

Symulacja pracy zasobnika energii w sieci dystrybucyjnej z wykorzystaniem GridLAB-D

Bartosz Starosielec
Piotr Biczul
Armen Jaworski
Adam Wojewoda



Rzeczpospolita
Polska

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



Energia Odnawialna S.A.

Plan wystąpienia

- 
1. PGE Energia Odnawialna S.A.
 2. Idea projektu GridStorPV
 3. Zasobnik bateryjny na Górze Żar
 4. Badania symulacyjne
 5. Pomiary wstępne i uruchomienie
 6. Dalsze prace
 7. Podsumowanie

Aktywa wytwórcze PGE Energia Odnawialna S.A.

SKŁAD MAJĄTKU WYTWÓRCZEGO - ŹRÓDŁA OZE

20 elektrowni wiatrowych: 772,39 MW

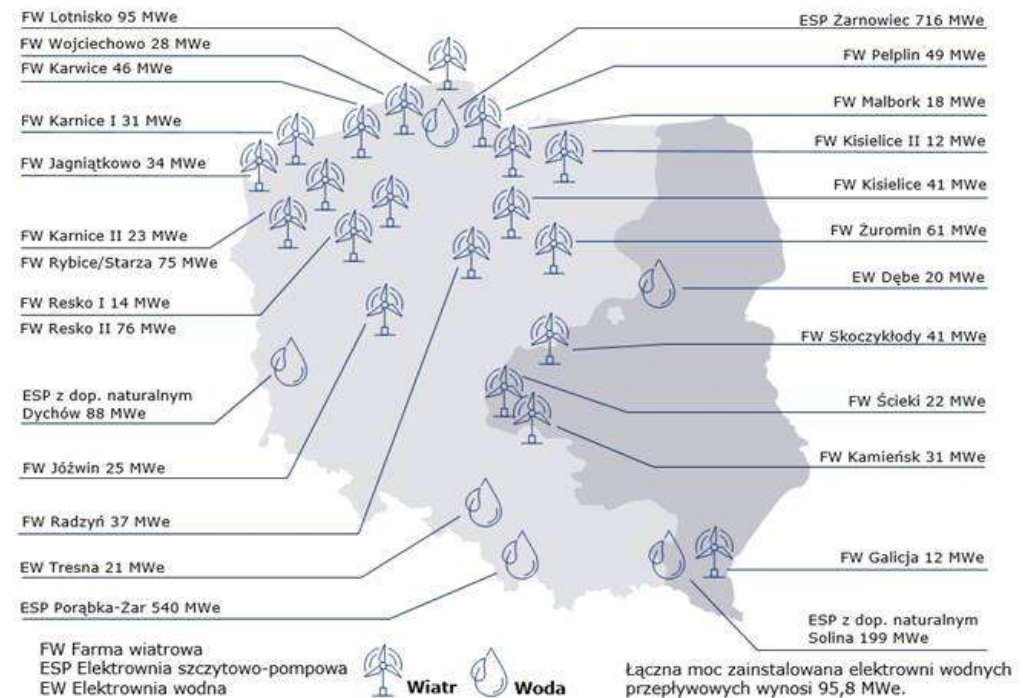
Kamieńsk, Pelplin, Żuromin, Resko I, Wojciechowo, Lake Ostrowo, Karnice I, Kisielice I, Malbork, Galicja, Karwice, Resko II, Lotnisko, Kisielice II, Starza-Rybice, Karnice II, Skoczylody, Radzyń, Ścieki, Józwin.

29 elektrowni wodnych: 95,757 MW

Porąbka, Tresna, Myczkowce, Rakowice, Dobrzeń, Raduszec Stary, Gorzupia I i II, Grajówka, Żagań I i II, Małomice, Szprotawa, Kliczków, Gubin, Zasieki, Zielisko, Żarki Wielkie, Przysieka, Bukówka, Sobolice, MEW Myczkowce, Januszkowice, Krępna, Krapkowice, Oława, Dębe, Smardzewice, Nielisz.

24 elektrownie fotowoltaiczne: 22,298 MW

Żar, Lesko, Bliskowice, Lutol 1 i 2, Koszoły, Bedlno Radzyńskie, Kaleń, Opoczno, Kusin, Pierzyska Baranowo, Dolna Odra 1 i 2, Brzeźnik, Wrzeszczewice 1 i 2, Adamów, Górzyn, Kłodzin 1 i 2, Sędzinko 1 i 2, Niedysz 1 i 2.



Stan majątku wytwórczego PGE E.O. (Źródło własne)

Idea projektu



GridStorPV



Fragment elektrowni PV Góra Żar. (Źródło własne)

Okres realizacji: **od 2018-03 do 2021-11**

Budżet projektu: **6.9 mln zł**

Dofinansowanie: **3.3 mln zł (NCBiR)**

Partner: **CIM-mes Projekt Sp. z o.o.**

Nr umowy: **POIR.01.02.00-00-0211/16**



Bateryjny magazyn energii na Górze Żar. (Źródło własne)

Problem dostarczania usług systemowych

Przyczynkami do projektu są:

- rosnąca nieregularna i niekontrolowalna generacja z OZE
- rozwój niezarządzanej generacji rozproszonej
- zakaz budowy zasobników przez operatorów sieci

Pojawia się miejsce na operatora zasobników

Projekt GridStorPV



Celem projektu jest:

- sprawdzenie możliwości realizacji wybranych usług systemowych przez bateryjny zasobnik energii
- badanie otoczenia gospodarczego dla realizacji usług przez третią stronę
- badanie automatyzacji procesu realizacji usług
- badanie współpracy BZE z elektrownią słoneczną

Zasobnik bateryjny na Górze Żar



Lokalizacja



geoportal.gov.pl

Rejon szczytu Żaru

Skala: 1:5000

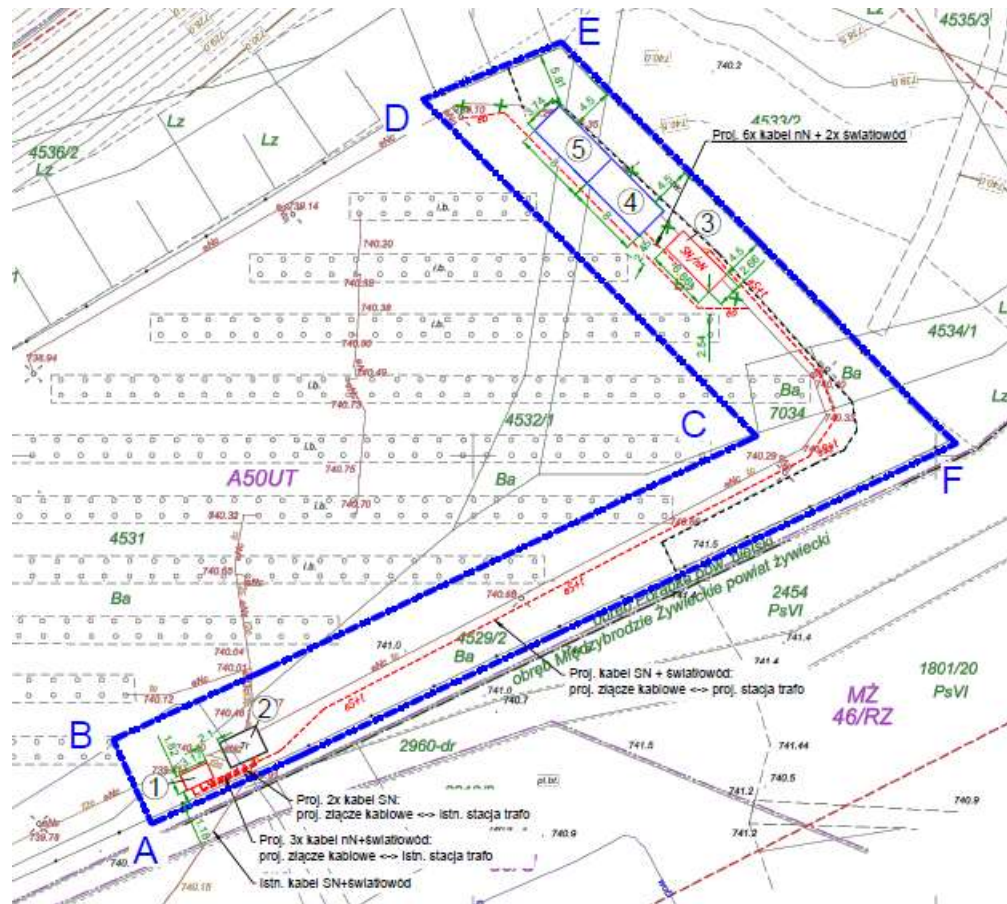


Główny Urząd Geodezji i Kartografii
ul. Wspólna 2
00-926 Warszawa

Uwaga: Ten wydruk ma charakter wyłącznie poglądowy i w żadnym razie nie może być traktowany jako dokument oficjalny.
© 2020 GUGIK Wszystkie prawa zastrzeżone.

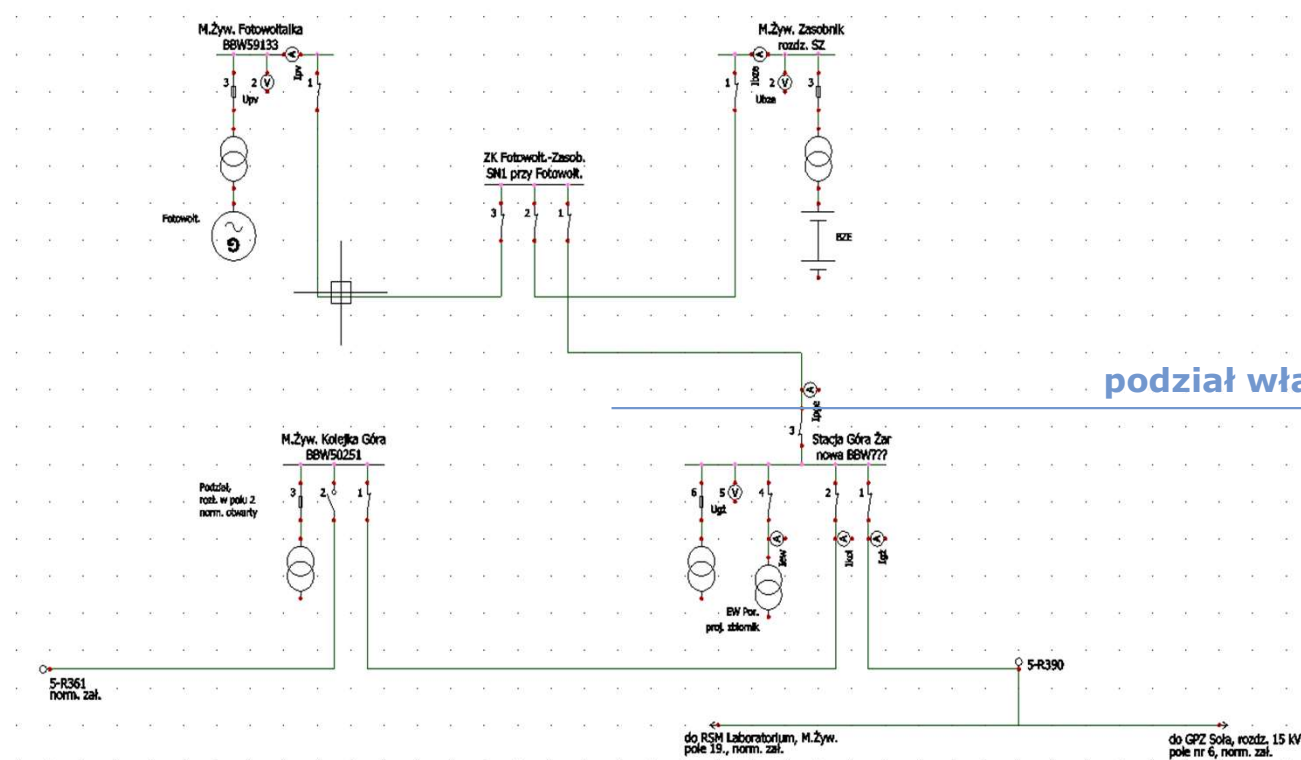
Widok obszaru zbiornika górnego ESP Porąbka-Żar. (Źródło: geoportal.gov.pl)

Usytuowanie



Fragment projektu magazynu energii na Górze Żar. (Źródło własne)

Okolica sieciowa



Schemat okolicznej sieci magazynu energii. (Źródło własne)

Parametry

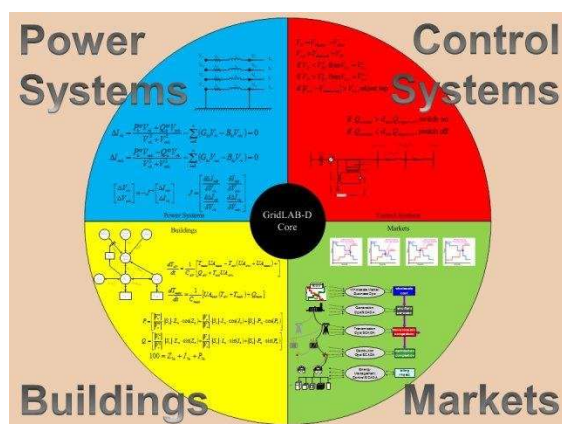
• znamionowa moc czynna	500 kW
• znamionowa moc pozorna	500 kVA
• znamionowa pojemność	750 kWh
• czas osiągnięcia mocy czynnej nominalnej ze stanu gorącej rezerwy	200 ms
• znamionowa moc transformatora	630 kVA
• żywotność cykliczna	4000 cykli

Badania symulacyjne



GridLAB-D

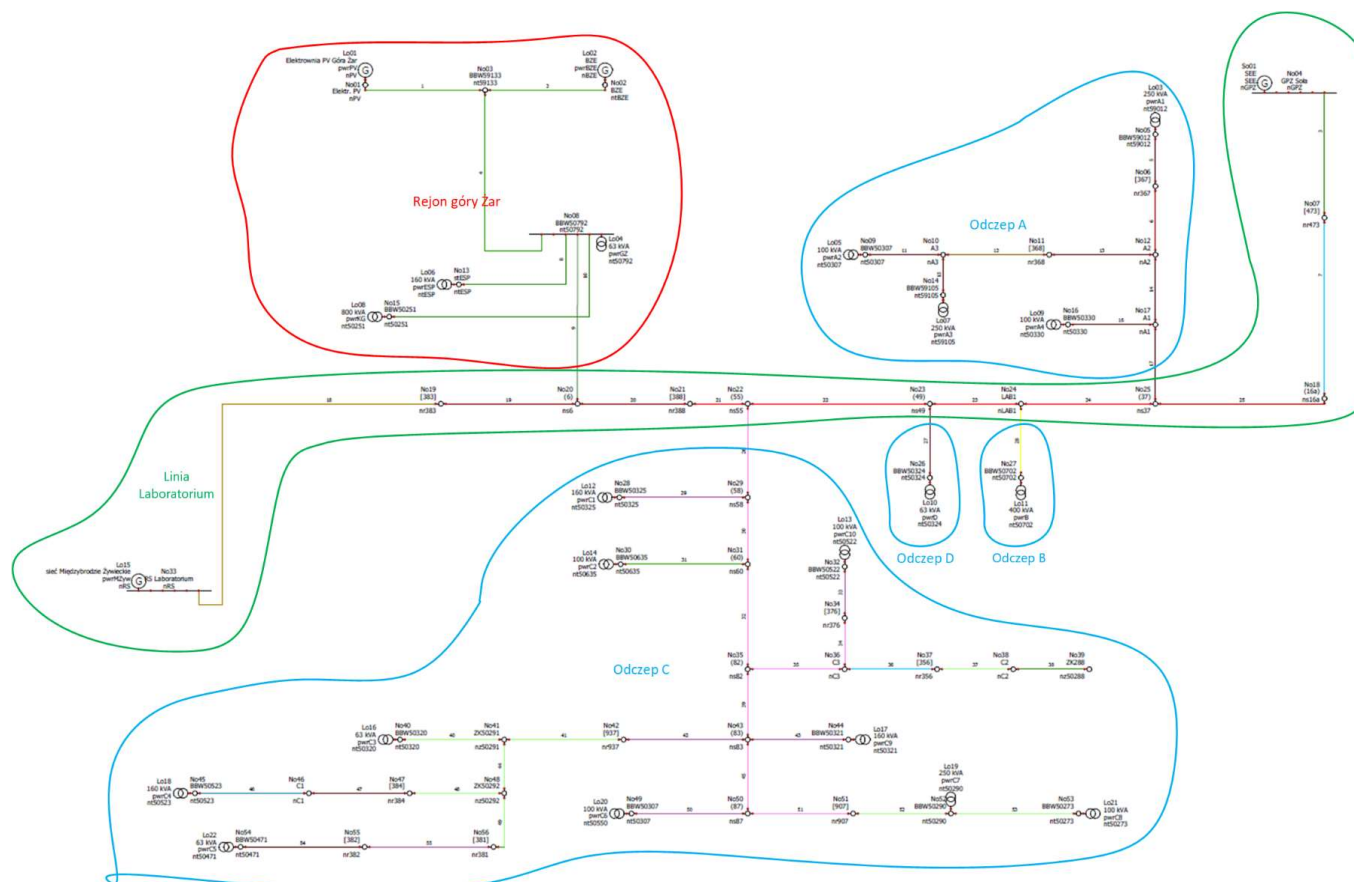
Unikalne narzędzie do projektowania sieci inteligentnych



Obszary pracy oprogramowania GridLAB-D.
(Źródło: www.gridlabd.org)

- Narzędzie przygotowane przez Pacific Northwest National Laboratory
- Finansowane przez US Department of Energy
- Narzędzie symulacyjne do badania rozległych sieci dystrybucyjnych
- Przystosowane do symulacji generacji rozproszonej i systemów magazynowania energii
- Pozwala na symulację zachowania odbiorów w zależności od warunków pogodowych
- Pozwala na łatwe wprowadzanie parametrów przewodów i transformatorów

Sieć SN w okolicy



Schemat okolicznej sieci SN magazynu energii. (Źródło własne, na podstawie informacji Tauron Dystrybucja S.A.)

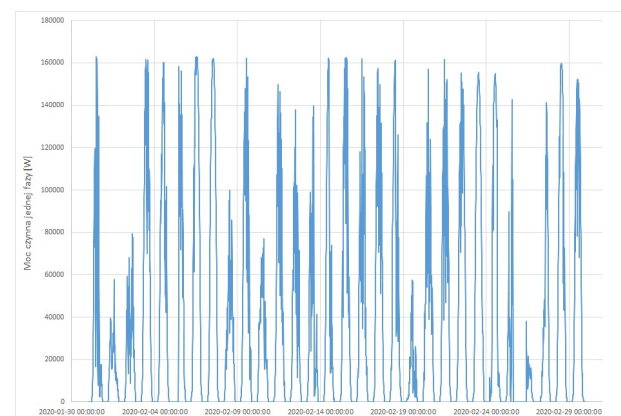
Przeprowadzone badania symulacyjne

- Poboru mocy przez sieć bez obciążenia
- Kompensacji mocy biernej zasobnikiem dla pracy sieci bez obciążenia
- Stanu sieci pod obciążeniem i przy generacji mocy przez elektrownię słoneczną
- Stanu sieci pod obciążeniem przy pracy zasobnika i elektrowni słonecznej
- Stanu sieci pod obciążeniem przy pracy zasobnika

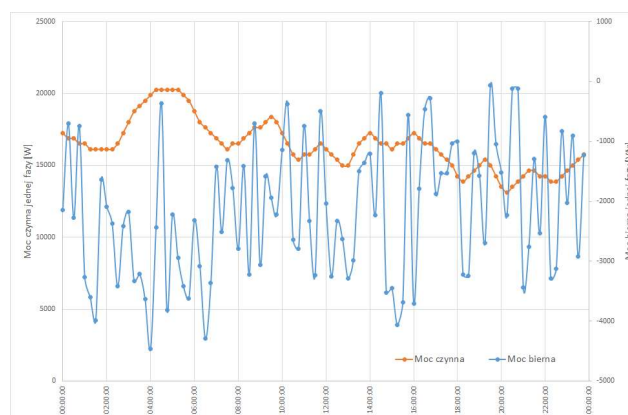
Profile obciążenia przyjęte do symulacji



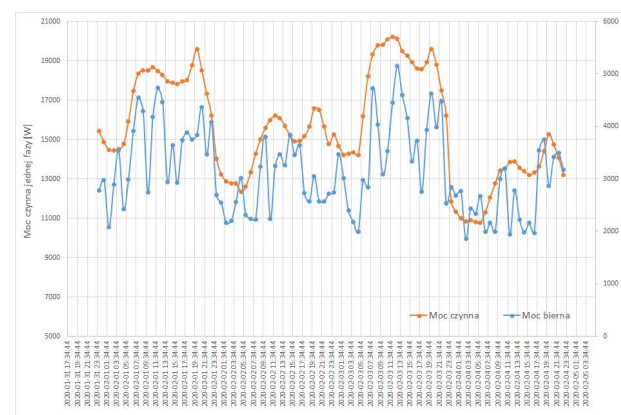
Przyjęte moce stacji Kolejka Góra. (Źródło własne)



Przejęta generacja elektrowni słonecznej. (Źródło własne)



Przyjęta moc stacji Góra Żar. (Źródło własne)



Przyjęty profil całej linii. (Źródło własne)

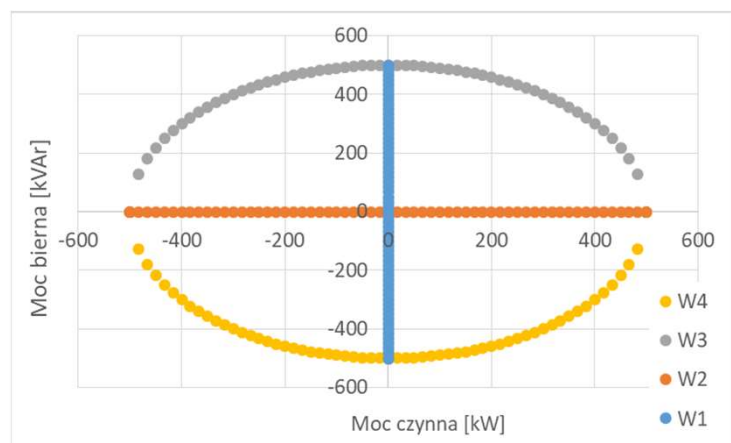
Warianty

W1 – zasobnik generuje moc bierną od $-Q_N$ do $+Q_N$

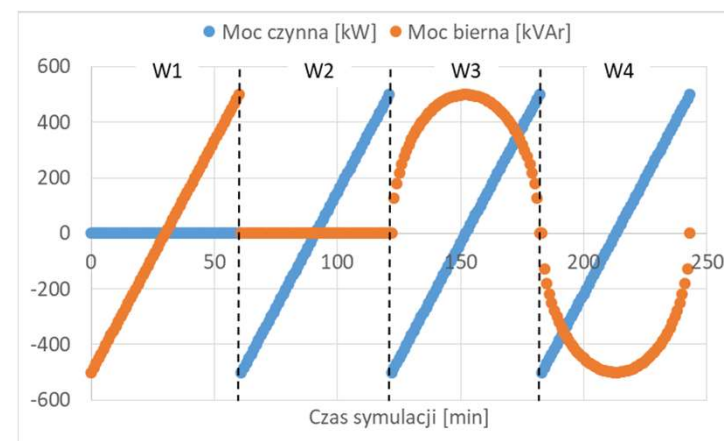
W2 – zasobnik generuje moc czynną od $-P_N$ do $+P_N$

W3 – zasobnik generuje moc pozorną S_N , czynną od $-P_N$ do $+P_N$ i moc bierną indukcyjną

W4 – zasobnik generuje moc pozorną S_N , czynną od $-P_N$ do $+P_N$ i moc bierną pojemnościową

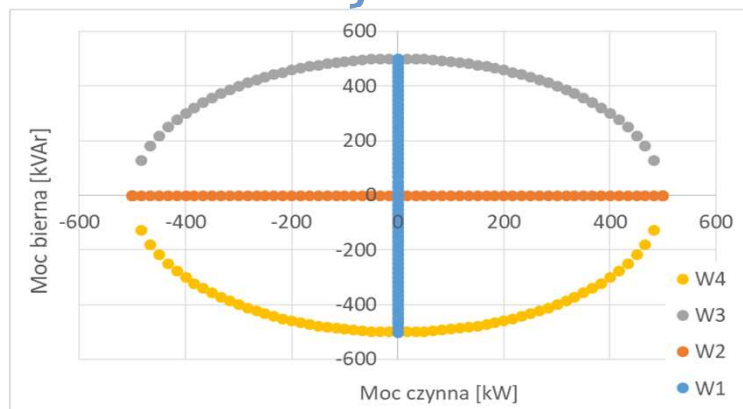


Symulowane warianty pracy magazynu energii. (Źródło własne)

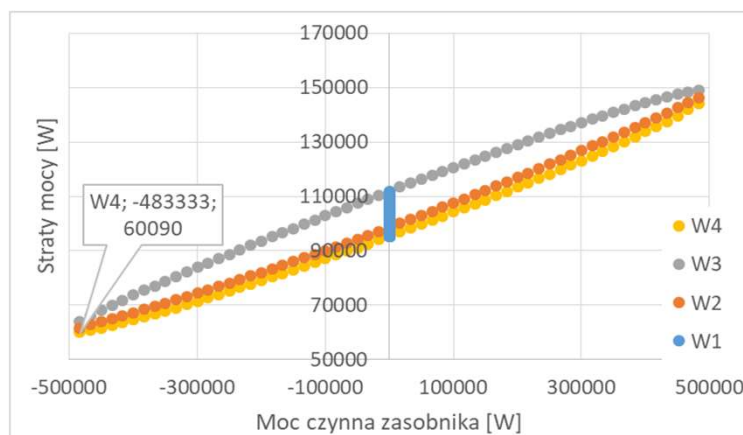


Przebieg symulacji pracy magazynu energii. (Źródło własne)

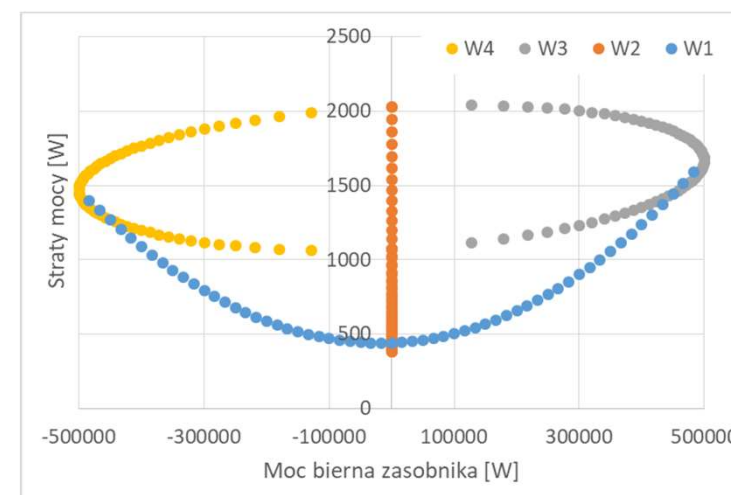
Oddziaływanie na straty



Symulowane warianty pracy magazynu energii. (Źródło własne)

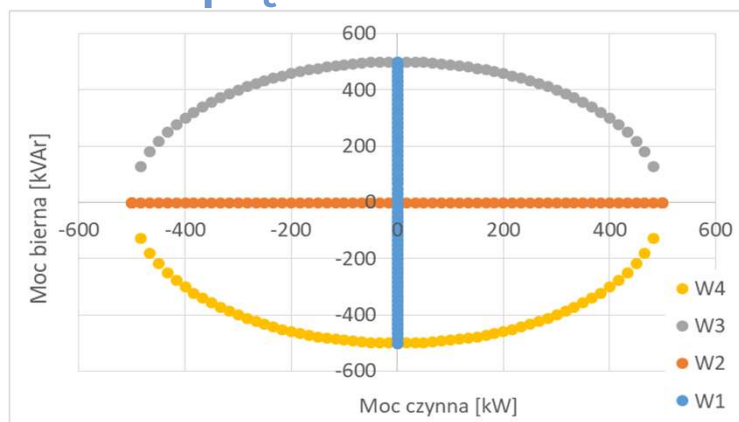


Straty w linii Laboratorium przy zmianach mocy czynnej zasobnika. (Źródło własne)

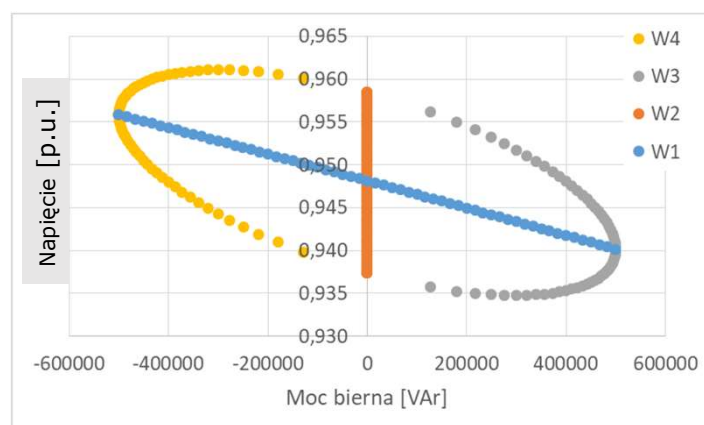


Straty w odpływie na Żar przy zmianach mocy biernej zasobnika. (Źródło własne)

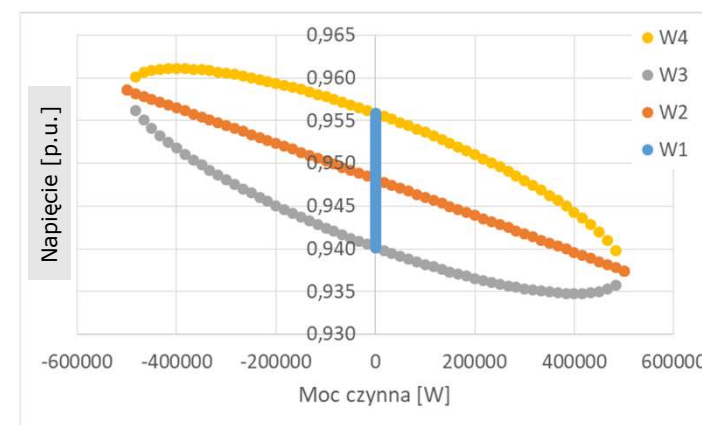
Oddziaływanie na napięcie



Symulowane warianty pracy magazynu energii. (Źródło własne)

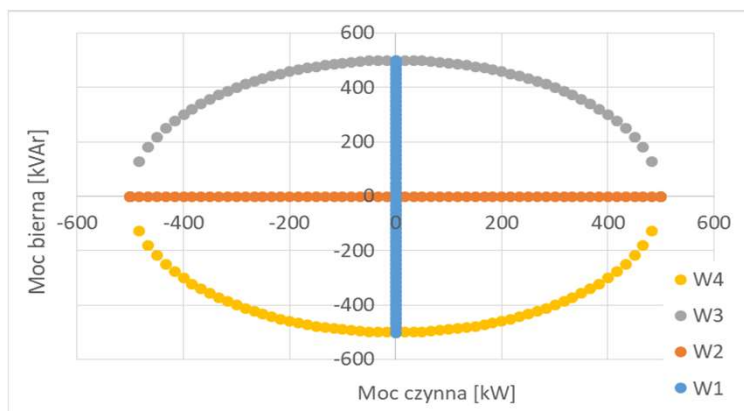


Wpływ mocy biernej zasobnika na napięcie w stacji Góra Żar. (Źródło własne)

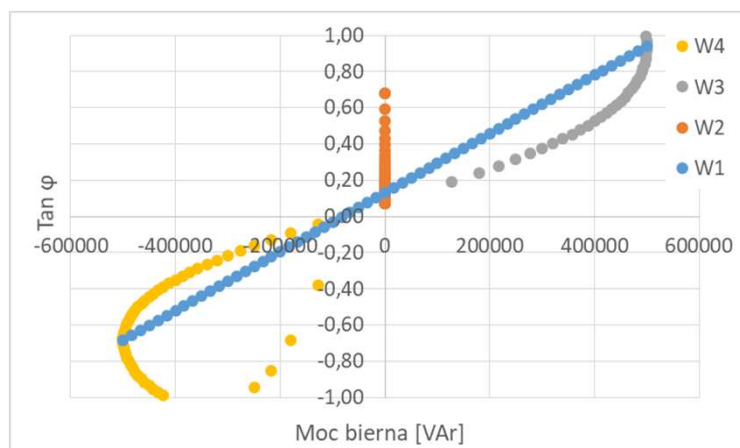


Wpływ mocy czynnej zasobnika na napięcie w stacji Góra Żar. (Źródło własne)

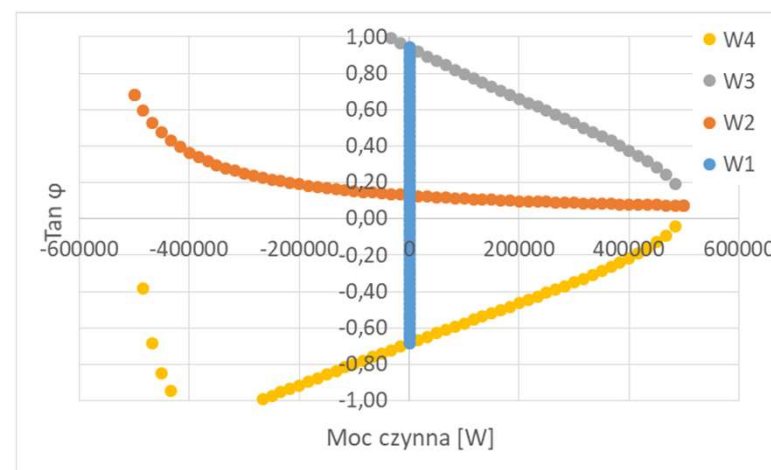
Oddziaływanie na $\tan \varphi$



Symulowane warianty pracy magazynu energii. (Źródło własne)



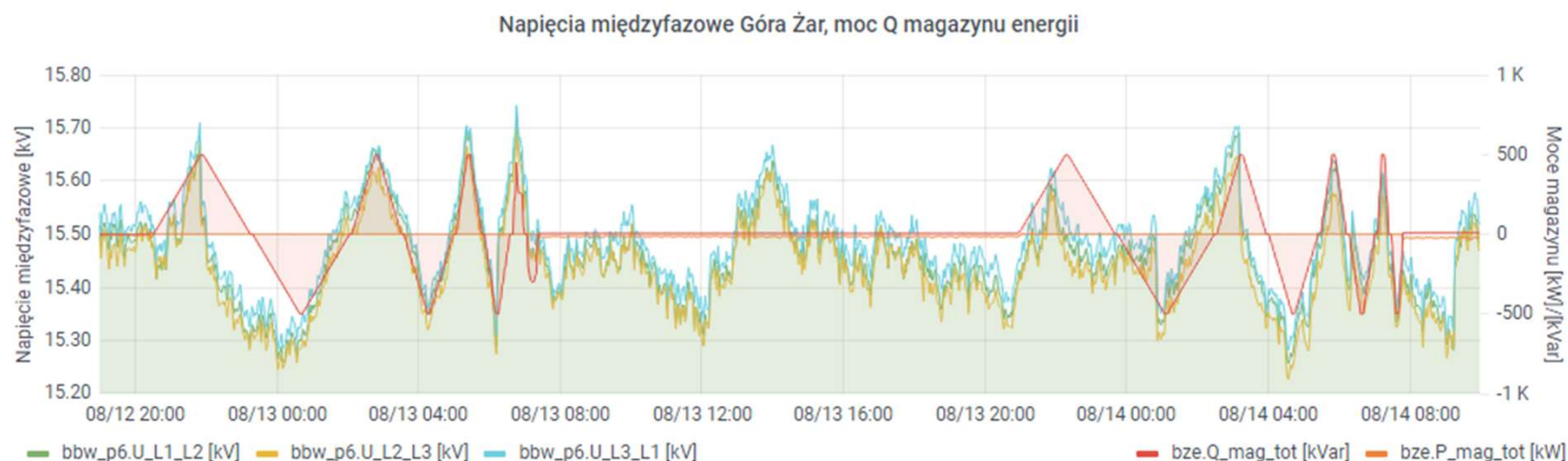
Wpływ mocy biernej zasobnika na $\tan \varphi$ w stacji Góra Żar.
(Źródło własne)



Wpływ mocy czynnej zasobnika na $\tan \varphi$ w stacji Góra Żar. (Źródło
własne)

Wyniki pomiarów

- Pomiary napięcia i mocy w stacji Góra Żar pokazują, że zasobnik rzeczywiście oddziałuje na napięcie;
- Zmiany napięcia odpowiadają wartościom otrzymanym w symulacji.



Oddziaływanie zasobnika na napięcie w badanym węźle. (Źródło własne)

Podsumowanie



Wnioski

- Przeprowadzone badania mają wadę polegającą na braku znajomości obciążenia pola 19. RS Laboratorium i rzeczywistych obciążeń stacji transformatorowych, co ma istotne znaczenie dla określenia poziomu strat mocy i obciążenia sieci. Wartość przyjęta w badaniach — 900 kW i $\tan\varphi = 0,2$ — jest czysto arbitralna.
- Wobec braku znajomości obciążeń poszczególnych stacji dla badań obciążeniowych przyjęto, że są one obciążone ekonomicznie. Każda stacja jest obciążona mocą czynną równą 60% mocy znamionowej transformatora ze współczynnikiem $\tan\varphi = 0,2$.
- Zasobnik ma znaczący wpływ na przepływy mocy w polu nr 6 GPZ Soła. Może je zmieniać w granicach $\pm 15\%$ lub nawet więcej, zależnie od mocy obciążenia.
- Zasobnik może zasilać odbiory w rejonie szczytu Góry Żar, zwłaszcza przy generacji mocy przez elektrownię słoneczną.

Wnioski

- Zasobnik ma znaczący wpływ na współczynnik mocy w ciągu głównym linii Laboratorium, jak i w odpływie na Górę Żar. Może zmniejszyć współczynnik $\tan\phi$ nawet ponad dziesięciokrotnie.
- Zasobnik ma również znaczący wpływ na współczynnik mocy w odpływie na Górę Żar. Tu może nawet zmienić charakter współczynnika z indukcyjnego na pojemnościowy.
- Zasobnik ma mierzalny, ale praktycznie zaniedbywalny wpływ na napięcie w linii Laboratorium.
- Zasobnik ma duży wpływ na straty mocy w linii. W ciągu głównym może je ograniczyć o ok. 33%, w odpływie na Górę Żar o ok. 67%.
- Wielkość mocy czynnej, dla której straty w rejonie Góry Żar osiągają minimum, zmienia położenie zależnie od generowanej mocy przez elektrownię słoneczną.
- Wartości optymalne współczynnika mocy i strat w ciągu głównym i odpływie na Górę Żar są osiągane w innych punktach pracy zasobnika.

Dziękuję





Prowadzimy w zielonej zmianie