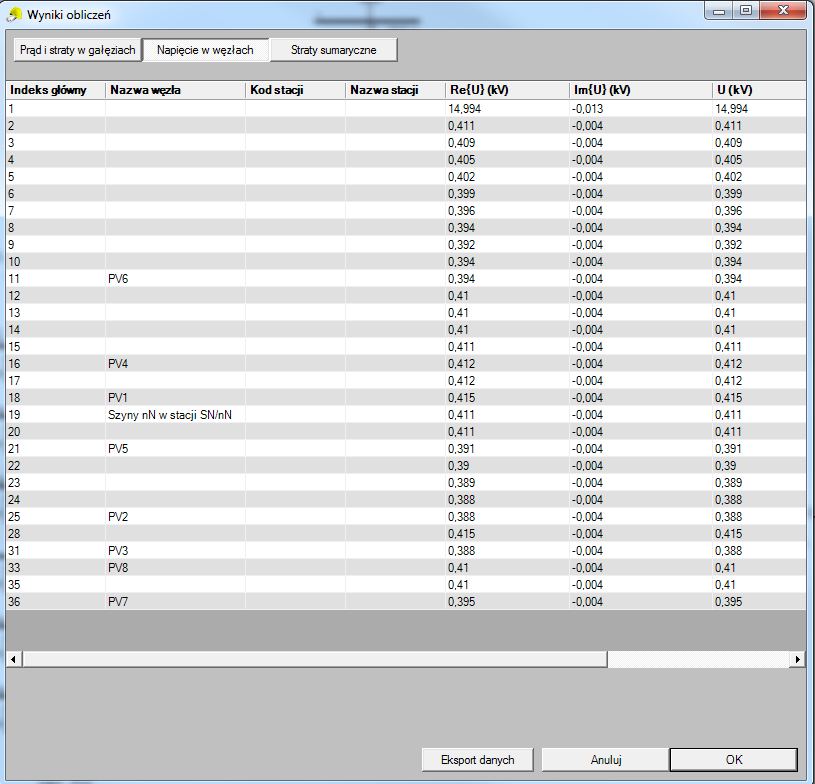
* 1. Sieć z zamodelowanymi jednostkami wytwórczymi przyłączonymi do losowo wybranych węzłów



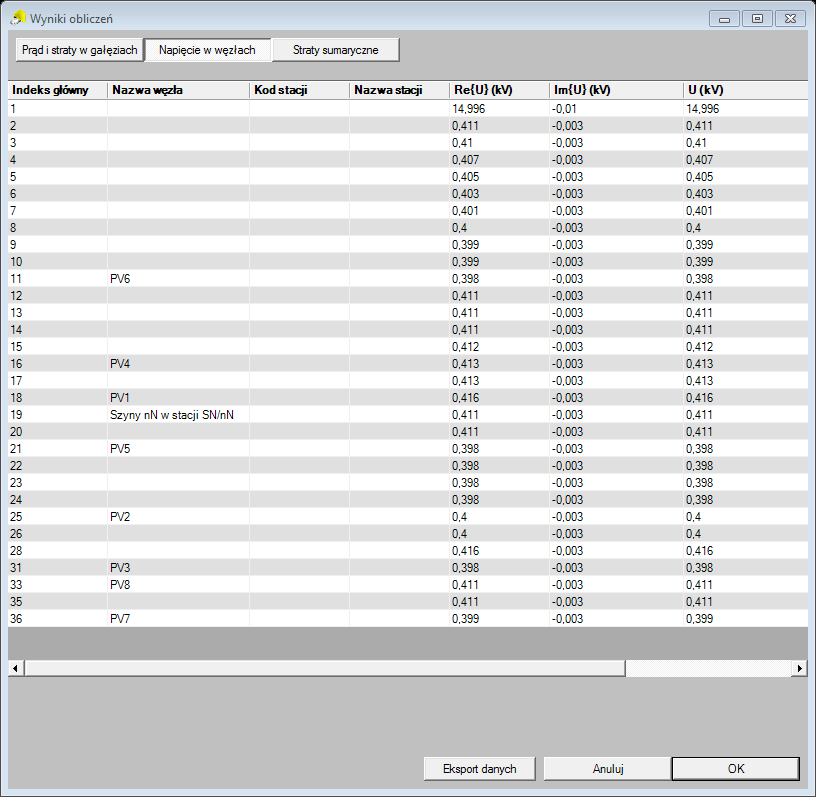
* 1. Wyznaczenie rozpływów prądów i poziomów napięcia z odłączonymi jednostkami wytwórczymi:



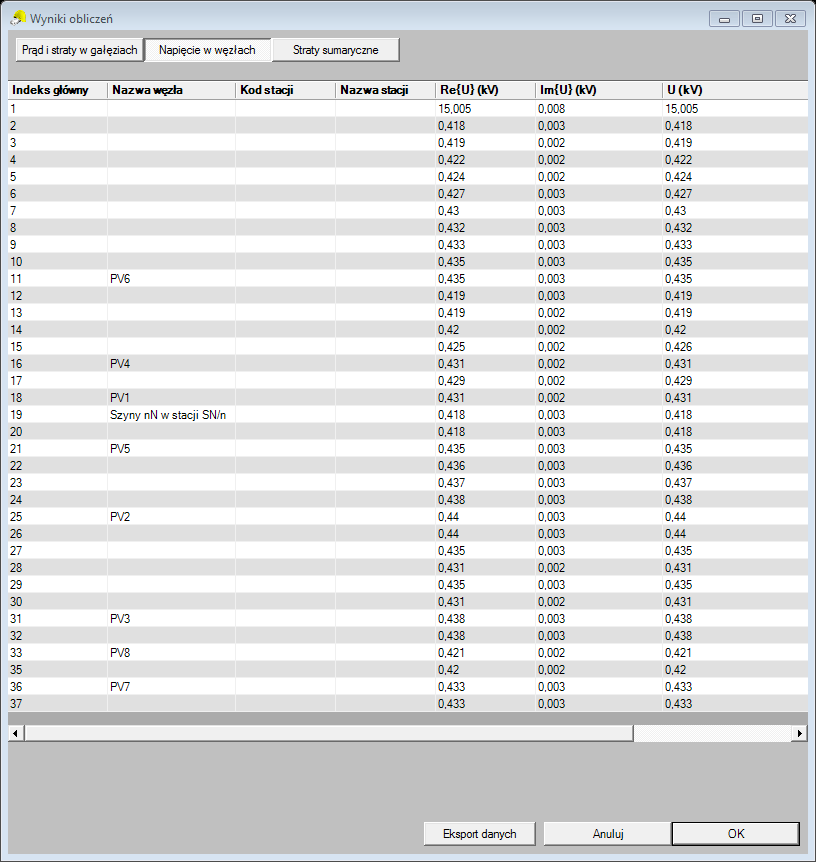
* 1. Przyłączenie jednostki wytwórczej - najdalej oddalonej od stacji SN/nN, o takim poziomie mocy, aby napięcie w miejscu przyłączenia wzrosło o 3%. Na schemacie jednostka oznaczona symbolem PV1.



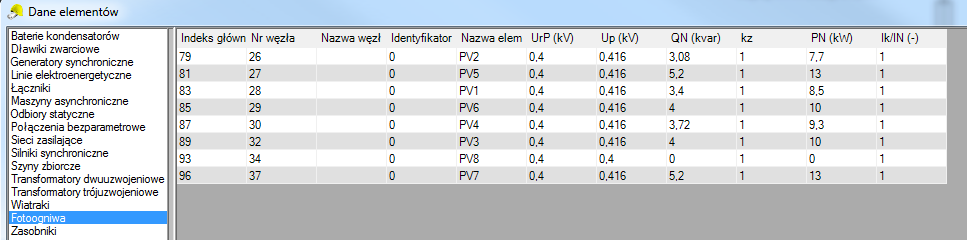
* 1. Przyłączenie jednostki wytwórczej - najdalej oddalonej od stacji SN/nN (z pominięciem PV1), o takim poziomie mocy, aby napięcie w miejscu przyłączenia wzrosło o 3%. Na schemacie oznaczoną symbolem PV2.



* 1. Procedura zgodnie z ppkt. e, do czasu osiągnięcia w sieci napięcia na poziomie +10UN.



* 1. Poziom napięcia +10UN został osiągnięty po przyłączeniu siedmiu jednostek wytwórczych. Moce poszczególnych elektrowni kształtują się następująco:

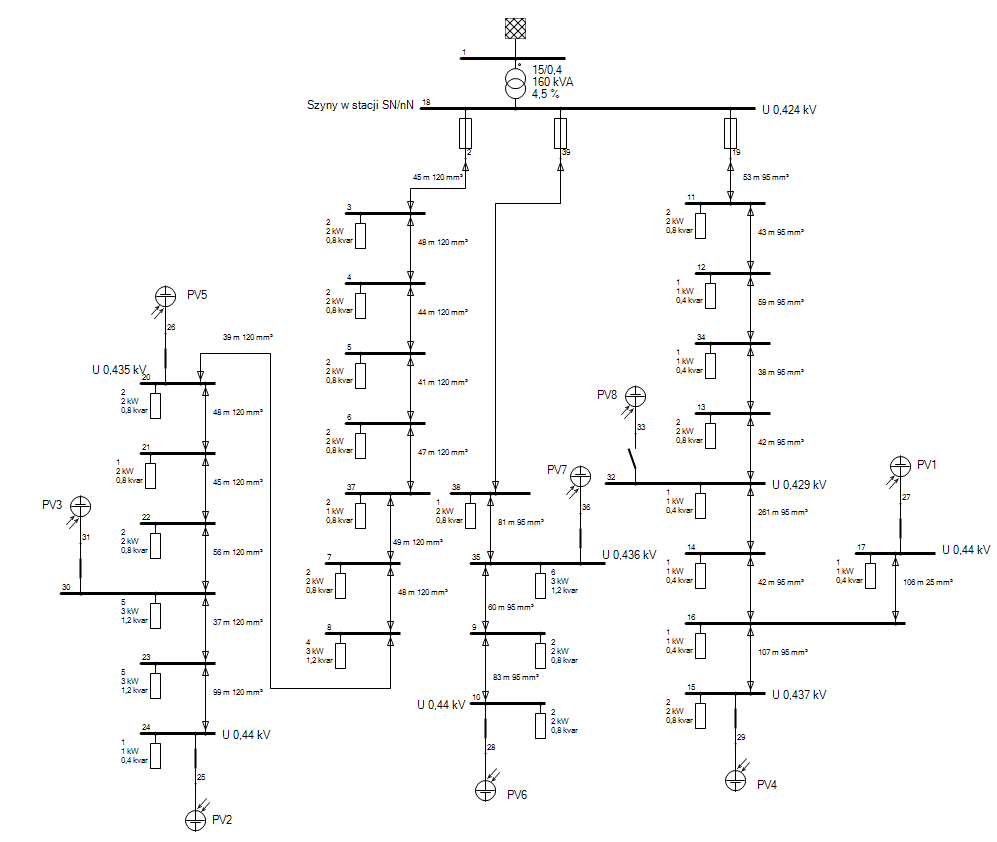


Moc sumaryczna możliwych do przyłączenia jednostek wytwórczych wynosi **71,7** kW.

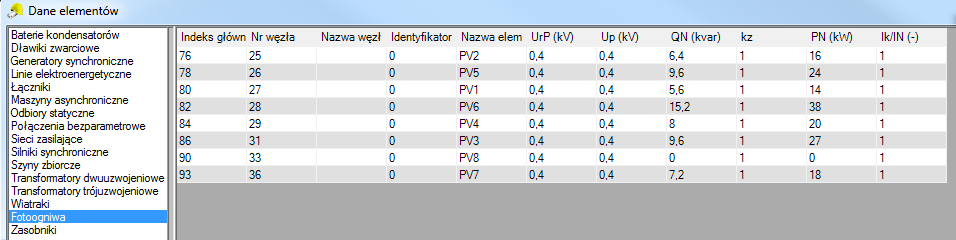
* 1. Weryfikacja czy sumaryczna moc jednostek wytwórczych nie jest większa niż moc znamionowa transformatora:

P(moc jednostek) ≤ Strafocosφ ⇒ 71,7 ≤ 1600,93 ⇒71,7 ≤ 148,8 – kryterium spełnione

* 1. Zamodelowanie sieci nN – układ po modernizacji (sposób postępowania zgodnie z powyższym scenariuszem ppkt. b. – ppkt. f.)



* 1. Poziom napięcia +10UN został osiągnięty po przyłączeniu siedmiu jednostek wytwórczych. Moce poszczególnych elektrowni wyglądają następująco:

****

Moc sumaryczna możliwych do przyłączenia jednostek wytwórczych wynosi **157** kW.

* 1. Weryfikacja czy sumaryczna moc jednostek wytwórczych nie jest większa niż moc znamionowa transformatora:

P(moc jednostek) ≤ Strafocosφ ⇒ 157 ≤ 1600,93 ⇒157 ≤ 148,8 – kryterium nie jest spełnione

Maksymalna moc możliwa do przyłączenia wynosi **148,8** kW

* 1. Wyznaczenie przyrostu mocy możliwej do przyłączenia po przeprowadzeniu planowanej modernizacji

1. **Wnioski**
   1. W przypadku określania przyrostu mocy możliwych do przyłączenia jednostek wytwórczych, wynikającego z planowanej do przeprowadzenia modernizacji fragmentu sieci nN, należy przeanalizować sieć przed i po modernizacji (zgodnie z pkt. 3 i 4) z zastrzeżeniem, że miejsce przyłączenia jednostek wytwórczych pozostaje bez zmian.
   2. W przypadku, gdy modernizacji podlega cała sieć nN zasilana z danej stacji SN/nN,   
      skutkująca ograniczeniem spadków napięcia w sieci nN, napięcie na szynach nN w stacji SN/nN dla układu po modernizacji (bez jednostek wytwórczych) należy przyjąć na poziomie 0,4 kV.
2. **Metodyka wyznaczania mocy możliwej do przyłączenia do sieci SN**
3. **Kryteria przyłączania do sieci**

Wyznaczając maksymalną moc możliwą do przyłączenia do sieci średniego napięcia, należy zweryfikować spełnienie kryteriów napięciowych:

1. dopuszczalna zmiana napięcia przy nagłym wyłączeniu jednostki wytwórczej nie może przekroczyć wartości 3%;
2. maksymalna wartość napięcia dla każdego węzła w głębi sieci po przyłączeniu wszystkich jednostek wytwórczych nie może przekroczyć wartości +10UN.
3. **Założenia do obliczeń**

W celu wyznaczenia mocy możliwej do przyłączenia należy zamodelować sieć średniego napięcia wraz ze stacjami SN/nN (zgodnie z parametrami poszczególnych elementów sieci).

Ponadto w modelu należy przyjąć poniższe założenia pracy sieci:

1. Obciążenie sieci SN

Do analizy należy przyjąć obciążenie średnie GPZ-tu (transformatora współpracującego z daną sekcją SN) wyznaczone na podstawie danych pozyskanych z układów pomiarowych zabudowanych na transformatorze lub systemu SCADA za okres jednego roku.

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). W przypadku pozyskania dodatkowych informacji należy uwzględnić je w modelu sieci (np. duże odbiory energii elektrycznej, pomiary bilansujące w stacjach SN/nN, itp.).

Współczynnik mocy dla odbiorców energii elektrycznej należy przyjąć na poziomie   
tg φ = 0,4 o charakterze indukcyjnym.

1. Poziom napięcia w sieci SN - poziom napięcia na szynach SN w stacji 110/SN zamodelować zgodnie z nastawami ARN.
2. Poziom mocy zwarciowej na szynach rozdzielni 110 kV w stacji 110/SN (moc zwarciowa systemu elektroenergetycznego), należy przyjąć zgodnie z układem normalnym pracy sieci.
3. Współczynnik mocy jednostek wytwórczych w zależności od modułu wytwarzania należy przyjmować w zakresie:

* Dla modułu parku energii: cosϕ=0.95 w kierunku produkcji i poboru mocy biernej,
* Dla synchronicznych modułów wytwarzania: cosϕ=0.85 dla produkcji mocy biernej, cosϕ=0.95 dla poboru mocy biernej.

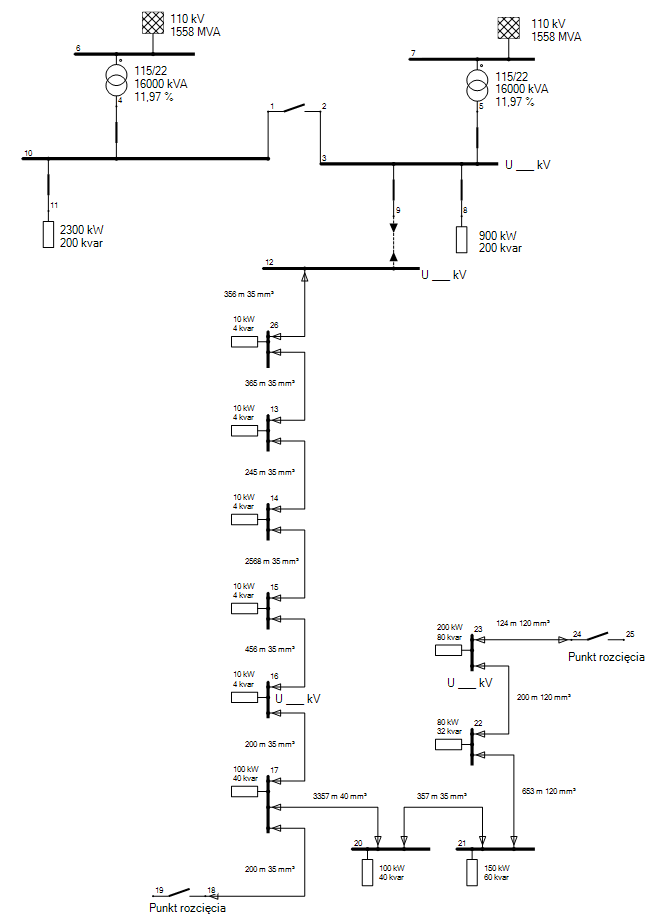
Należy wyznaczyć wartość generowanej mocy czynnej modułu możliwej do przyłączenia, przy zapewnieniu przez ten moduł mocy bierniej w powyższym zakresie.

1. **Algorytm obliczeń sieciowych**

Po odwzorowaniu sieci średniego napięcia (układ istniejący) wraz z pracującymi i planowanymi do przyłączenia jednostkami wytwórczymi, w najbliższym węźle sieci znajdującym się za planowaną modernizacją, należy zamodelować jednostkę wytwórczą o mocy powodującej przekroczenie jednego z kryteriów określonych w pkt. 1.

Analogicznie należy postępować w przypadku obliczeń dla układu sieci po modernizacji. Różnica pomiędzy wyznaczonymi wartościami jest przyrostem mocy jednostek wytwórczych możliwej do przyłączenia wynikającym z planowanej modernizacji.

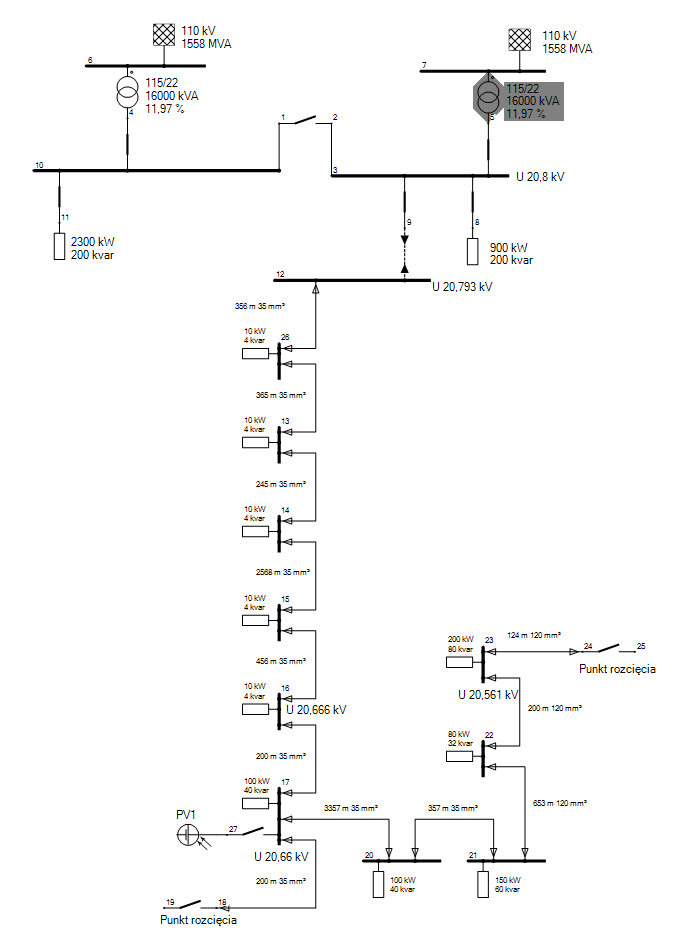
1. **Przykład obliczeniowy**
2. Model sieci SN – układ istniejący



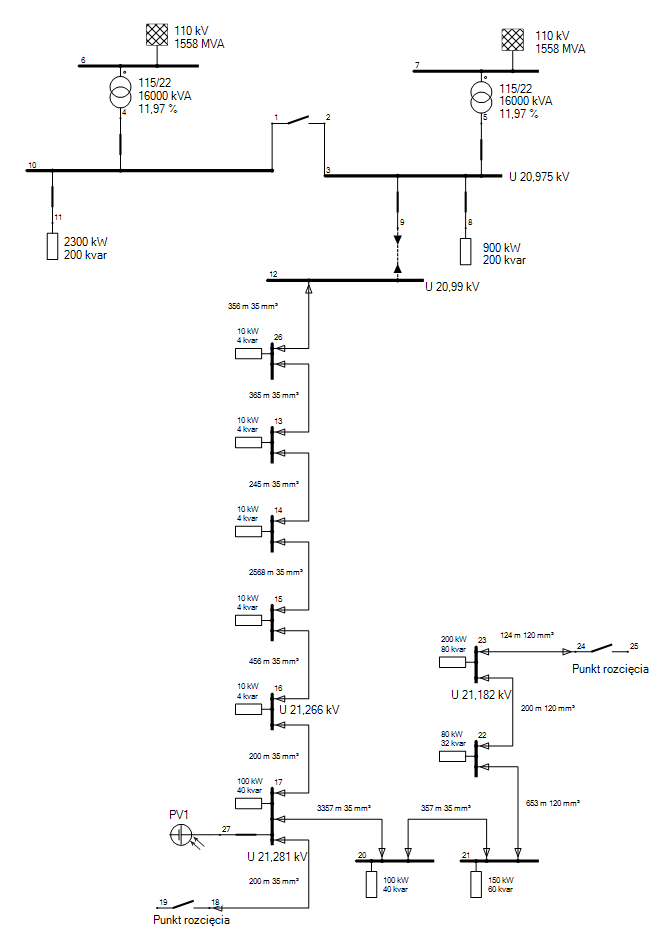
Linia o przekroju 35mm2 podlegająca modernizacji (wymiana na linię o większym przekroju)

Miejsce przyłączenia jednostki wytwórczej

1. Sieć z zamodelowaną (odłączoną) jednostką i poziomami napięć

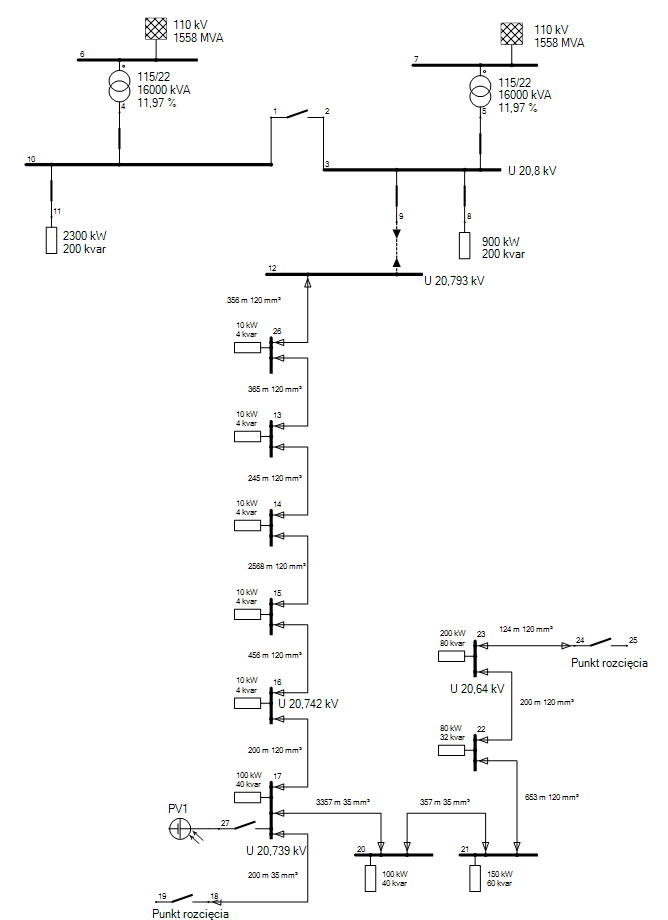


1. Modelowanie jednostki z mocą powodującą wzrost napięcia o 3%

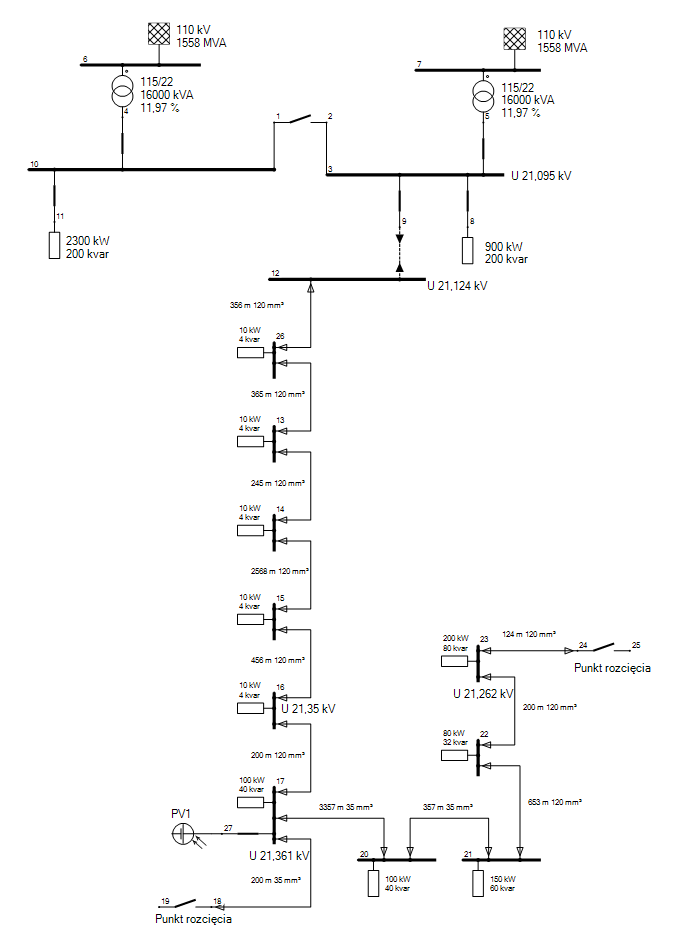


Moc jednostki wytwórczej przyłączanej do sieci przed modernizacją wynosi 2080 kW.

1. Model sieci po planowanej modernizacji wraz z poziomami napięć



1. Sieć po modernizacji z przyłączoną jednostką wraz z poziomami napięć



Moc jednostki wytwórczej przyłączonej do sieci po rejestracji wynosi 3450 kW.

1. Wyznaczenie przyrostu mocy jednostek wytwórczych możliwych do przyłączenia po przeprowadzeniu planowanej modernizacji
2. **Wnioski końcowe**

Metodyka wyznaczania sumarycznej mocy jednostek wytwórczych, możliwych do przyłączenia do sieci SN i nN ma zastosowanie przy planowanej modernizacji/budowie linii SN i nN.

W przypadku wymiany transformatora (bez dodatkowej modernizacji sieci) należy analizować przyłączenie jednostki wytwórczej do szyn SN w stacji WN/SN lub szyn nN w stacji SN/nN, przy założeniu, że wzrost napięcia na szynach nie powinien przekroczyć:

1. 2% - w przypadku przyłączenia do szyn SN w stacji WN/SN,
2. 3% - w przypadku przyłączenia do szyn nN w stacji SN/nN.