



**POLITECHNIKA ŚLĄSKA**  
**WYDZIAŁ ELEKTRYCZNY**

**INSTYTUT ELEKTROENERGETYKI  
I STEROWANIA UKŁADÓW**



## **ZDOLNOŚCI PRZYŁĄCZENIOWE WĘZŁÓW DYSTRYBUCYJNEJ SIECI 110 kV**

**Henryk Kocot**  
**Paweł Kubek**

**Konferencja Rynek Energii 2017**  
**Kazimierz Dolny, 25-27 kwietnia 2017**

## art. 7 ust. 8l Ustawy Prawo Energetyczne:

*„przedsiębiorstwo energetyczne zajmujące się przesyłaniem lub dystrybucją energii elektrycznej jest obowiązane sporządzić informację dotyczącą: wartości łącznej dostępnej mocy przyłączeniowej dla źródeł, a także planowanych zmian tych wartości w okresie kolejnych 5 lat od dnia ich publikacji, dla całej sieci przedsiębiorstwa o napięciu znamionowym powyżej 1 kV z podziałem na stacje elektroenergetyczne lub ich grupy wchodzące w skład sieci o napięciu znamionowym 110 kV i wyższym”*

**Zgodnie z zapisem w Ustawie informacja jest aktualizowana raz na kwartał, a łączna moc przyłączeniowa jest pomniejszona o moc wynikającą z wydanych i ważnych warunków przyłączenia źródeł do analizowanej sieci dystrybucyjnej.**

**W praktyce pełna dokładna analiza wykonywana jest zwykle co 3 lata na tzw. normalnych układach sieciowych dla sezonu zimowego i letniego przy pomocy dokładnej metody obliczania rozptyłu mocy**

**a aktualizacja polega jedynie na uwzględnieniu co kwartał ewentualnych wprowadzonych do pracy nowych jednostek wytwórczych przyłączonych do poszczególnych węzłów.**

**OPERATORZY zlecają wykonanie tych obliczeń jednostkom zewnętrznym**

# Przykładowe publikacje dostępnych mocy



Nr grupy	Nazwa grupy	Węzły w grupie	Rok						Uwagi
			2016	2017	2018	2019	2020	2021	
27	Grupa Swojec	Swojec (SWO), Walecznych sekcja 2 (WWA)	0	0	0	25	25	30	
28	Grupa Pasikurówice 1	Oborniki Śląskie (OBS), Pasikurówice sekcja 1 (PAS), Psie Pole (PSP), Krzywoustego sekcja 1 (WRK), Walecznych sekcja 1 (WWA), Żmigrodzka (WZM), Żmigrod (ZMI)	10	10	10	15	55	65	
29	Grupa Pasikurówice 2	Milicz (MLC), Oleśnica (OLN), Pasikurówice sekcja 2 (PAS), Trzebnica (TRB), Twardogóra (TWA), Wierzchowice (WER), Wołów (WOW), Krzywoustego sekcja 2 (WRK)	5	5	5	20	20	20	
30	Grupa Środa Śląska	Komorniki (WKR), Prochowice* (PRO), Środa Śląska (SRS)	10	10	10	10	10	15	* TAURON Dystrybucja S.A. Oddział Legnica
TAURON Dystrybucja S.A. Oddział Opole									
31	Grupa Zawadzkie	Dobrodzień* (DBR), Huta Małapanew sekcja 2 (MAP), Ozimek sekcja 2 (OZI), Zawadzkie sekcja 2 (ZAW)	5	5	5	5	5	5	* TAURON Dystrybucja S.A. Oddział Częstochowa

Informacja o dostępnych mocach przyłączeniowych dla źródeł wytwórczych w sieci PGE Dystrybucja SA zaktualizowana za II kw.2016 r.

Nazwa grupy	Węzły w grupie	Rok					
		2016	2017	2018	2019	2020	2021
	sekcja 1, Wola Karczewska, odg. do Mieni*						
Grupa Babice	Babice	115	115	115	115	115	115
Grupa Piaseczno	Góra Kalwaria, Grójec, Konstancin, Michalczew, Nadarzyn, Piaseczno, Sękocin, Tarczyn	20	20	20	20	20	20
Grupa Pruszków	Brwinów, Gąsin, Grodzisk Mazowiecki, Piastów, Pruszków, Pruszków 2	30	30	30	140	140	140
Grupa Błonie	Błonie, Błonie Pass, Ożarów Mazowiecki, Piorunów	0	20	20	20	20	20
Grupa Janów	Brójce, Brzeziny, Brzezińska, Dąbrowska, Janów, Koluszki, Łąznów sekcja 1, Łódź EC 4*, Milionowa, Odlewnia, Śródmieście, Skierniewice, Słupia*, Lipce Reymontowskie*, PKP Olechów*, odg. do Lipiec*, Widzew, Źródłowa	10	10	10	10	10	10
Grupa Zgierz 1	Boruta sekcja 1*, Drewnowska, Koziny, Łódź EC 3 sekcja 1*, Zgierz sekcja 1, Żubardź, odg. do Kozin, odg. do st. Żubardź	0	0	0	0	0	0

# Proponowana szybka metoda obliczeń



## Wykorzystanie metody DC obliczania rozpyłów mocy

Liniowa zależność przepływów mocy czynnej gałęziowej, od mocy czynnych węzłowych

$$P_{gj} = \sum_{i=1}^N H_{j,i} P_i \quad H_{j,i} \approx PTDF_{j,i} = \frac{\partial P_{gj}}{\partial P_i} \quad H_{j,i} = \frac{X_{pi} - X_{qi}}{x_{gj}}$$

### Formalizacja zadania:

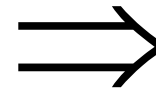
$$P_{gj}^{new} = P_{gj}^{old} + \sum_{i=1}^N H_{j,i} \Delta P_i$$

Przy ograniczeniach na przepływy gałęziowe:

$$|P_{gj}^{new}| = P_{gj}^{DOP} \quad -P_{gj}^{DOP} \leq P_{gj}^{new} \leq P_{gj}^{DOP}$$

$$\sum_{i=1}^N H_{j,i} \Delta P_{Gi} \leq P_{gj}^{DOP} - P_{gj}^{old}$$

$$\sum_{i=1}^N (-H_{j,i}) \Delta P_{Gi} \leq P_{gj}^{DOP} + P_{gj}^{old}$$



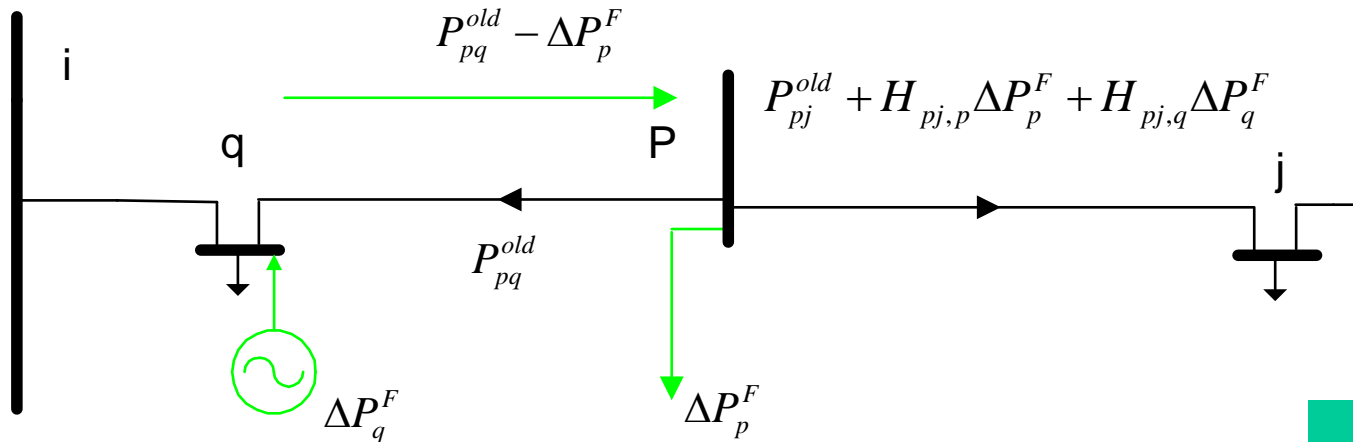
$$\max \mathbf{C}^T \Delta \mathbf{P}_G$$
$$\mathbf{A} \Delta \mathbf{P}_G \leq \mathbf{b}$$

Zadanie optymalizacji liniowej

## Sposoby uwzględnienia kryterium n-1

1. Ograniczenie mocy wytwarzanej w przyłączanym źródle
2. Zmiana rozdziału mocy pomiędzy jednostkami sterowanymi centralnie, aby wyeliminować przeciążanie
3. Na etapie przyłączania do sieci ograniczona moc źródła taka, że sieć spełnia kryterium

### Metoda kompensacyjna – bez modyfikacji układu sieci !



$$\sum_{i=1}^N H_{wyl,i} \Delta P_{Gi} + H_{wyl,p} \Delta P_p^F + H_{wyl,q} \Delta P_q^F = -P_{pq}^{old} + \Delta P_p^F \Rightarrow$$

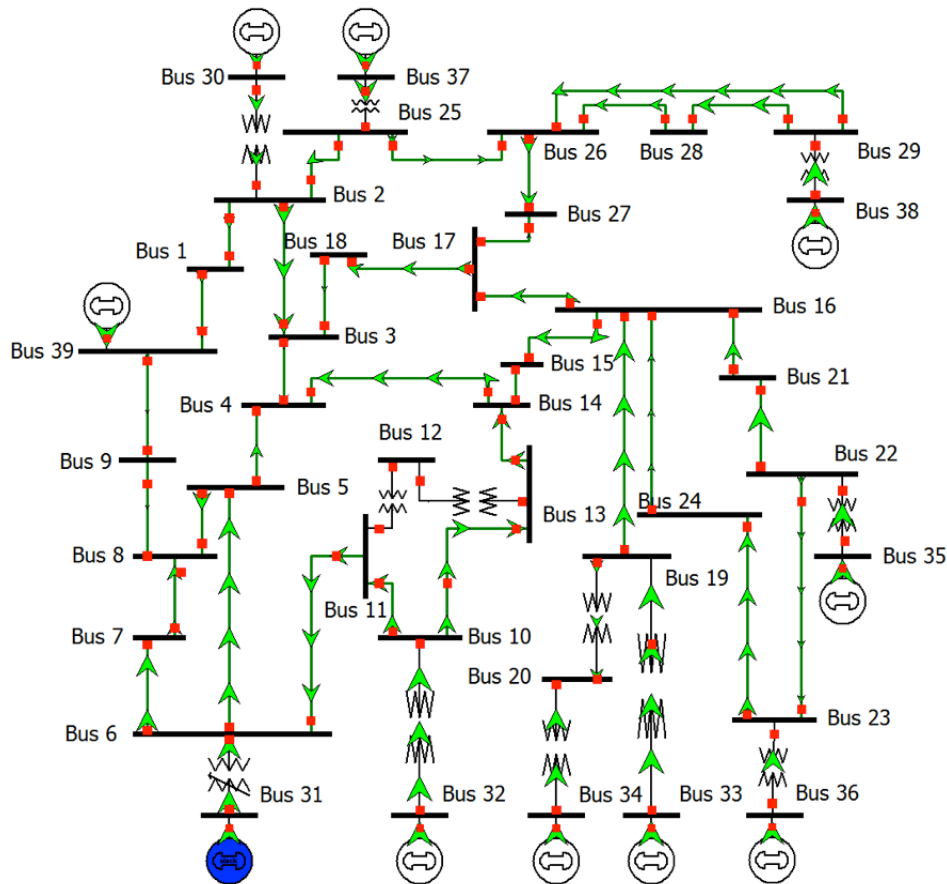
$$\Delta P_p^F + \Delta P_q^F = 0 .$$

$$\max C^T \Delta P_G$$

$$A \Delta P_G \leq b$$

$$A_{eq} \Delta P_G = b_{eq}$$

# System testowy IEEE 39 bus



## Modyfikacja parametrów linii:

Przewody AFL-240 obciążalność letnia,  
przyjęto  $P^{DOP} = 90\%$   $S^{DOP} = 94,5$  MW

## Modyfikacja parametrów transformatorów:

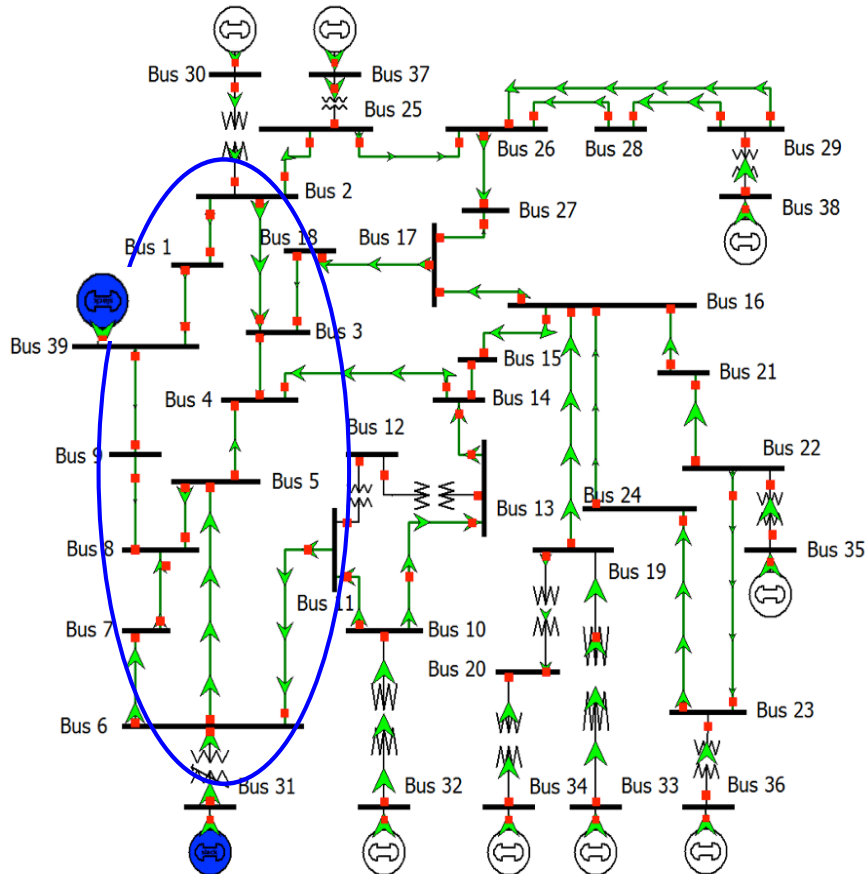
Obciążalność transformatorów sieciowych jak  
obciążalność linii

Obciążalność transformatorów blokowych  
bez ograniczeń

## Modyfikacja parametrów generatorów:

Brak ograniczeń na moc maksymalną

# Obszar analizy



Gałąź		Rozptyw	Współczynniki rozdziatu			
$p$	$q$	$Ppq$ (MW)	$H_{j,39}$	$H_{j,31}$	$H_{j,8}$	$H_{j,9}$
39	1	28,7	0,642	0,174	0,248	0,480
39	9	31,3	0,358	-0,174	-0,248	-0,480
6	7	24,2	-0,066	0,139	-0,117	-0,087
6	11	-16,4	0,175	0,402	0,263	0,211
6	5	32,2	-0,109	0,459	-0,146	-0,124
1	2	28,7	0,642	0,174	0,248	0,480
2	3	45,6	0,375	-0,011	0,043	0,239
2	25	-10,9	0,267	0,185	0,206	0,242
3	4	15,5	0,072	-0,287	-0,251	-0,061
3	18	-2,1	0,303	0,276	0,294	0,299
4	5	-12,1	-0,183	-0,424	-0,489	-0,308
4	14	-22,5	0,255	0,137	0,237	0,248
5	8	20,1	-0,292	0,035	-0,635	-0,433
7	8	0,8	-0,066	0,139	-0,117	-0,087
8	9	-31,3	-0,358	0,174	0,248	-0,520

# Wyniki - praca normalna



Maksymalne przyrosty mocy węzłowych i porównanie wyników dla rozptywu AC i DC

Gałąź sieci		Rozptyw mocy przy przyroście $\Delta P_{39}=102,4$ MW		Rozptyw mocy przy przyroście $\Delta P_{31}=135,7$ MW		Rozptyw mocy przy przyroście $\Delta P_{39}=61,7$ MW $\Delta P_{31}=150,4$ MW	
<i>p</i>	<i>q</i>	AC	DC	AC	DC	AC	DC
39	1	94,5	94,5	52,4	52,3	94,7	94,5
39	9	67,9	67,9	7,6	7,7	27,0	27,2
6	7	17,4	17,4	43,0	43,0	41,0	40,9
6	11	1,6	1,6	38,2	38,2	54,8	55,0
6	5	21,0	21,0	94,5	94,5	94,6	94,5
31	6	40,0	40,0	175,7	175,7	190,4	190,4
1	2	94,5	94,5	52,4	52,3	94,7	94,5
2	3	84,0	84,0	44,2	44,1	67,2	67,1
2	25	16,5	16,5	14,2	14,2	33,6	33,4
3	4	22,9	22,9	-23,4	-23,4	-23,2	-23,2
3	18	28,9	28,9	35,4	35,4	58,2	58,1
4	5	-30,7	-30,7	-69,5	-69,6	-87,0	-87,1
4	14	3,6	3,6	-3,9	-3,8	13,8	13,9
5	8	-9,7	-9,7	25,0	24,9	7,6	7,5
7	8	-6,0	-6,0	19,6	19,6	17,6	17,5
8	9	-67,9	-67,9	-7,6	-7,7	-27,0	-27,2

**Węzeł 39**

**$\Delta P_{39}=102,4$  MW**

**Węzeł 31**

**$\Delta P_{31}=135,7$  MW**

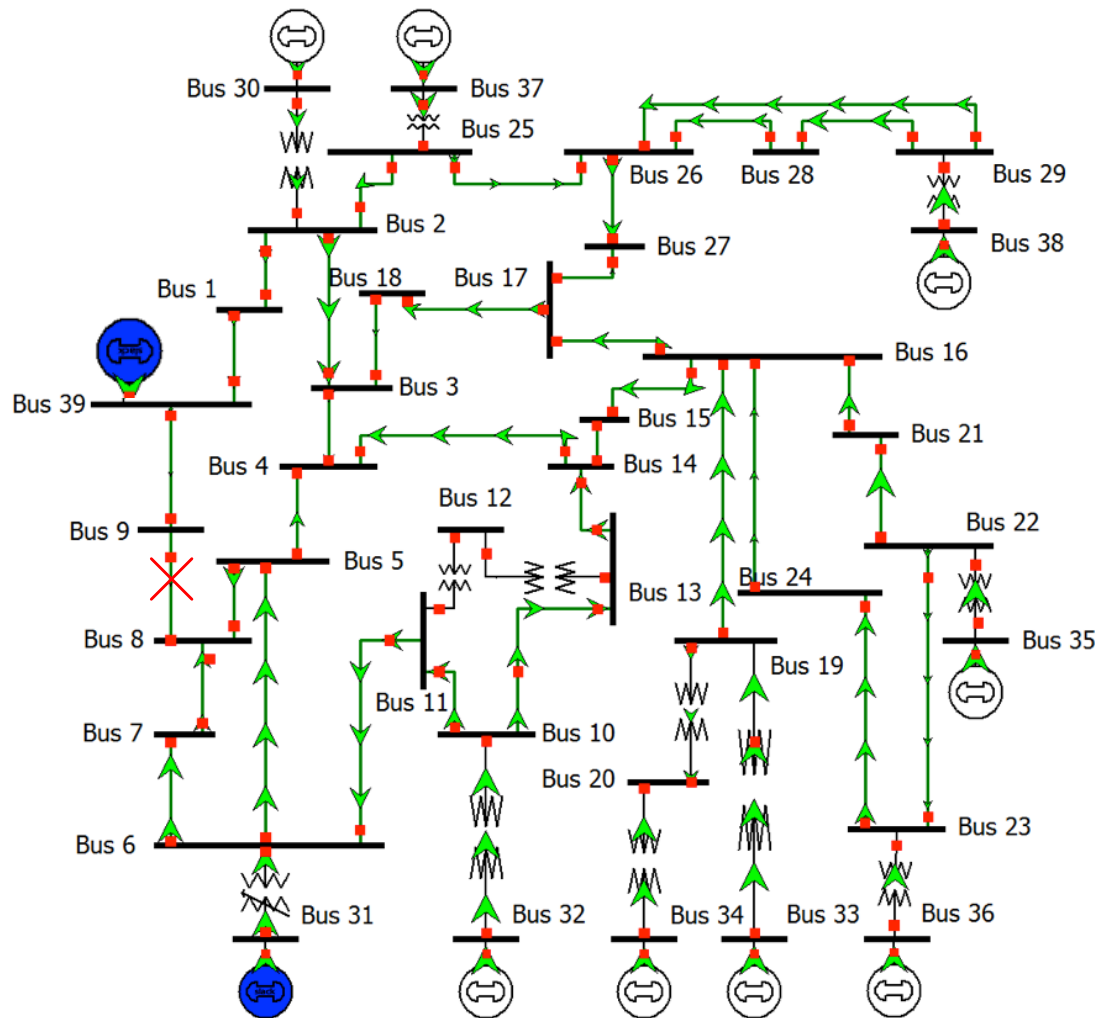
**Łącznie**

**$\Delta P_{39}=61,7$  MW  
 $\Delta P_{31}=150,4$  MW**

**222 MW**



# Stan n-1 wyłączona gałąź 8-9



# Wyniki - stan n-1



Maksymalne przyrosty mocy węzłowych i porównanie wyników dla rozptywu AC i DC

Gałąź sieci		Rozptyw mocy przy przyroście $\Delta P_{39}=33,3$ MW		Rozptyw mocy przy przyroście $\Delta P_{31}=134,1$ MW		Rozptyw mocy przy przyroście $\Delta P_{39}=34,5$ MW $\Delta P_{31}=140,0$ MW	
<i>p</i>	<i>q</i>	AC	DC	AC	DC	AC	DC
39	1	93,3	93,3	60,0	60,0	94,5	94,5
39	9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	7	27,6	27,6	43,7	43,8	43,7	43,8
6	11	-20,1	-20,1	36,0	35,8	41,9	41,7
6	5	32,6	32,6	94,3	94,5	94,4	94,5
31	6	40,0	40,0	174,0	174,1	180,0	180,0
1	2	93,3	93,3	60,0	60,0	94,5	94,5
2	3	94,5	94,5	50,8	50,9	73,2	73,3
2	25	4,8	4,8	15,2	15,1	27,3	27,2
3	4	53,4	53,4	-16,4	-16,4	-6,4	-6,3
3	18	8,9	8,9	35,0	35,1	47,4	47,4
4	5	15,4	15,4	-62,4	-62,7	-62,5	-62,7
4	14	-12,1	-12,1	-4,0	-3,7	6,1	6,4
5	8	48,0	48,0	31,9	31,8	31,9	31,8
7	8	4,2	4,2	20,3	20,4	20,3	20,4
8	9	0,0	-186,0	0,0	-34,3	0,0	-83,0

**Węzeł 39**

**$\Delta P_{39}=33,3$  MW**

**Węzeł 31**

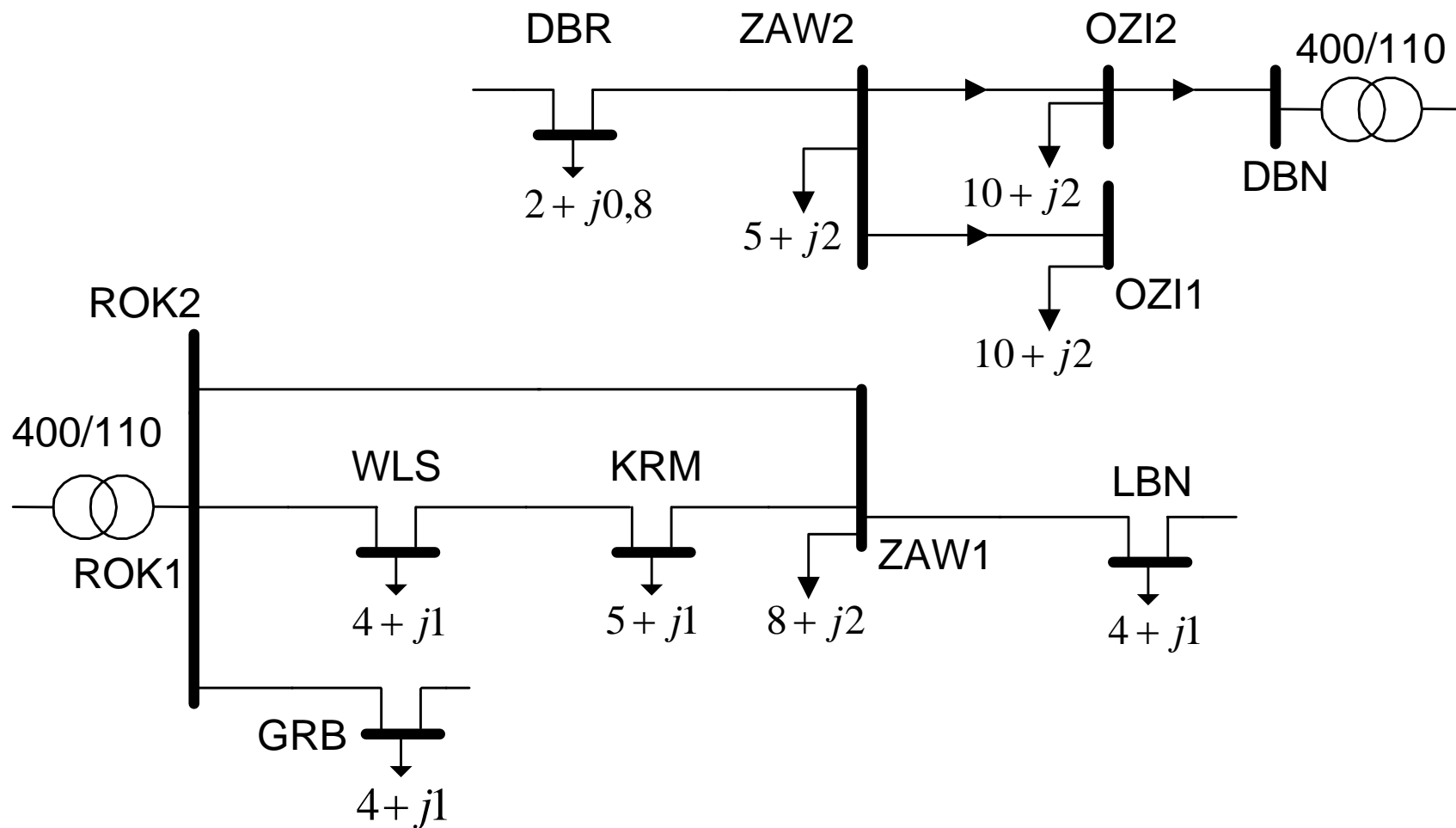
**$\Delta P_{31}=134,1$  MW**

**Łącznie**

**$\Delta P_{39}=34,5$  MW  
 $\Delta P_{31}=140,0$  MW**

**174,5 MW**

# Fragment rzeczywistej sieci 110 kV



Wszystkie linie mają minimalną obciążalność (w okresie letnim) 520 A co daje  $P^{DOP}=90$  MW

W różnych stanach pracy linie są obciążone poniżej 30 % obciążalności.

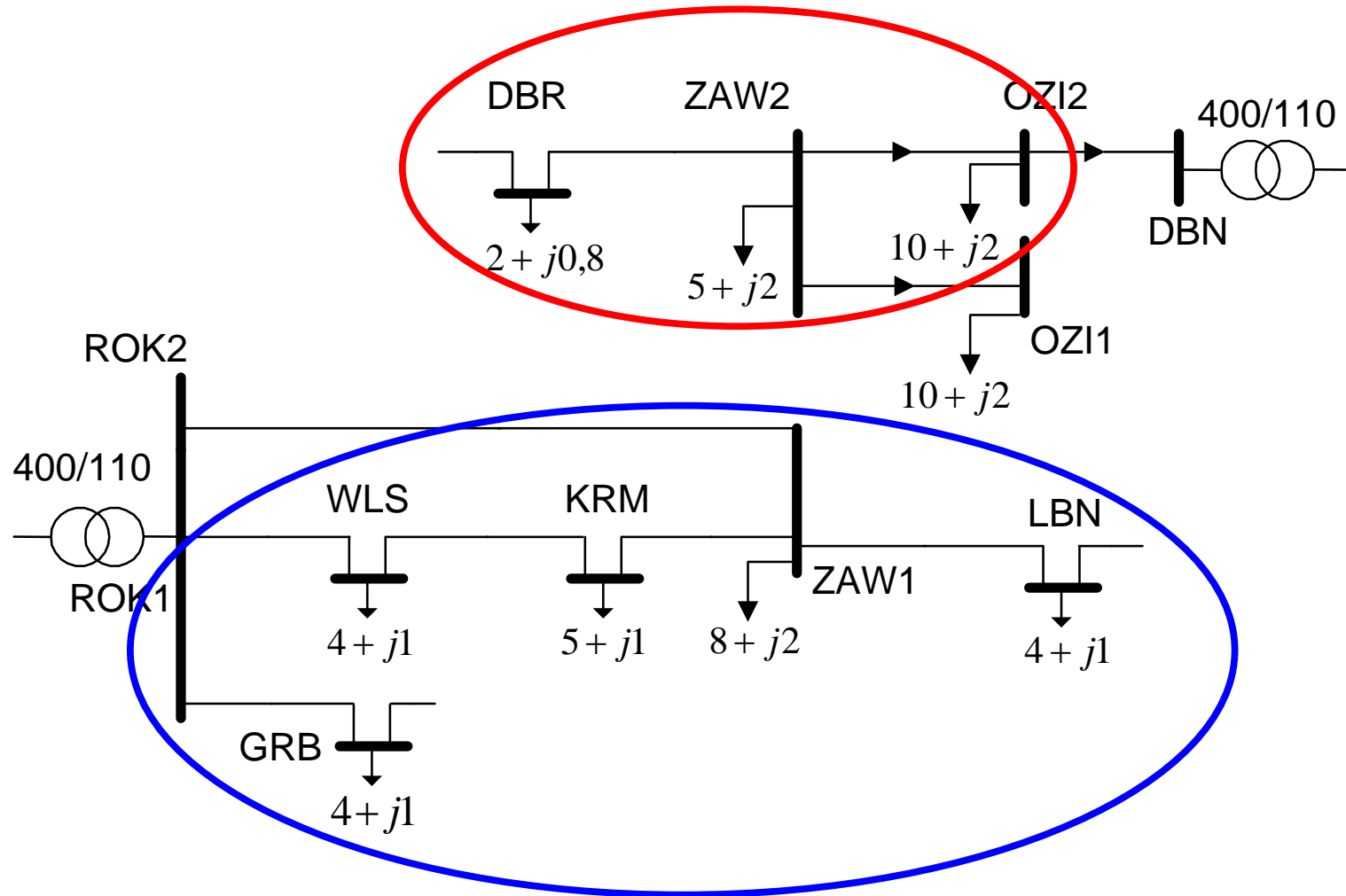
Do stacji WLS przewidywana jest do włączenia farma wiatrowa o mocy max. 20 MW

# Dostępne moce przyłączeniowe



Nr grupy	Nazwa grupy	Węzły w grupie	Rok						Uwagi
			2016	2017	2018	2019	2020	2021	
27	Grupa Swojec	Swojec (SWO), Walecznych sekcja 2 (WWA)	0	0	0	25	25	30	
28	Grupa Pasikurówice 1	Oborniki Śląskie (OBS), Pasikurówice sekcja 1 (PAS), Psie Pole (PSP), Krzywoustego sekcja 1 (WRK), Walecznych sekcja 1 (WWA), Żmigrodzka (WZM), Żmigród (ZMI)	10	10	10	15	55	65	
29	Grupa Pasikurówice 2	Milicz (MLC), Oleśnica (OLN), Pasikurówice sekcja 2 (PAS), Trzebnica (TRB), Twardogóra (TWA), Wierzchowice (WER), Wołów (WOW), Krzywoustego sekcja 2 (WRK)	5	5	5	20	20	20	
30	Grupa Środa Śląska	Komorniki (WKR), Prochowice* (PRO), Środa Śląska (SRS)	10	10	10	10	10	15	* TAURON Dystrybucja S.A. Oddział Legnica
TAURON Dystrybucja S.A. Oddział Opole									
31	Grupa Zawadzkie	Dobrodzień* (DBR), Huta Małapanew sekcja 2 (MAP), Ozimek sekcja 2 (OZI), Zawadzkie sekcja 2 (ZAW)	5	5	5	5	5	5	* TAURON Dystrybucja S.A. Oddział Częstochowa
TAURON Dystrybucja S.A. Oddział Opole									
79	Grupa Rokitnica 1	Barbara (BAR), Grzybowice (GRB), Krupski Młyn* (KRM), Maciejów (MCI), Rokitnica sekcja 1 (ROK), Wielowieś (WLS), Zawadzkie* (ZAW)	5	5	5	5	5	5	* TAURON Dystrybucja S.A. Oddział Opole

# Fragment rzeczywistej sieci 110 kV



Grupa **ZAWADZKIE** - 5 MW ?

Grupa **ROKITNICA 1** – 5 MW ?

**Publikacja zdolności przyłączeniowych jest bardzo cenną informacją o stanie sieci szczególnie dla jednostek ubiegających się o przyłączenie**

**Wykonywanie analiz powinno odbywać się częściej, najlepiej bezpośrednio u operatora**

**Możliwe jest stworzenie szybkiego i o wystarczającej dokładności narzędzia do tego typu analiz**

**Publikowane zdolności przyłączeniowe budzą w wielu miejscach duże wątpliwości – operatorzy nie są zainteresowani przyłączaniem nowych źródeł**

Prawdopodobnie OSD są w posiadaniu programów rozplwyowych tzw. zmiennoprądowych, za pomocą których mogą wyznaczyć dokładnie, ale przy dużym nakładzie czasu i pracy, niezbędne rozplwy mocy i podejmować odpowiednie decyzje w zakresie zdolności przyłączeniowych, choć niekiedy trudne do logicznej interpretacji i akceptacji.

Czy w tej sytuacji jest możliwość „wyposażenia” OSD w swego rodzaju „agregat”, oparty na rozplwy stałoprądowym, służący do jednolitego – w sensie sposobu obliczeń i interpretacji wyników – bezpośredniego wyznaczania zdolności przyłączeniowych określonych węzłów odbiorczych w sieciach 110 kV? Jeśli tak, to jakie warunki (w sensie organizacyjnym) musiałyby być spełnione?

Przypomina się tu bowiem sytuacja sprzed kilku- lub nawet kilkunastu już lat, kiedy to analizy możliwości przyłączania nowych źródeł do krajowej sieci elektroenergetycznej wykonywane były w początkowym okresie przez kilka tylko wyspecjalizowanych ośrodków w kraju, a następnie analizy takie mogli już wykonywać poszczególni OSD.

**DZIĘKUJEMY ZA UWAGĘ**