



System magazynowania energii elektrycznej w GPZ Rzepedź – 2,1 MW, 4,2 MWh, 15 kV

Stanisław Serwatka

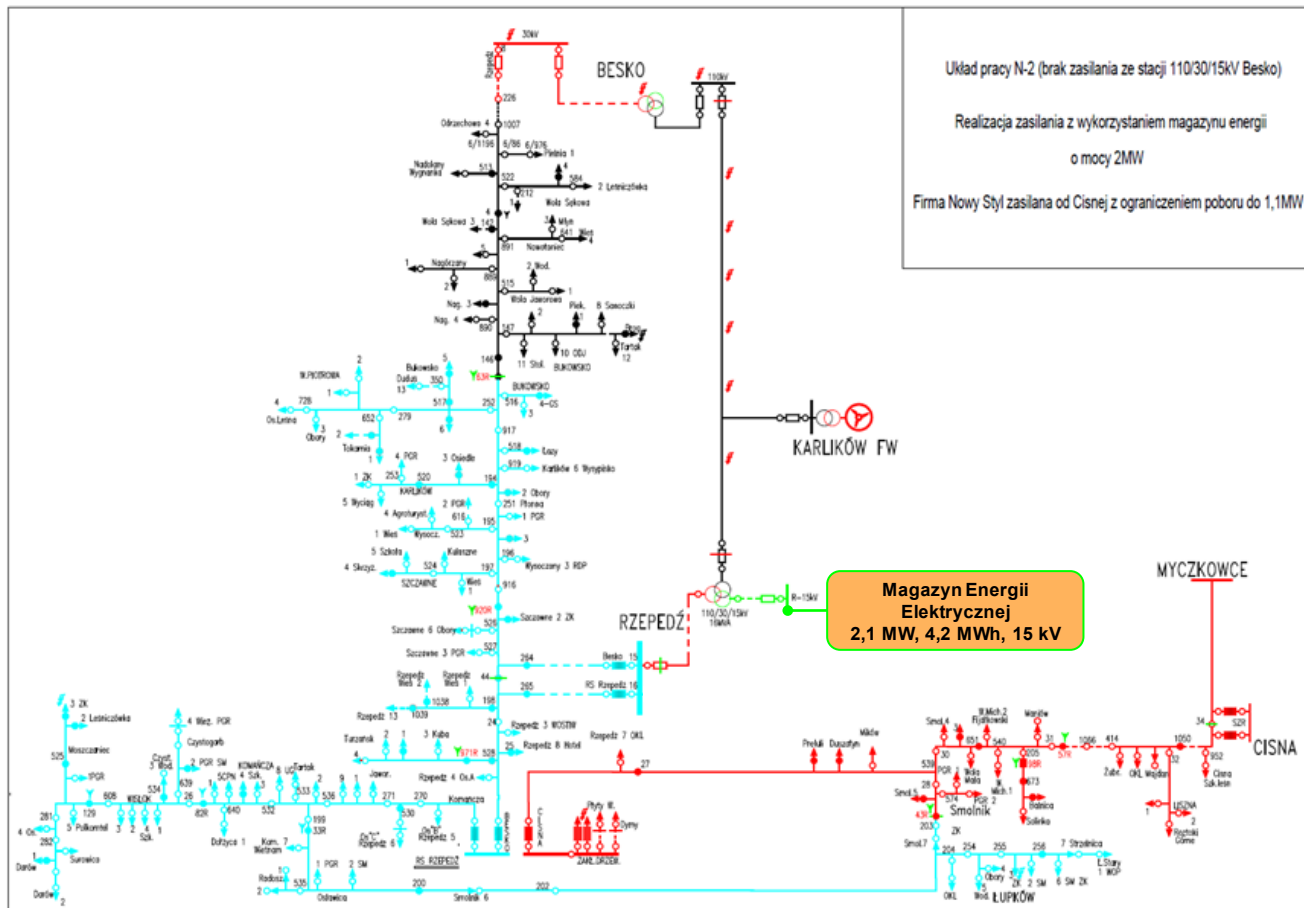
Dyrektor Departamentu
Eksploatacji i Rozwoju
PGE Dystrybucja S.A.
Oddział Rzeszów

Andrzej Firlit

Akademia Górniczo-Hutnicza
Katedra Energoelektroniki i Automatyki
Systemów Przetwarzania Energii
Centrum Energetyki AGH

Seminarium „Magazyny energii elektrycznej w sieciach dystrybucyjnych”
Projekt KlastER programu GOSPOSTRATEG
Polskie Stowarzyszenie Magazynowania Energii
Kraków, 14 grudnia 2021

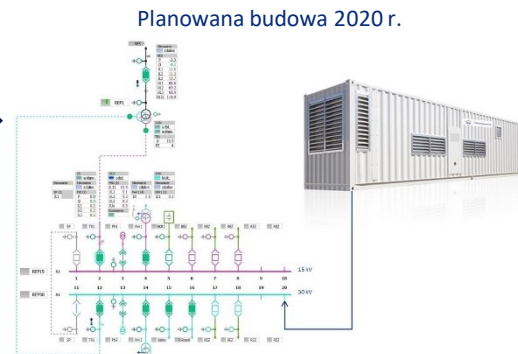
Układ pracy sieci SN w stanach n-1 i n-2



Koszt budowy linii 110 kV vs. koszt budowy magazynu energii elektrycznej



VS.



Planowany odcinek linii 110V	Długość [km]
Dukla - Jaśliska	19,8
Jaśliska - Rzepedź	24,4

Magazyn energii	Koszt [mln zł]
Projekt	0,25
Magazyn	13
Przyłączenie	0,75
Sieć	1

Odsunięcie w czasie nakładów inwestycyjnych na budowę ok 45 km linii 110 kV na około 15 lat

Poprawa pewności zasilania w rejonie GPZ Rzepedź

Poprawa pewności zasilania w rejonie GPZ Rzepedź

Dotrzymanie wskaźników jakościowych świadczonej usługi określonych w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego

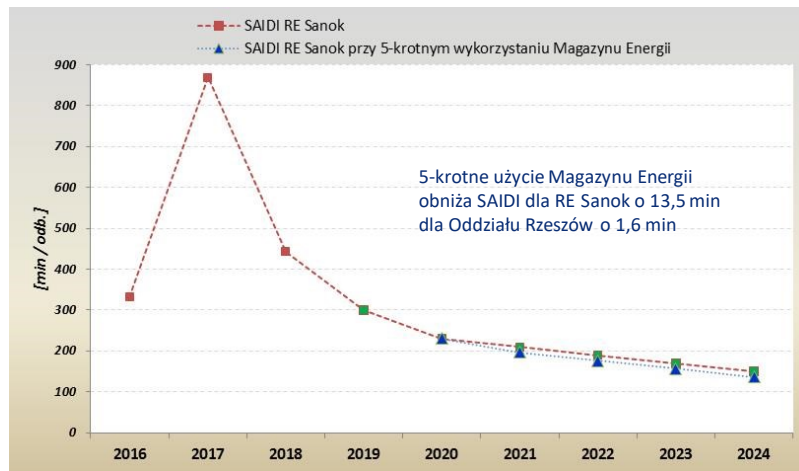
SAIDI - wskaźnik przeciętnego systemowego czasu trwania przerwy długiej i bardzo długiej w dostawie energii elektrycznej w przeliczeniu na jednego odbiorcę na rok, wyznaczony łącznie dla przerw planowanych i nieplanowanych.

$$\text{SAIDI} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{pi} \times L_{owi}}{L_o}$$

gdzie:

- T_{pi} – czas przerwy w zasilaniu podczas i-tego wyłączenia w minutach
- L_{owi} – liczba odbiorców wyłączonych podczas i-tego wyłączenia
- L_o – całkowita liczba odbiorców (według stanu na koniec roku) obsługiwanych przez jednostkę wypełniającą sprawozdanie
- n – całkowita liczba wyłączeń długich i bardzo długich, przerwa długa i bardzo długa – przerwa o $T_{pi} > 3$ min

Odbiorcy z GPZ Rzepedź - 2829
 Odbiorcy z L30kV Rzepedź – Cisna - 257
 Odbiorcy z magazynu energii - 2572
 $U_i \times D_i = 2572 \text{ odb.} \times 90 \text{ min} = 231\,480$
 SAIDI dla RE Sanok - 2,7 min
 SAIDI dla OR - 0,32 min



Etapy realizacji projektu – ME Rzepedź

I etap – Część przygotowawcza

- ❖ analiza systemu elektroenergetycznego i danych pomiarowych w rejonie GPZ Rzepedź,
- ❖ dobór technologii i parametrów magazynu energii

II etap – Przeprowadzenie postępowania przetargowego na zaprojektowanie i budowę pod klucz magazynu energii (ME) w Rzepedzi

III etap – Dostawa, instalacja oraz uruchomienie ME w GPZ Rzepedź

IV etap – Testy funkcjonalne magazynu po uruchomieniu

- ❖ testowanie układów pracy sieci z magazynem (ładowanie, rozładowanie) – stan normalny oraz n-1 i n-2
- ❖ pomiary i badanie niezawodności pracy sieci
- ❖ testowanie układów pracy wyspowej
- ❖ sterowania przepływami energii
- ❖ testowanie zdalnego zarządzania całym układem ME poprzez system SCADA
- ❖ automatyczne wejście do pracy magazynu na wyspę

Etapy realizacji projektu – ME Rzepedź

V etap – Pozostałe testy

- ❖ pomiary u odbiorców parametrów jakościowych energii dostarczanej z magazynu
- ❖ próby kilkukrotnego ładowania i rozładowania magazynu do wartości granicznych
- ❖ analizy wyników pomiarów
- ❖ raport końcowy projektu

Obecnie magazyn pracuje w trybie autonomicznej pracy wyspowej ARS w sieci z załączoną automatyką SZR (automatyczne wejście do pracy magazynu w stanie n-2).

Wybudowany w 2020 r. magazyn energii elektrycznej w Rzepedzi



Wybudowany w 2020 r. magazyn energii elektrycznej w Rzepedzi



Wybudowany w 2020 r. magazyn energii elektrycznej w Rzepedzi





Wybrane pomiary i rejestracje

Stanisław Serwatka

Dyrektor Departamentu
Eksploatacji i Rozwoju
PGE Dystrybucja S.A.
Oddział Rzeszów

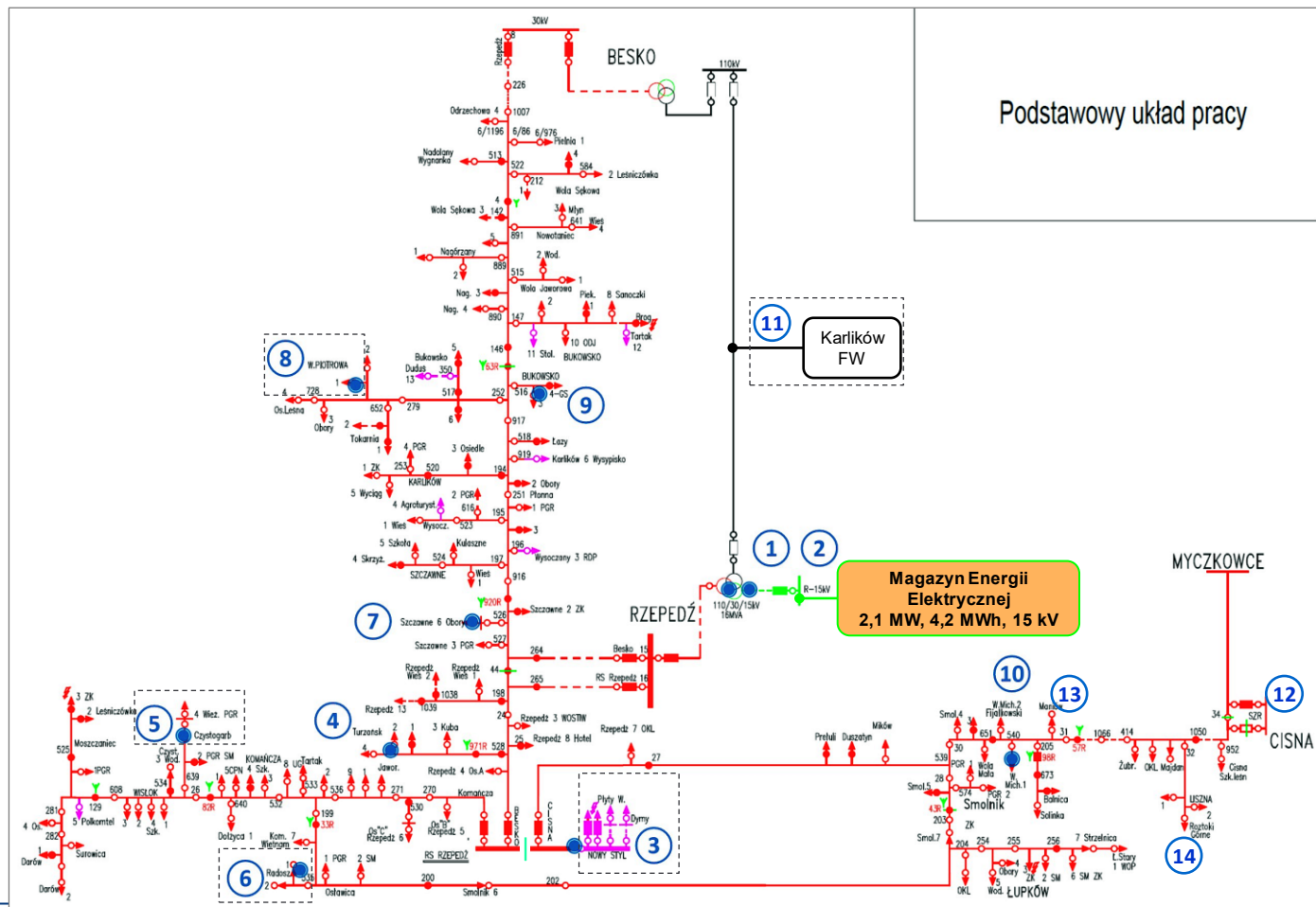
Andrzej Firlit

Akademia Górniczo-Hutnicza
Katedra Energoelektroniki i Automatyki
Systemów Przetwarzania Energii
Centrum Energetyki AGH

Seminarium „Magazyny energii elektrycznej w sieciach dystrybucyjnych”
Projekt KlastER programu GOSPOSTRATEG
Polskie Stowarzyszenie Magazynowania Energii
Kraków, 14 grudnia 2021

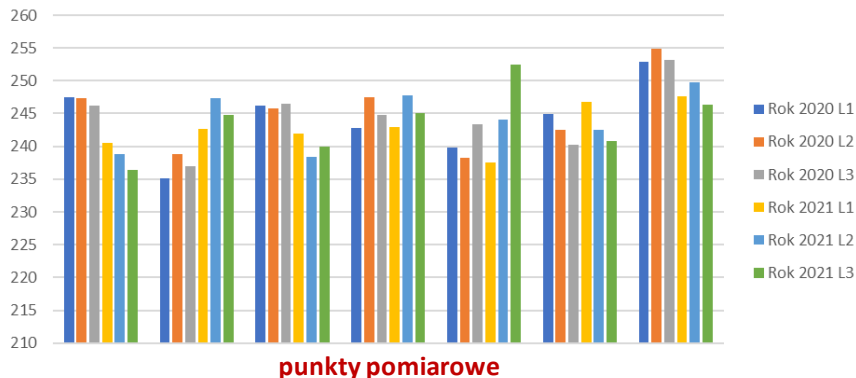
Pomiary i rejestracje przed i po uruchomieniu magazynu energii

- ❑ uproszczony schemat sieci dystrybucyjnej
- ❑ 14 punktów pomiarowych
- ❑ analizatory klasy A wg PN-EN 61000-4-30
- ❑ kilkutygodniowe pomiary i rejestracje
- ❑ raport główny oraz szczegółowy raport dla każdego punktu pomiarowego

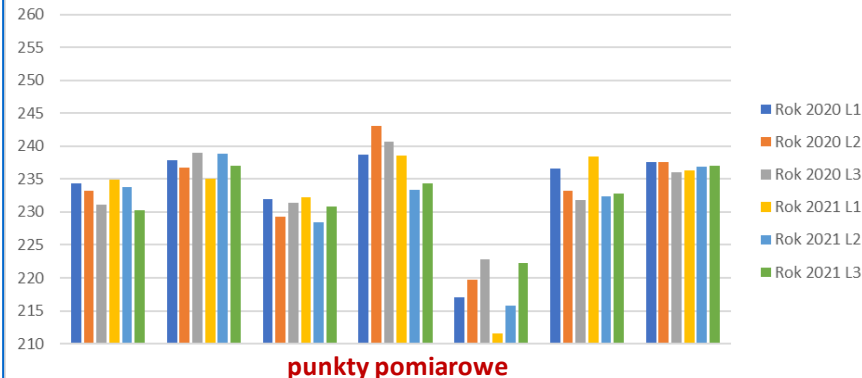


Porównanie wyników pomiarów i rejestracji – 2021 r. vs. 2020 r.

Porównanie CP95 wartości skutecznych napięć 2020 r. vs. 2021 r. - poziom nN



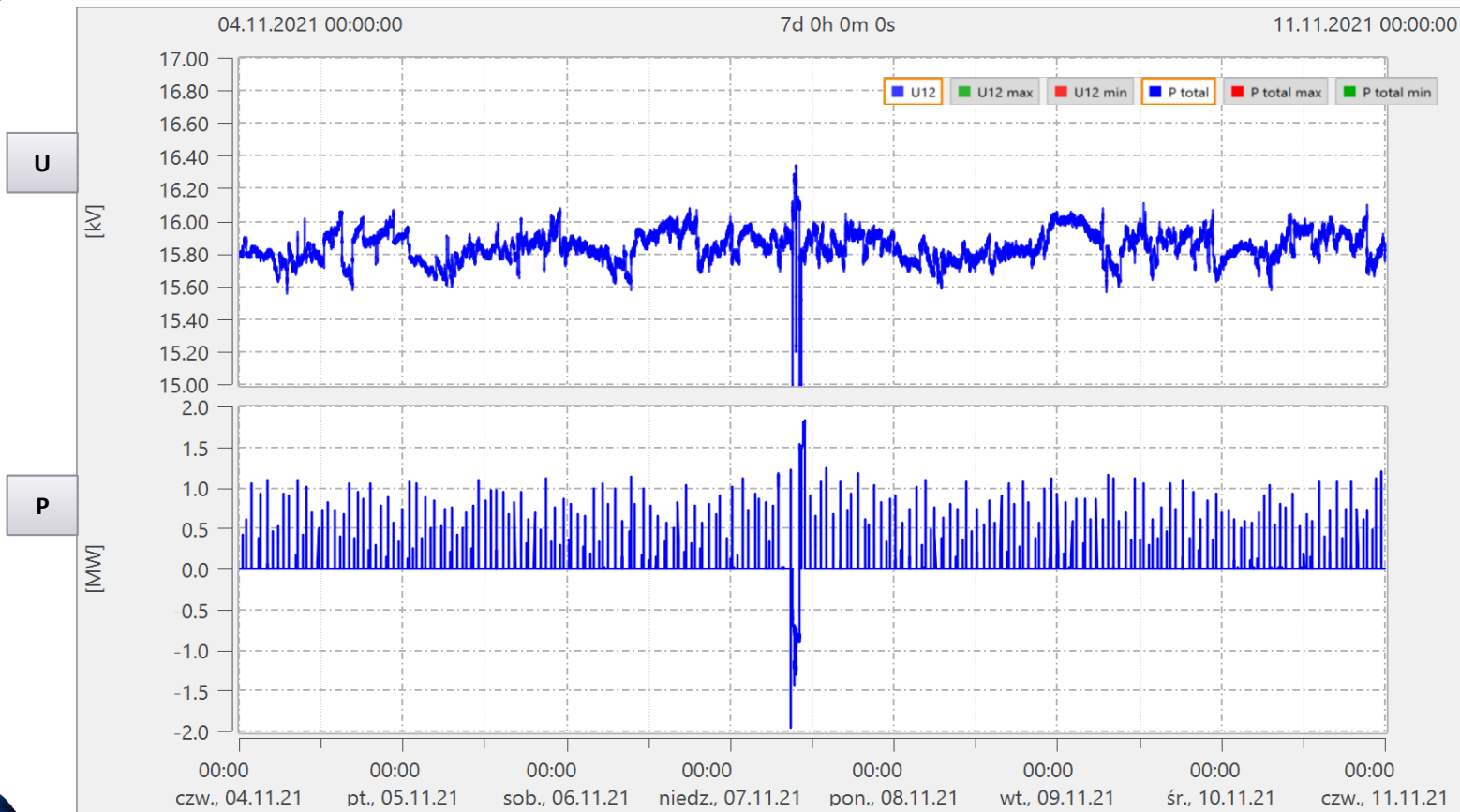
Porównanie CP05 wartości skutecznych napięć 2020 r. vs. 2021 r. - poziom nN



Analiza wskaźników jakości dostawy energii elektrycznej:
- rozporządzenie,
- norma PN-EN 50160.

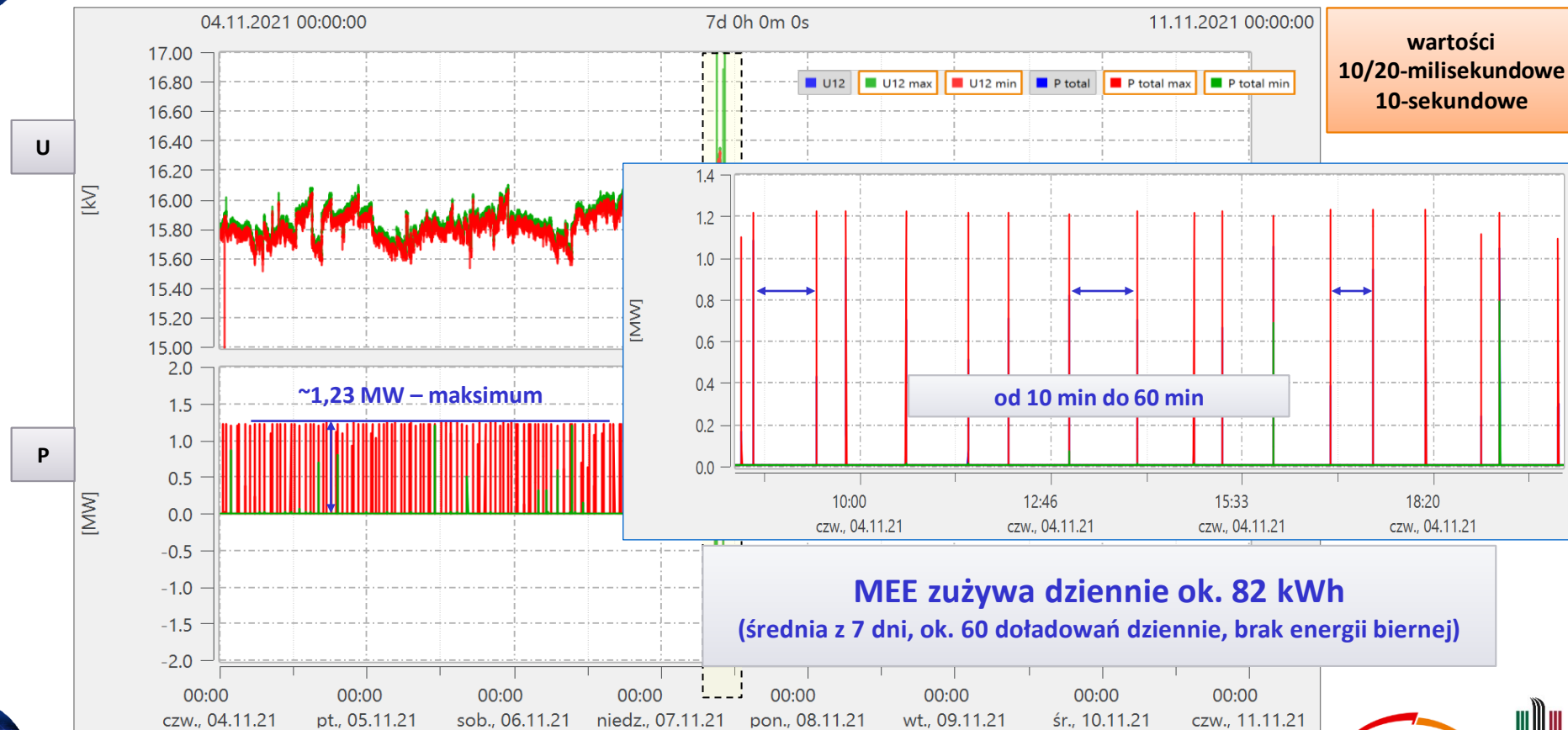
Wielkość	Nazwa punktu	Rok 2020			Rok 2021			różnica w V			różnica w % do 230 V		
		L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
CP05	punkty pomiarowe	234,28	233,29	231,15	234,93	233,76	230,28	0,65	0,47	-0,87	0,28%	0,20%	-0,38%
		237,87	236,74	238,95	235,07	238,84	237,00	-2,80	2,10	-1,95	-1,18%	0,89%	-0,82%
		231,90	229,23	231,42	232,20	228,39	230,81	0,30	-0,84	-0,61	0,13%	-0,37%	-0,26%
		238,74	243,00	240,61	238,61	233,39	234,37	-0,13	-9,61	-6,24	-0,05%	-3,95%	-2,59%
		217,09	219,75	222,76	211,60	215,82	222,18	-5,49	-3,93	-0,58	-2,53%	-1,79%	-0,26%
		236,66	233,18	231,81	238,44	232,43	232,78	1,78	-0,75	0,97	0,75%	-0,32%	0,42%
		237,57	237,56	235,97	236,33	236,82	237,01	-1,24	-0,74	1,04	-0,52%	-0,31%	0,44%
Wielkość	Nazwa punktu	Rok 2020			Rok 2021								
		L1	L2	L3	L1	L2	L3						
CP95	punkty pomiarowe	247,42	247,29	246,19	240,45	238,75	236,33	-6,97	-8,54	-9,86	-2,82%	-3,45%	-4,01%
		235,07	238,84	237,00	242,65	247,38	244,80	7,58	8,54	7,80	3,22%	3,58%	3,29%
		246,26	245,72	246,48	241,95	238,32	239,94	-4,31	-7,40	-6,54	-1,75%	-3,01%	-2,65%
		242,81	247,49	244,85	242,97	247,81	245,02	0,16	0,32	0,17	0,07%	0,13%	0,07%
		239,76	238,20	243,43	237,51	244,03	252,48	-2,25	5,83	9,05	-0,94%	2,45%	3,72%
		244,89	242,48	240,28	246,71	242,45	240,76	1,82	-0,03	0,48	0,74%	-0,01%	0,20%
		252,86	254,84	253,19	247,60	249,81	246,37	-5,26	-5,03	-6,82	-2,08%	-1,97%	-2,69%

Praca magazynu energii ME w ujęciu długoterminowym – pkt. pom. 2

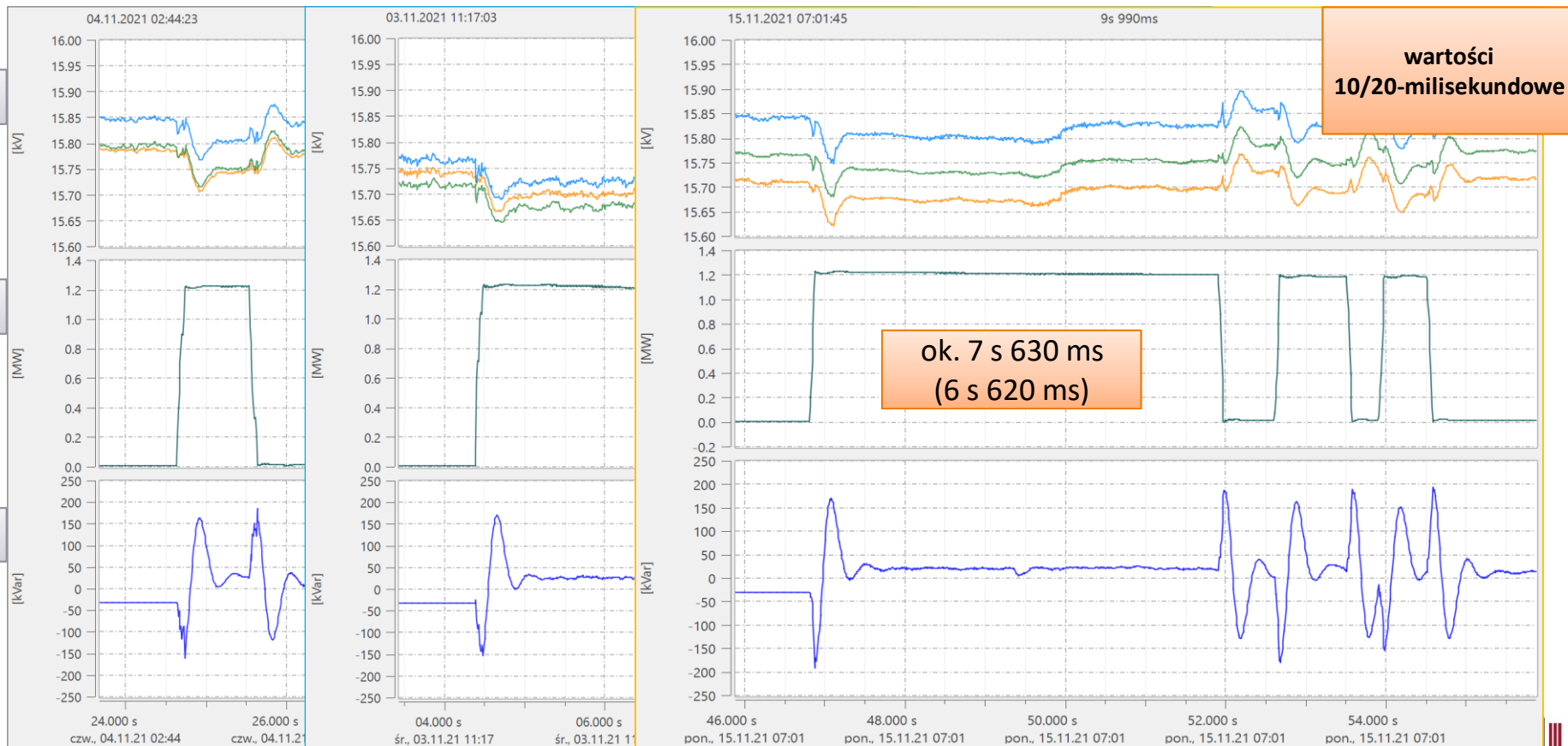


wartości
10-sekundowe

Praca magazynu energii w ujęciu długoterminowym – pkt. pom. 2



Praca magazynu energii w ujęciu długoterminowym – doładowania ME



Testy 07.11.2021 przykładowe rejestracje

pkt 0

- normalna praca systemu

pkt. 1-2 (9:09 – 9:10)

- zasymulowanie zaniku napięcia - na linii 110 kV
- wyłączenie Tr 110/30/15 kV
- automatyczne załączenie ME na wyspę

pkt. 3-4

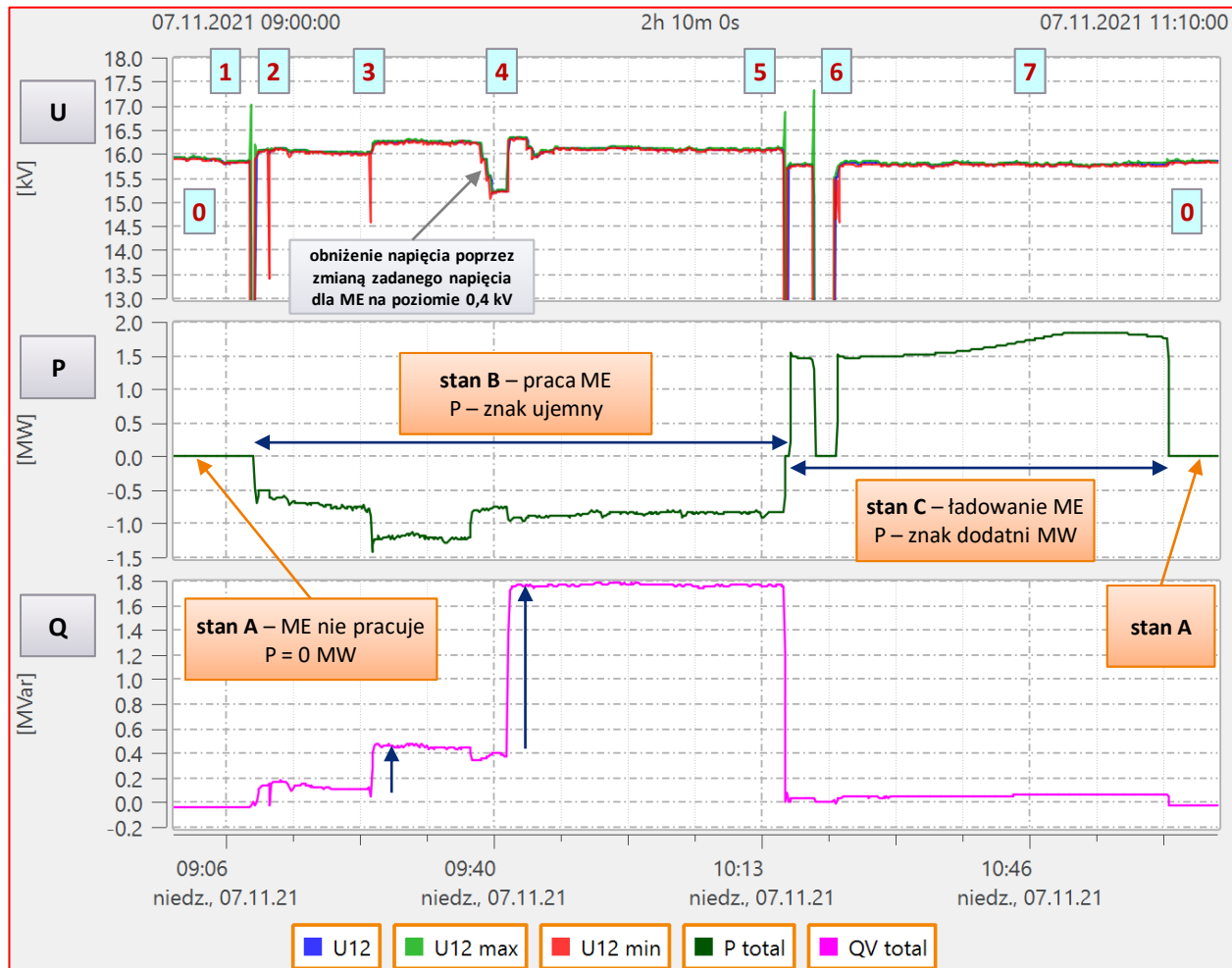
- zmiany wartości mocy czynnej i biernej w systemie wyspy
- obniżenie napięcia poprzez zmianą zadanego napięcia dla ME na poziomie 0,4 kV

pkt. 5-6 (10:16)

- zakończenie pracy wyspowej

pkt. 7 (10:22)

- ładowanie ME



wartości
10-sekundowe
10/20-milisekundowe

Testy 07.11.2021 przykładowe rejestracje

Stan B

Czas pracy ME na wyspę:

1 godzina 6 minut

Zakres zmienności napięcia U_{L12} :

13,42 – 16,36 kV (10/20 ms)

15,20 – 16,34 kV (10 s)

Moc ME (wartości maksymalne 1 s):

$P = 1,22 \text{ MW}$ (1,44 MW)

$Q = 1,77 \text{ Mvar}$ (1,80 Mvar)

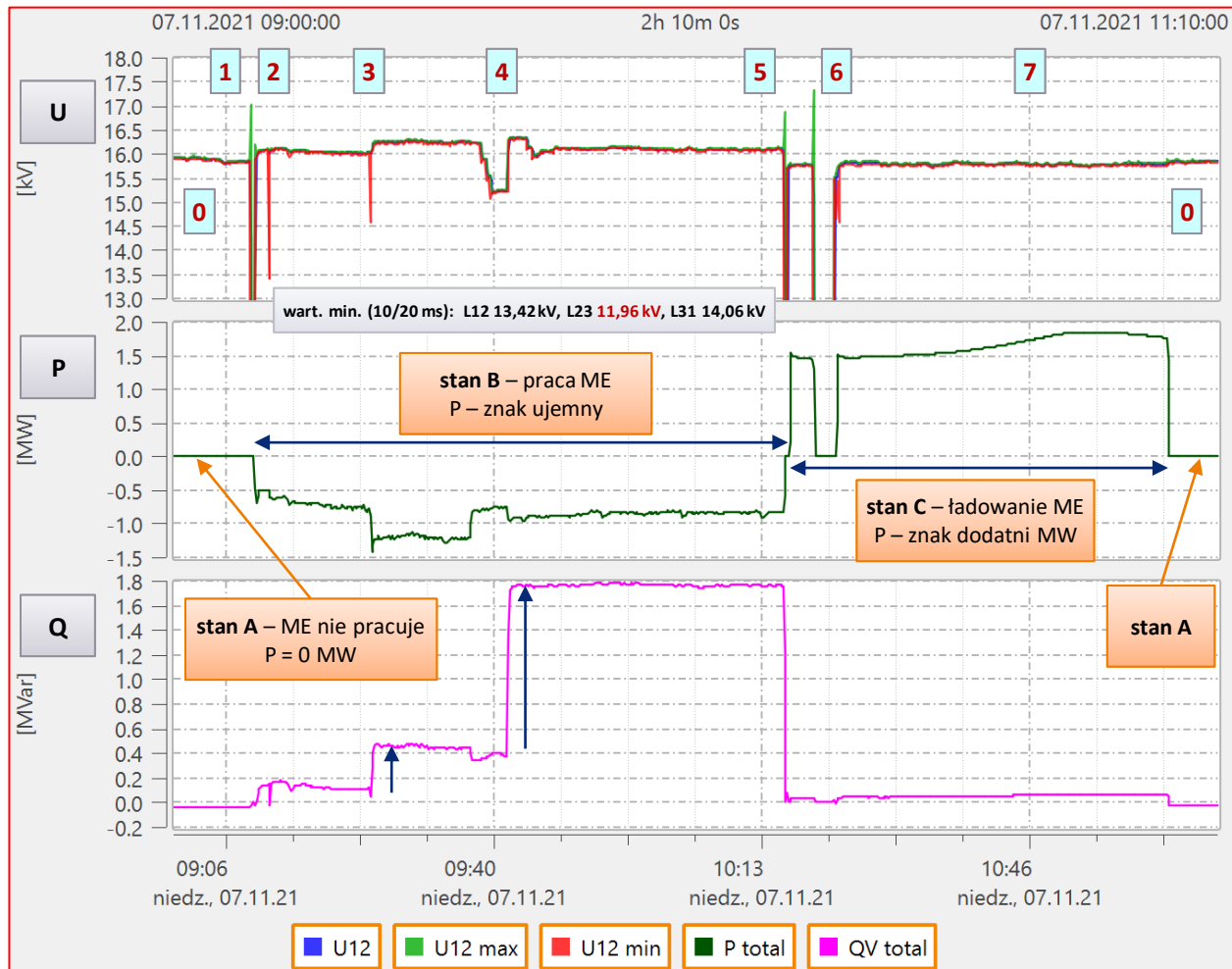
$S = 1,96 \text{ MVA}$ (2,02 MVA) → czas trwania:

34 minuty 10 sekund

Energia wygenerowana przez ME:

$E_p = 0,97 \text{ MWh}$

$E_Q = 1,16 \text{ Mvarh}$



wartości
10-sekundowe
10/20-milisekundowe

Testy 07.11.2021 przykładowe rejestracje

stan C

Moc ME w trakcie ładowania (maks.):

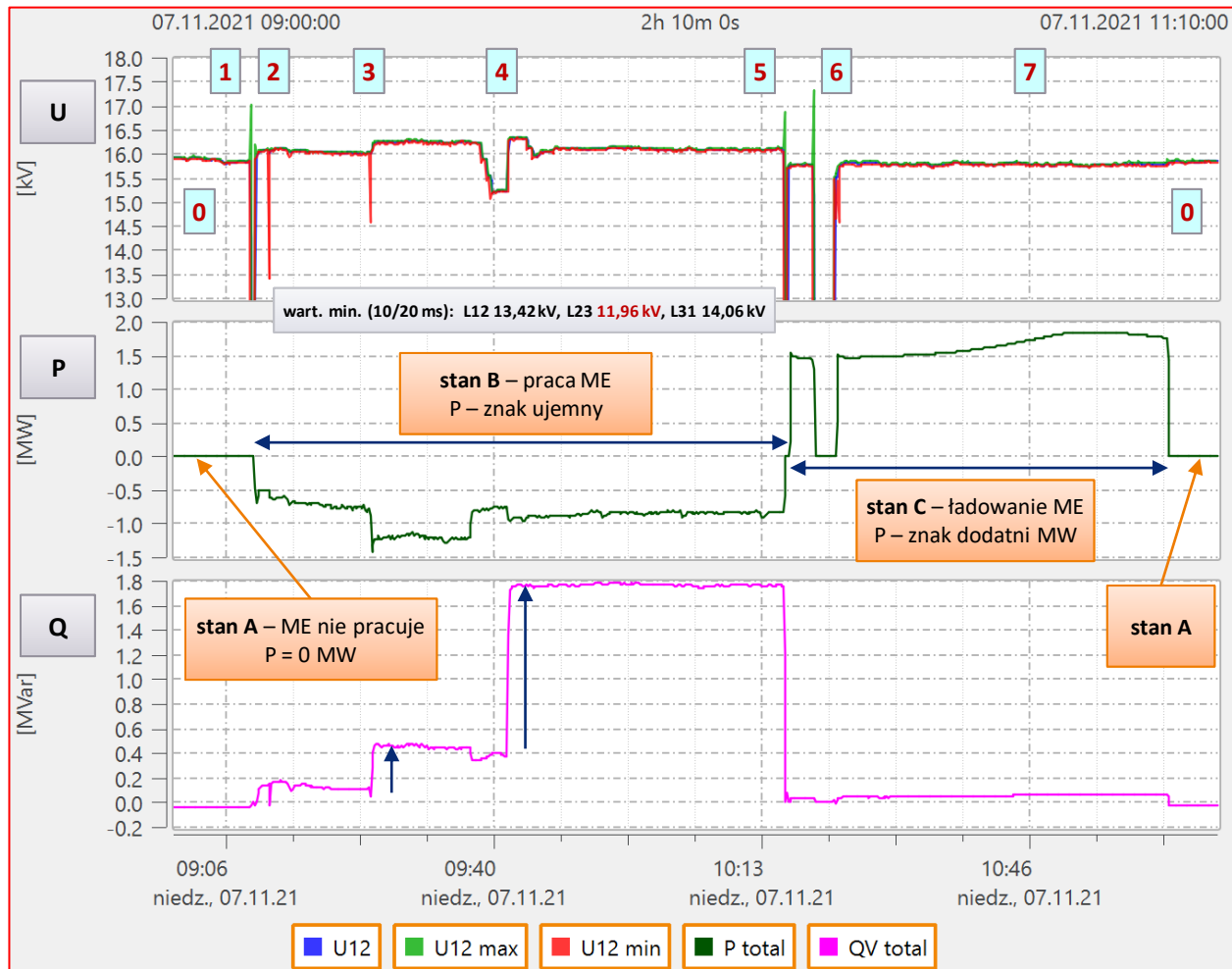
$P = 1,47-1,84$ MW (takie same)

Energia ładowania ME – pobrana:

$E_p = 1,21$ MWh

Czas ładowania ME:

44 minuty



wartości
10-sekundowe
10/20-milisekundowe

Testy 07.11.2021 przykładowe rejestracje

Częstotliwość – wartości 10 s (min – max):

$f = 49,84 - 49,94 \text{ Hz}$ ($49,82 - 49,4 \text{ Hz}$)

Według rozporządzenia oraz normy PN-EN 50160:

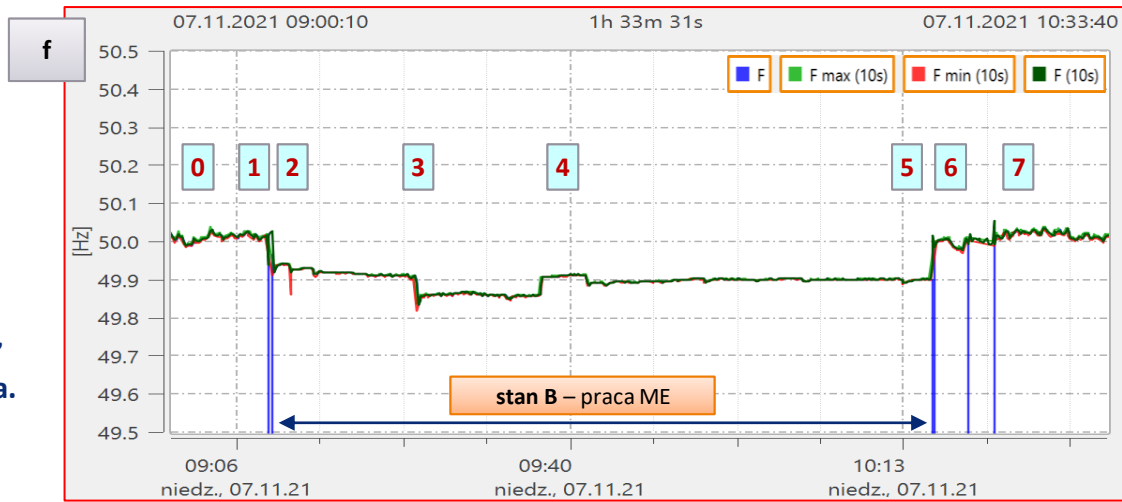
- $50 \text{ Hz} \pm 1 \%$ (od $49,5 \text{ Hz}$ do $50,5 \text{ Hz}$) przez 99,5% tygodnia,
- $50 \text{ Hz} +4 \text{ }/-6 \%$ (od 47 Hz do 52 Hz) przez 100% tygodnia.

Parametry jakości energii elektrycznej:

W trakcie testu nie zaobserwowano problemów z niepożądanymi poziomami wskaźników jakości energii elektrycznej – wg standardów JEE.

Wystąpiły we wcześniejszych testach (wzrosty napięcia, fluktuacja częstotliwości, wzrost THD_U).

Zostały zidentyfikowane oraz podjęto odpowiednie działania, m.in.: dostosowano układy (algorytmy) sterowania i kontroli oraz układy zabezpieczeniowe.



wartości
10-sekundowe
10/20-milisekundowe

Podsumowanie



P.9 MAGAZYN ENERGII



Magazyn energii elektrycznej PGE w Rzepedzi (Podkarpacie)



4,2 MWh

=



950 000 sztuk
baterii „paluszków”*

*baterie Lithium oparte na Li-FeS2





Dziękujemy za uwagę

Stanisław Serwatka

Dyrektor Departamentu
Eksploatacji i Rozwoju
PGE Dystrybucja S.A.
Oddział Rzeszów

Andrzej Firlit

Akademia Górniczo-Hutnicza
Katedra Energoelektroniki i Automatyki
Systemów Przetwarzania Energii
Centrum Energetyki AGH

Seminarium „Magazyny energii elektrycznej w sieciach dystrybucyjnych”
Projekt KlastER programu GOSPOSTRATEG
Polskie Stowarzyszenie Magazynowania Energii
Kraków, 14 grudnia 2021