

# Spontaniczna praca wyspowa w sieci SN na przykładzie awarii, która miała miejsce w dniu 25.04.2020 w stacji 110/15 kV Zagórze

# Wyłączenie transformatora 110/15kV od zabezpieczenia różnicowego, generacja w głębi sieci SN oraz działanie automatyki SCO.



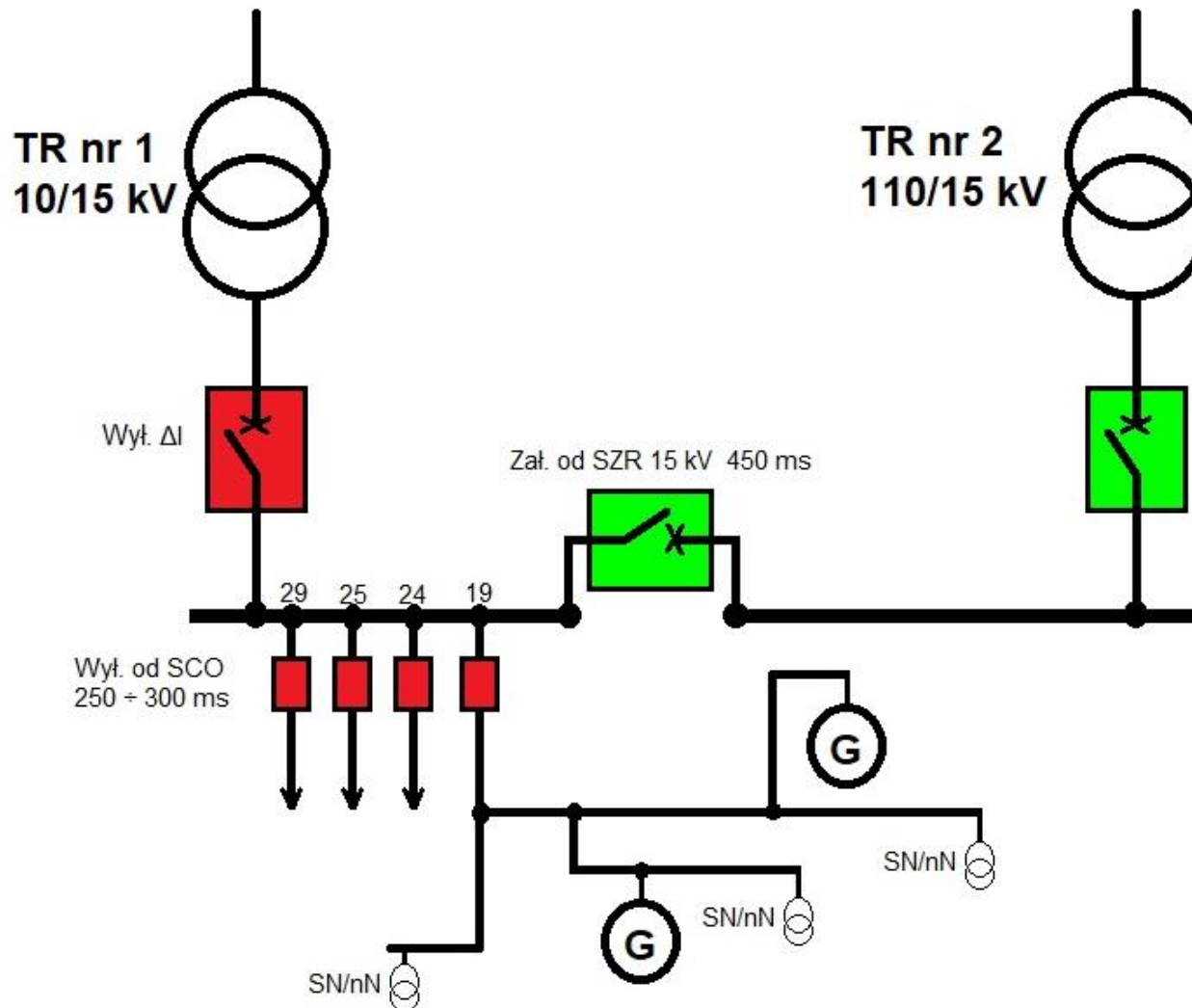
Pośrednią przyczyną zakłócenia w dniu 25.04.2020 r. w SE Zagórze było zadziałanie zabezpieczenia różnicowego transformatora 110/15 kV nr 1 i wyłączenie strony 15 kV, która zasilala sekcję 15 kV nr 1. Automatyka SZR 15 kV pracowała w układzie rezerwy ukrytej z przerwą na wyłączniku 15 kV w polu sprzęgła.

Wyłączenie transformatora nr 1 doprowadziło po około 300 ms do samoczynnego wyłączenia pól liniowych 15kV przez automatykę SCO.

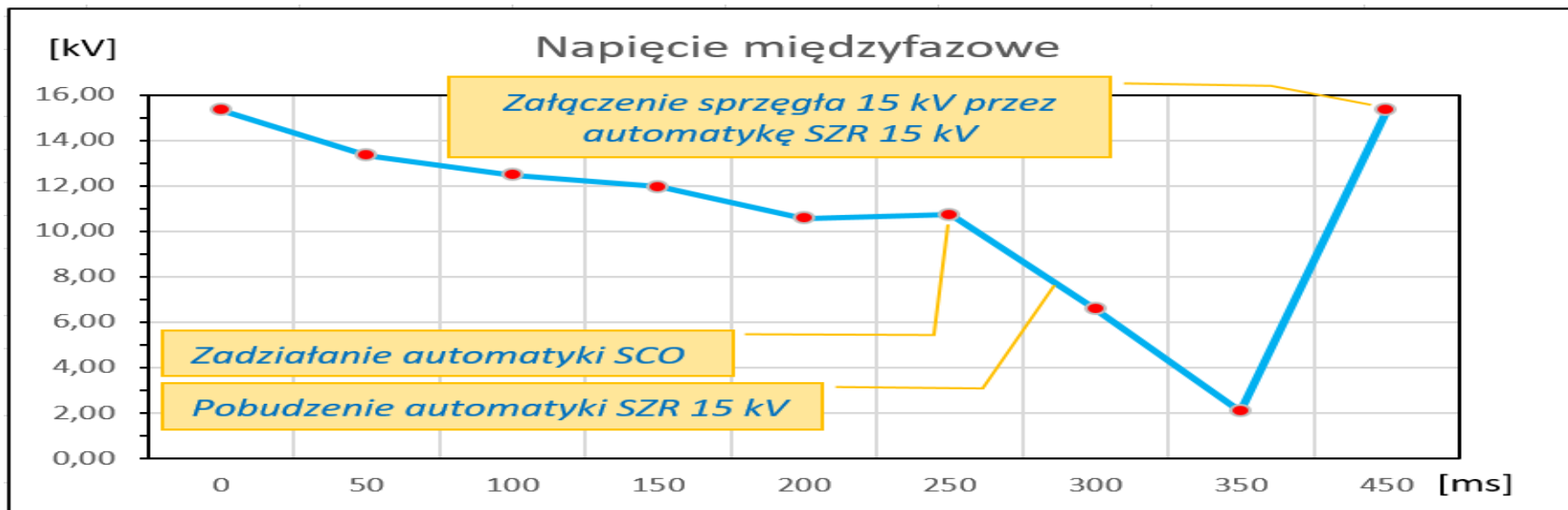
Automatyka SZR 15 kV załączyła wyłącznik sprzęgła 15 kV dopiero wtedy, gdy napięcie resztkowe utrzymujące się na szynach zbiorczych sekcji 15 kV nr 1 spadło poniżej  $0,5U_N$  – (nastawiona wartość napięcia resztkowego w przekaźniku automatyki SZR 15 kV). Utrzymywanie się napięcia na sekcji 15 kV nr 1 pomimo wyłączenia transformatora zasilającego sekcję wynikało z pracy źródeł wytwórczych (farma wiatrowa) w głębi sieci 15 kV zasilanych z tej sekcji.

Na następnym slajdzie przedstawiono uproszczony schemat sieci 15 kV zasilanej z SE Zagórze.

# Wyłączenie transformatora 110/15kV od zabezpieczenia różnicowego, generacja w głębi sieci SN oraz działanie automatyki SCO.



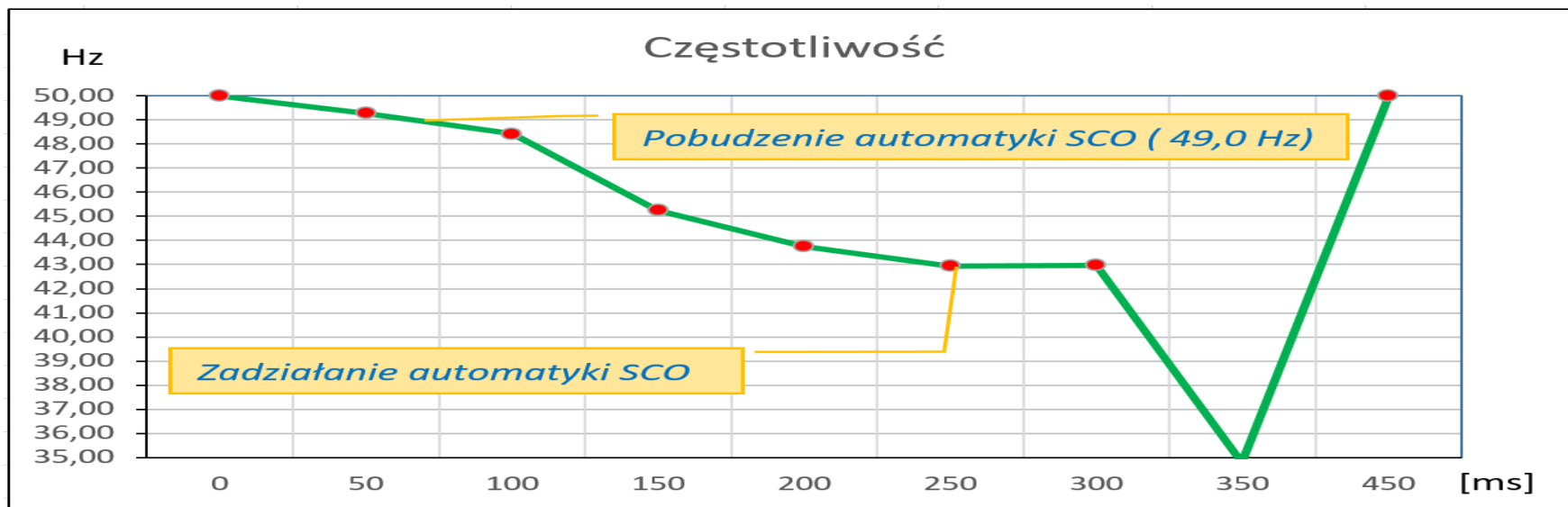
# Wyłączenie transformatora 110/15kV od zabezpieczenia różnicowego, generacja w głębi sieci SN oraz działanie automatyki SCO.



Na wykresie przedstawiono zmiany napięcia w czasie wystąpienia awarii. Widać na nich, że następuje spadek napięcia w sieci 15 kV, jednak jego poziom utrzymuje się powyżej wartości granicznej  $0,5 U_N$  (blokując zadziałanie automatyki SZR 15 kV).

Jego gwałtowne załamanie następuje dopiero po zadziałaniu automatyki SCO i wyłączeniu pól liniowych 15 kV (w tym pola 15 kV z generacją).

# Wyłączenie transformatora 110/15kV od zabezpieczenia różnicowego, generacja w głębi sieci SN oraz działanie automatyki SCO.



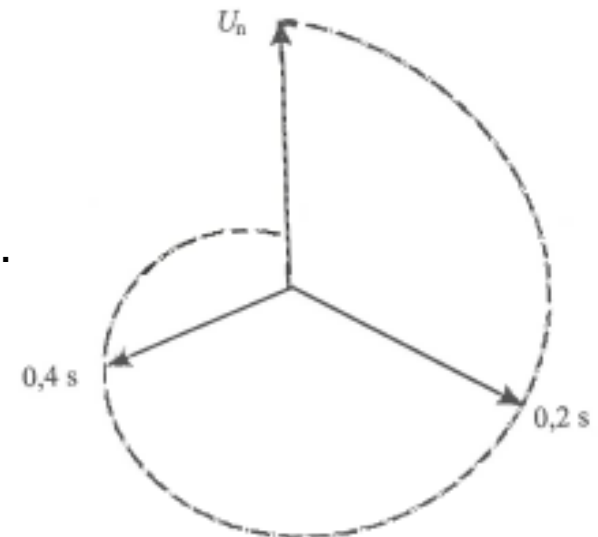
Na wykresie przedstawiono zmianę częstotliwości w czasie wystąpienia awarii. Ze względu na deficyt mocy w sieci 15 kV częstotliwość zaczyna spadać. Przy wartości 49,0 Hz następuje rozruch członów podczęstotliwościowych automatyki SCO. Wyłączenie pól 15 kV objętych automatyką SCO następuje po około 250 ÷ 300 ms (w tym pola z generacją).

# Działanie automatyki SCO - możliwości rozwiązania problemu.

1. Zgodnie z Kodeksem Sieciowym PSE S.A. TAURON Dystrybucja zobowiązany został do wyłączania odbiorów przy obniżeniu częstotliwości z czasem mniejszym lub równym 300 ms. Dla nowych układów automatyki SCO zgodnie z pismem TD/DL/DLA/2019-11-29/0000002 z dnia 29.11.2019r. czas ten nie powinien przekraczać 150 ms. Przy nastawieniu tak krótkich czasów automatyki SCO w GPZ-ach, do których przyłączone są duże źródła energii elektrycznej, mogą wystąpić wyłączenia pól liniowych SN od automatyki SCO. Wyłączenia mogą również wystąpić podczas działania automatyki SPZ w sieci 110 kV.
2. W sytuacji, gdy wystąpi stan bliski zbilansowaniu mocy źródeł wytwórczych z mocą pobieraną przez odbiorców, może dojść do sytuacji, że pomimo wyłączenia źródła podstawowego zasilania (transformator, sprzęgło SN) napięcie o częstotliwości zbliżonej do 50 Hz będzie się dalej utrzymywać przez nieokreślony czas.
3. Źródła wytwórcze powinny posiadać automatykę restrykcyjną reagującą na zmiany napięcia i częstotliwości, jednakże ich czas detekcji oraz działania może być dużo dłuższy niż czas działania automatyki SCO w GPZ, a zatem automatyka może być mało skuteczna.

W celu ochrony przed udarem prądowym silników asynchronicznych i synchronicznych, które znajdują się w głębi sieci w działaniu automatyki SZR wprowadzona jest blokada przejściowa, która uniemożliwia załączenie zasilania rezerwowego gdy, na szynach sekcji występuje napięcie resztkowe spowodowane wybiegiem tych silników. W dostępnej literaturze proponowana nastawa poziomu tego napięcia podawana jest na poziomie od  $0,25 \div 0,5 U_n$ . Jest to napięcie przy, którym nie powinno już wystąpić uszkodzenie silników znajdujących się w głębi sieci.

W Książce dr. Witolda Hoppela „Sieci Średnich Napięć Automatyka zabezpieczeniowa i ochrona od porażeń”, autor pokazał przebieg fazora napięcia na szynach SN. Rekomenduje on również ustawienie napięcia resztkowego na poziomie  $0,1 \div 0,25 U_n$ .



# Automatyka AWG.

W jednym z Oddziałów TD została wprowadzona na kilku GPZ automatyka AWG (automatyczne wyłączenie generacji). Automatyka ma za zadanie jednoczesne wyłączenie wraz ze źródłem podstawowym zasilania (transformator 110/SN) pól liniowych SN, w których występuje generacja. Poprawne działanie automatyki pozwala na:

- szybkie i załączenie zasilania rezerwowego przez automatykę SZR,
- występuje blokada napięciowa działania automatyki SCO w związku z czym nie powoduje ona zbędnych wyłączeń linii z czynnym SCO.

Wady rozwiązania wyłączenia linii z generacją:

- zbędne wyłączenie linii SN z generacją i de facto spowodowanie ich spontanicznej pracy wyspowej,
- zwiększenie wskaźnika SAIDI i SAIFI,
- **brak możliwości załączenia pola z generacją na skutek działania blokady napięciowej.**



# Działanie zabezpieczeń w polach SN z generacją, a spontaniczna praca wyspowa.

W przypadku zadziałania zabezpieczeń nadprądowych w polu liniowym SN z generacją, należy przypuszczać, że źródła zostaną wyłączone przez własne zabezpieczenia.

Jednak, co się stanie w przypadku zwarć doziemnych?

**W tym przypadku może wystąpić spontaniczna praca wyspowa**, która będzie powodowała:

- brak informacji w systemie SCADA o doziemieniu lub informacja ta może się pojawić tylko na łącznikach w głębi sieci wyposażonych w EAZ,
- brak możliwości załączenia przez dyspozytora pola z generacją, na skutek działania blokady napięciowej,
- parametry energii elektrycznej mogą nie spełniać wymogów jakościowych,
- **zagrożenie życia i zdrowia osób postronnych na skutek braku ochrony przeciwporażeniowej.**

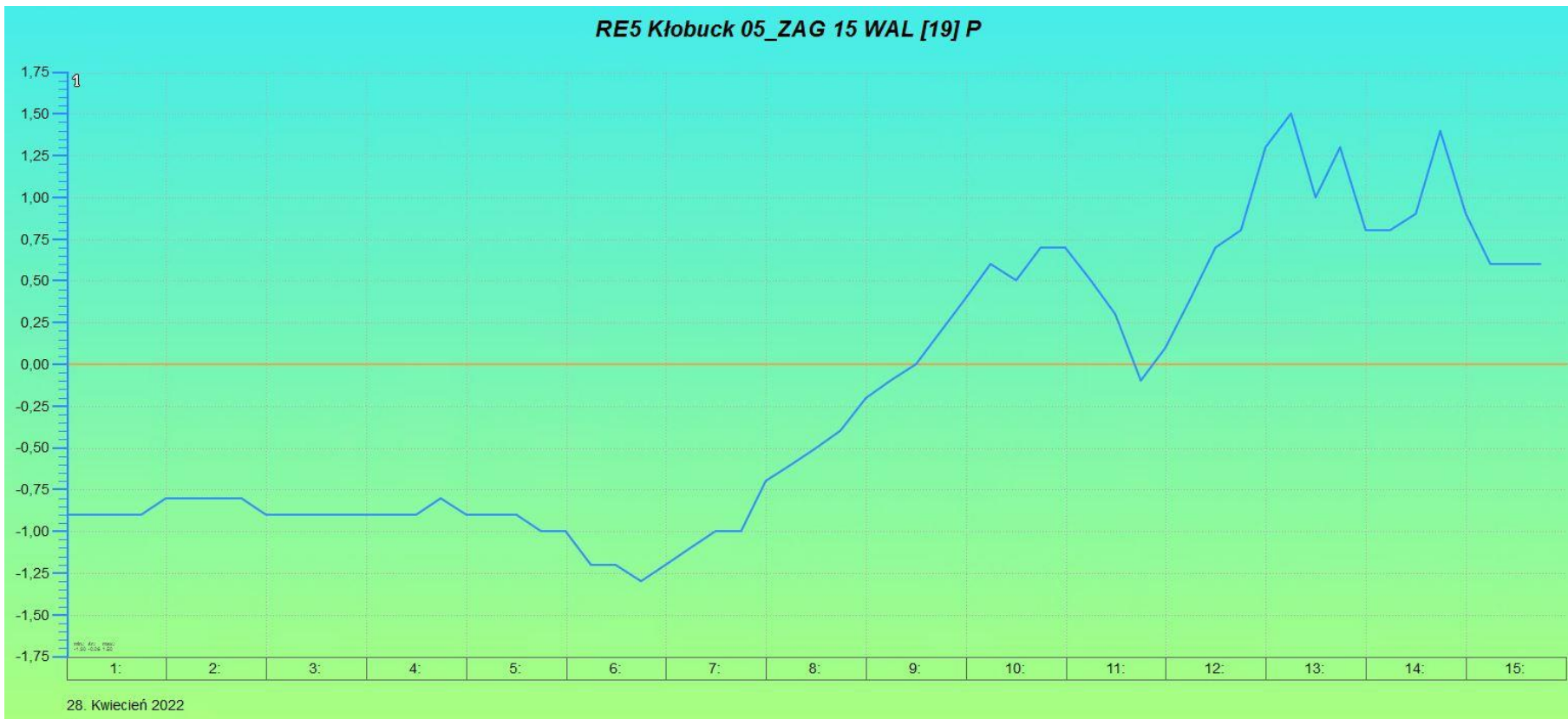


# Zarejestrowane obciążenia w SE Zagórze. Pole 15 kV transformatora.



Obciążenie czynne transformatora 110/15 kV nr 1 w SE Zagórze zarejestrowane w dniu 28.04.2022r.

# Zarejestrowane obciążenia w SE Zagórze. Pole 15 kV nr 19 z generacją w głębi sieci.



Pobór (-), oddawanie (+) moc czynna pole 15 kV nr 19 w SE Zagórze rejestracja w dniu 28.04.2022r.

Na zlecenie TAURON Dystrybucja S.A. Oddział w Częstochowie 2013 r. zostały zrealizowane badania: „**Wykonanie badań jakościowych energii elektrycznej na obszarze zasilanym z SE Waleńców i SE Kłobuck Południe z uwzględnieniem pracy farm wiatrowych**”. Opracowanie to zostało zrealizowane przez zespół pod kierownictwem *dr. hab. inż. KAZIMIERZA JAGIEŁA*.

W podsumowaniu opracowania zostały zawarte między innymi wnioski dotyczące przepływu energii czynnej w SE110/30/15 kV Kłobuck Południe.

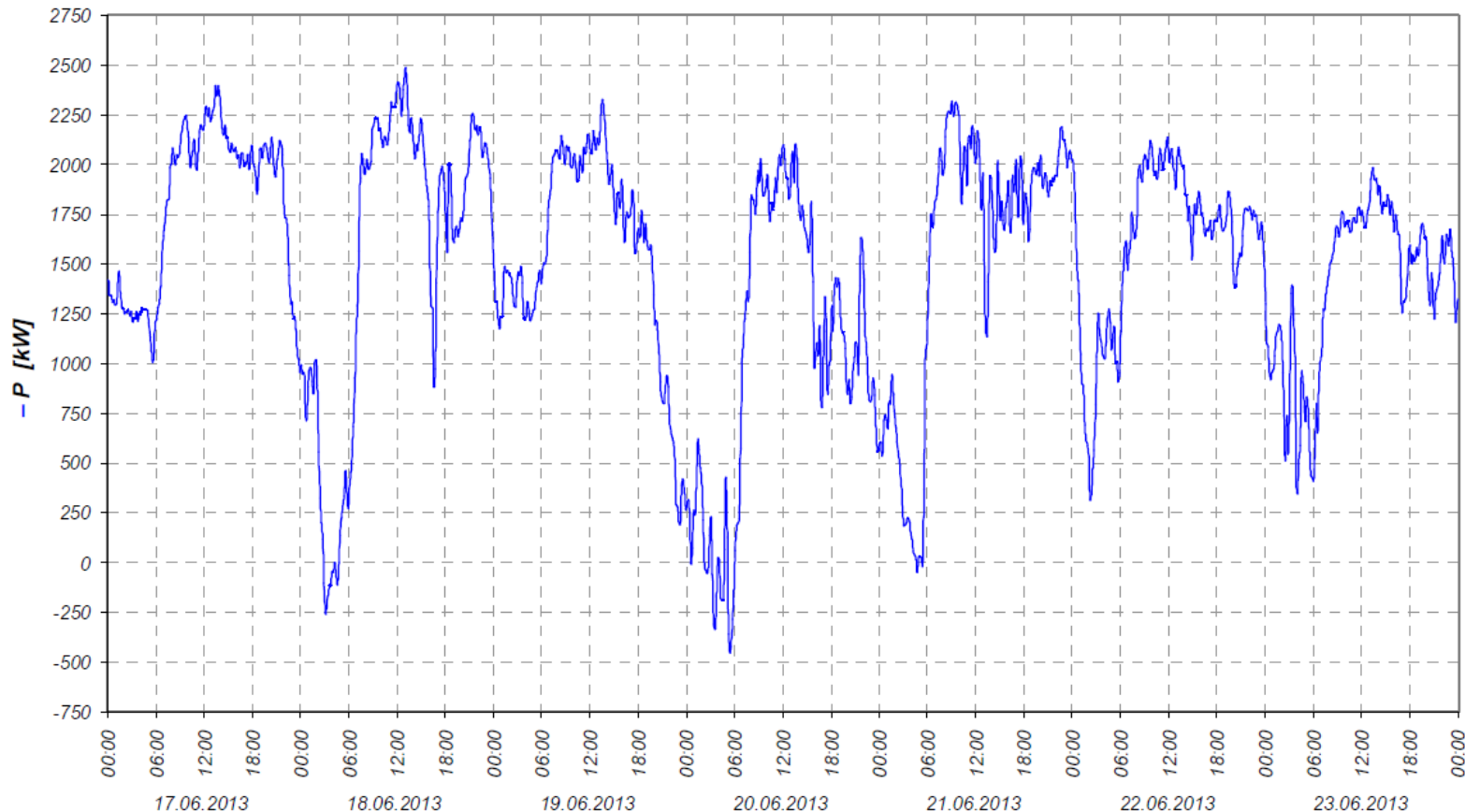
*„Stopień obciążenia ( $I$ ,  $P$ ,  $Q$ ,  $S$ ) uzależniony jest od rodzaju dnia tygodnia oraz godziny doby oraz w zasadniczym stopniu kształtowany jest przez pracujące turbiny wiatrowe, co prowadzi do występowania zjawiska zmiany kierunku przepływu energii czynnej.*

*W badanym węźle zarejestrowano łącznie 30 dziesięcio - minutowych okresów pomiarowych, w których nastąpiła zmiana kierunku przepływu energii elektrycznej czynnej, co stanowi 2,98 % tygodniowego okresu obserwacji.*

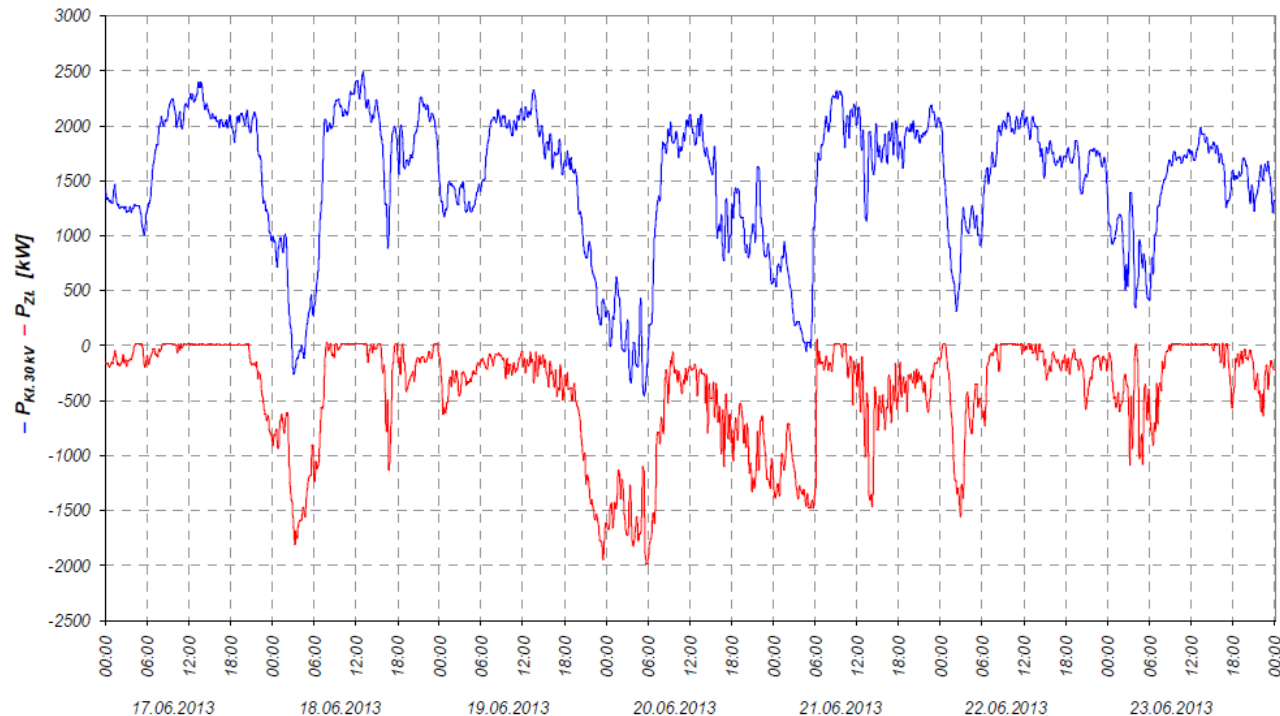
*Zmiana kierunku przepływu energii czynnej jest w zasadniczym stopniu determinowana ilością mocy generowanej przez turbinę typu Vestas V90 przyłączoną do linii SN Waleńców - Krzepice w miejscowości Złochowice i może wystąpić w przypadku generowania przez turbinę wiatrową mocy większej niż 1,11 MW (w zależności od stopnia obciążenia sieci przez jej odbiorców), co trafnie obrazuje wykres porównawczy mocy czynnej.”*



# Badania jakościowe energii elektrycznej



Rys. II.7. Wartości mocy czynnej trójfazowej  $P$  zarejestrowane po stronie wtórnej transformatora TR2 w stacji Kłobuck Południe - rozdzielnia 30 kV.



Rys. II.34. Porównanie zmian wartości mocy czynnej trójfazowej  $P_{Kł. 30 kV}$  zarejestrowanej po stronie wtórnej transformatora TR2 w stacji Kłobuck Południe w rozdzielni 30 kV z wartościami mocy czynnej trójfazowej  $P_{Zł.}$  generowanej przez turbinę wiatrową typu Vestas V90 przyłączoną do linii SN Waleńczów -Krzepice w miejscowości Złochowice.

Dziękuję za uwagę.