

Eksperymentalne badania porównawcze falowników fotowoltaicznych

Wyniki badań efektywności energetycznej
oraz wymagań określających współpracę mikroinstalacji fotowoltaicznych
z elektroenergetyczną siecią dystrybucyjną

dr inż Krzysztof Chmielowiec

dr inż. Szymon Barczentewicz
dr inż. Mateusz Dutka
dr inż. Andrzej Firlit

Aleks Piszczek
mgr inż. Łukasz Topolski



Agenda



1. Wprowadzenie, szczegóły organizacyjne oraz techniczne eksperymentu
2. Przedstawienie oraz analiza uzyskanych wyników
 - efektywność energetyczna
 - kodeks sieci
 - odporność na zapady napięcia
 - detekcja nieintencjonalnej pracy wyspowej
3. Podsumowanie oraz dyskusja



Wprowadzenie



1. Celem przeprowadzonych badań jest ocena porównawcza dostępnych na polskim rynku falowników fotowoltaicznych w zakresie:
 - efektywności energetycznej
 - warunków współpracy z elektroenergetyczną siecią dystrybucyjną
2. Do badań wytypowano falowniki 1-fazowe ($P_{AC,n} \sim 3 \text{ kW}$) oraz 3-fazowe ($P_{AC,n} \sim 5-6 \text{ kW}$)
3. Badania realizowano w oparciu o wymagania obowiązujących w Polsce norm m.in.:
PN-EN 50549-1:2019 Wymagania dla instalacji generacyjnych przeznaczonych do równoległego przyłączenia do publicznych sieci dystrybucyjnych
oraz przepisów:
kodeks sieci NC RfG, Instrukcja Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej (IRiESD)
4. Badania przeprowadzono w Centrum Energetyki AGH



Wprowadzenie



5. Szczegółowe zasady eksperymentu przedstawione są na stronie internetowej wydarzenia:
www.taunon-dystrybucja.pl/piknik-oze

6. Harmonogram:

Do 15.03.2021	zgłoszenia do udziału w eksperymentalnych badaniach porównawczych inwerterów fotowoltaicznych ► Formularz zgłoszeniowy do Pikniku OZE 2021
Do 31.03.2021	dostarczenie urządzeń przeznaczonych do badań do Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie
Kwiecień 2021 – lipiec 2021	eksperymentalne badania porównawcze
16 czerwca 2021	Seminarium online ► program i zasady rejestracji

7. Następnym etapem jest publikacja raportu zbiorczego, która będzie miała miejsce po zakończeniu konsultacji uzyskanych wyników z uczestnikami eksperymentu. W dalszej kolejności przewidziane są badania falowników w uczelniach wchodzących w skład Rady Naukowej Tauron Dystrybucja



Uczestnicy eksperymentu



Firmy które udostępniły falowniki fotowoltaiczne na potrzeby badań

AC S.A.
Afore Polska Sp z o.o.
AISWEI New Energy Technology Co., Ltd.
Bruk-Bet PV Sp z o.o.
Columbus Energy S.A.
Corab Sp. z o.o.
FoxESS Polska Sp. z o.o.
Fronius Polska sp.z o.o

Ginlong Technologies Co., Ltd.
GoodWe Europe GmbH
KOSTAL Solar Electric
MP Solar Group Sp. z o.o.
Photomate Polska Sp. z o. o.
PV Instalator Polska Grupa PVGE Sp. z o.o.
SMA Magnetics Sp. z o. o.
SUNDAY ENERGY S.A.

*Organizatorzy Pikniku OZE dziękują Uczestnikom eksperymentu pomiarowego:
Producentom, Dystrybutorom oraz Firmom z branży fotowoltaicznej w Polsce za
udostępnienie swoich produktów dla potrzeb badawczych*



Badane falowniki fotowoltaiczne



Falowniki 1-fazowe

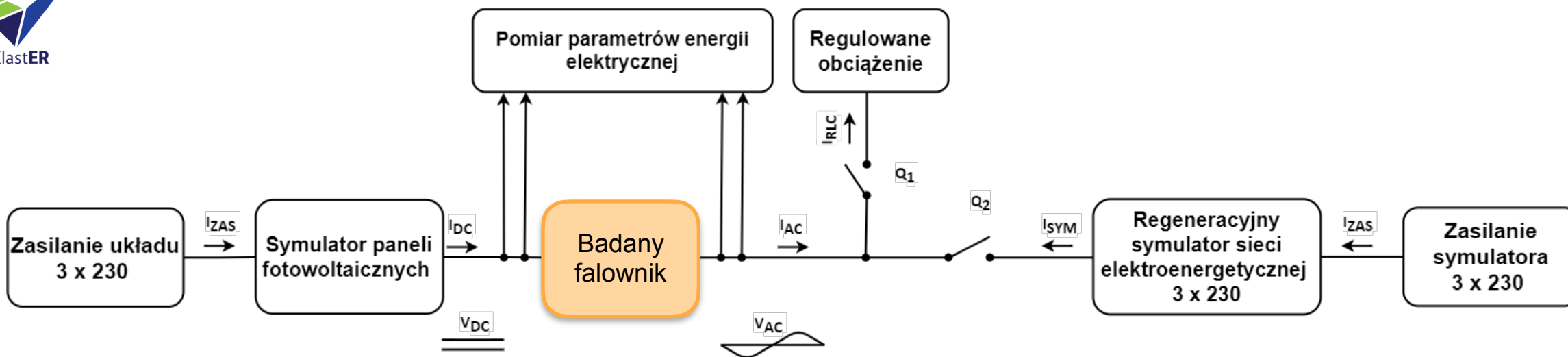
Marka/Model	P _{AC} [kW]
AC INV-1P-37	3.7
FoxESS F3600	3.6
GoodWe GW3000-XS	3
Growatt MOD 3600TL	3.6
Huawei SUN2000-3KTL-L1	3
Kostal PIKO MP Plus 3.0-2	3
Sofar Solar 2700TL-G3	2.7
SOLAX POWER X1 AIR	3
Solis-1P3.6K-4G	3.6
Solplanet ASW3000-S	3
Sungrow SG2K5-S	2.5
TWERD PS100-PV	3

Falowniki 3-fazowe

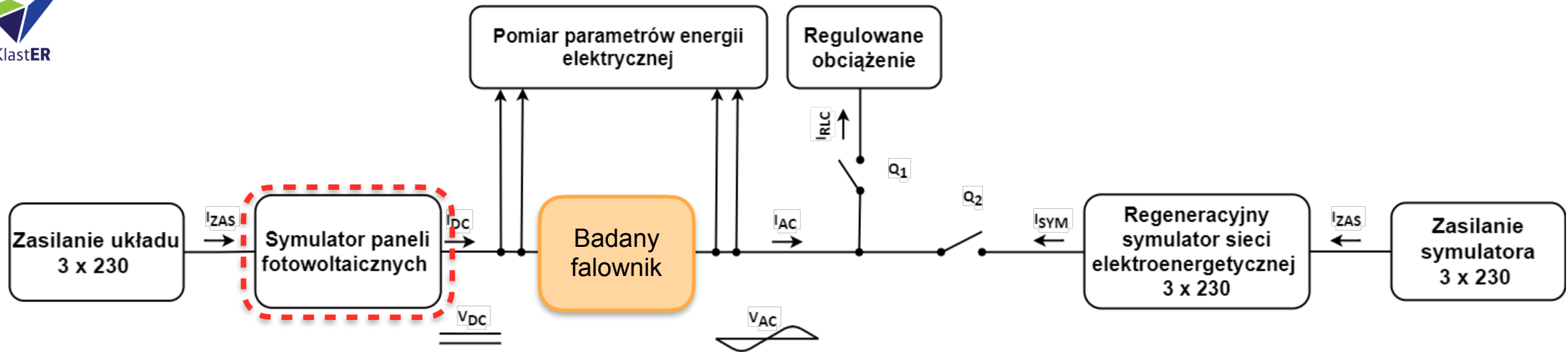
Marka/Model	P _{AC} [kW]
Afore Aton 6	6
BBECO BBE-5-PL1	5
FoxESS T5	5
Fronius Symo GEN24 6.0	6
Goodwe GW6K-DT	6
Growatt MOD 6000TL3	6
Huawei SUN2000-5KTL-M1	5
KACO 5.0 TL3	5
Kehua SPI6K-B	6
Kostal Plenticore 5.5 3F	5.5
Sermatec SMT-6K-TL-TH	6
SMA STP6.0	6
SOLAX POWER X3 MIC	6
Solis-3P6K-4G	6
Solplanet ASW5000-T	5
Sungrow SG2KTL-MT3	5
TWERD PS3000-PV	5



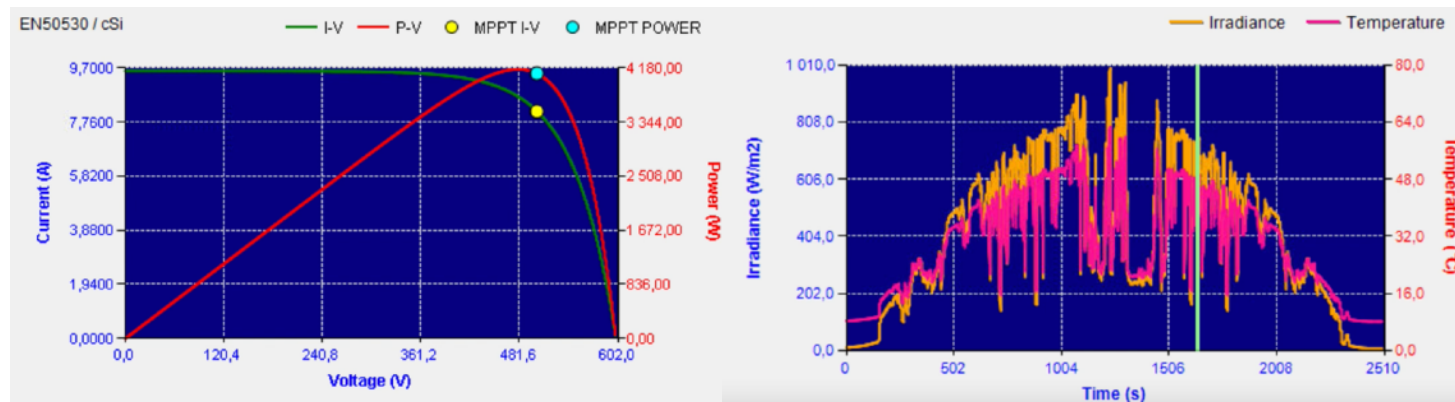
Stanowisko badawcze



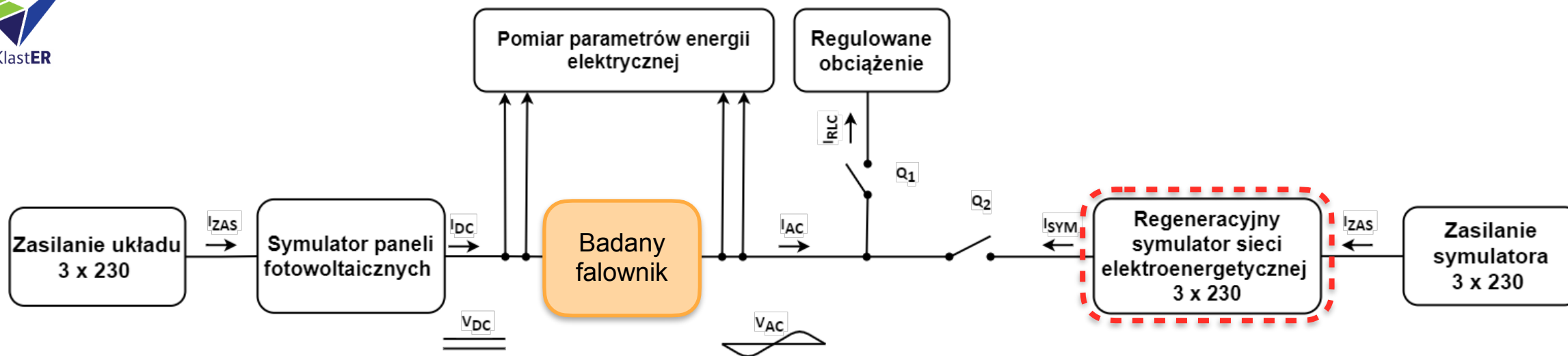
Stanowisko badawcze



ITECH 6018B



Stanowisko badawcze

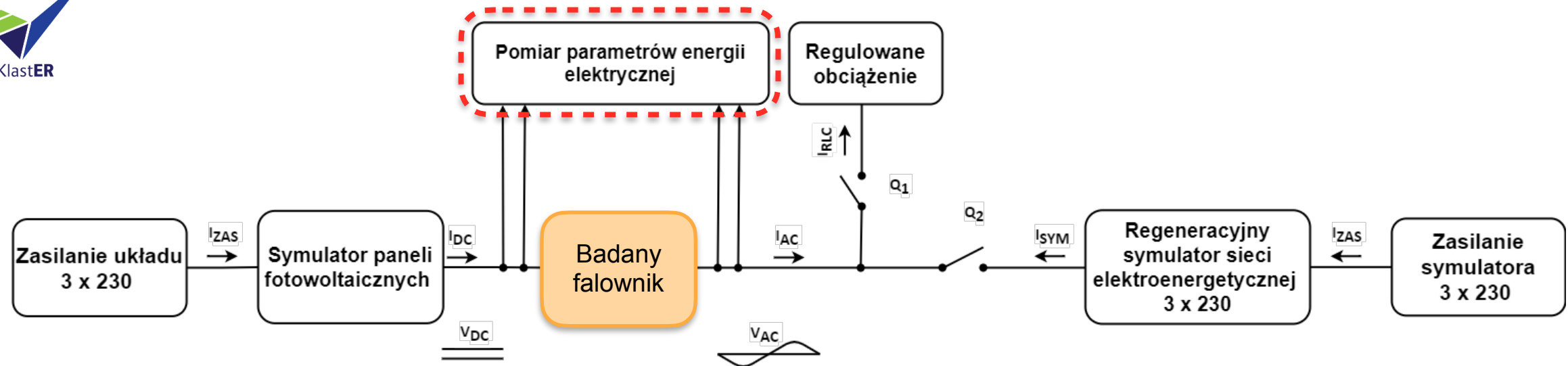


CHROMA 61815, Netwave 20.2

Setting	Φ1	Φ2	AC Φ3
V_{LN}	230.0 V	235.0 V	240.0 V
Freq.	50.20 Hz	50.20 Hz	50.20 Hz
Measure			
V	0.00 V	0.00 V	0.00 V
I	0.000 A	0.000 A	0.000 A
Po	0.0 W	0.0 W	0.0 W



Stanowisko badawcze



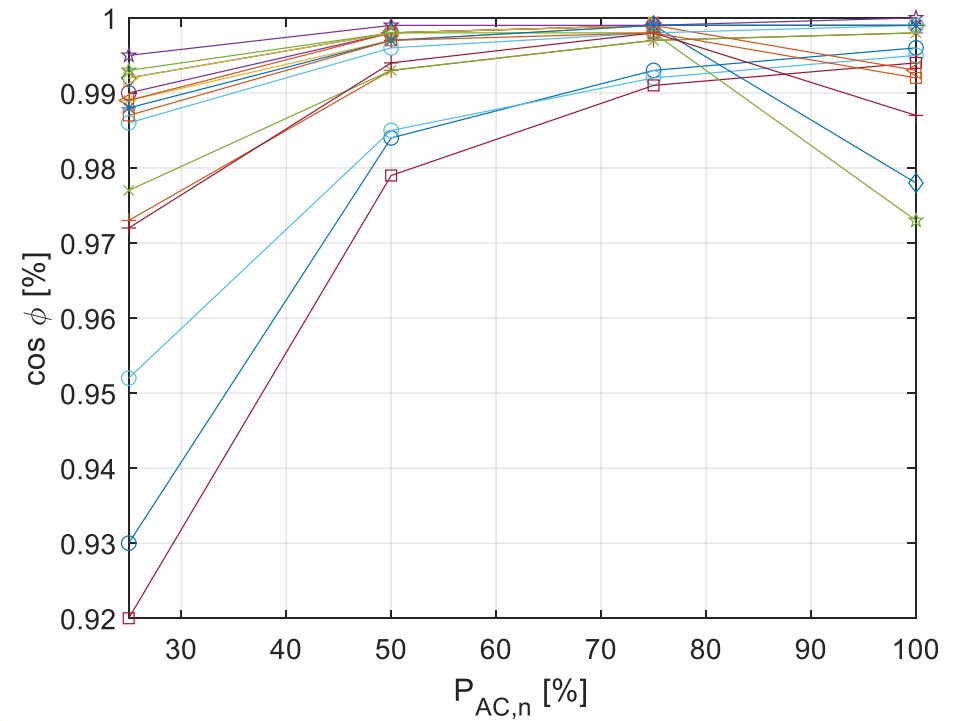
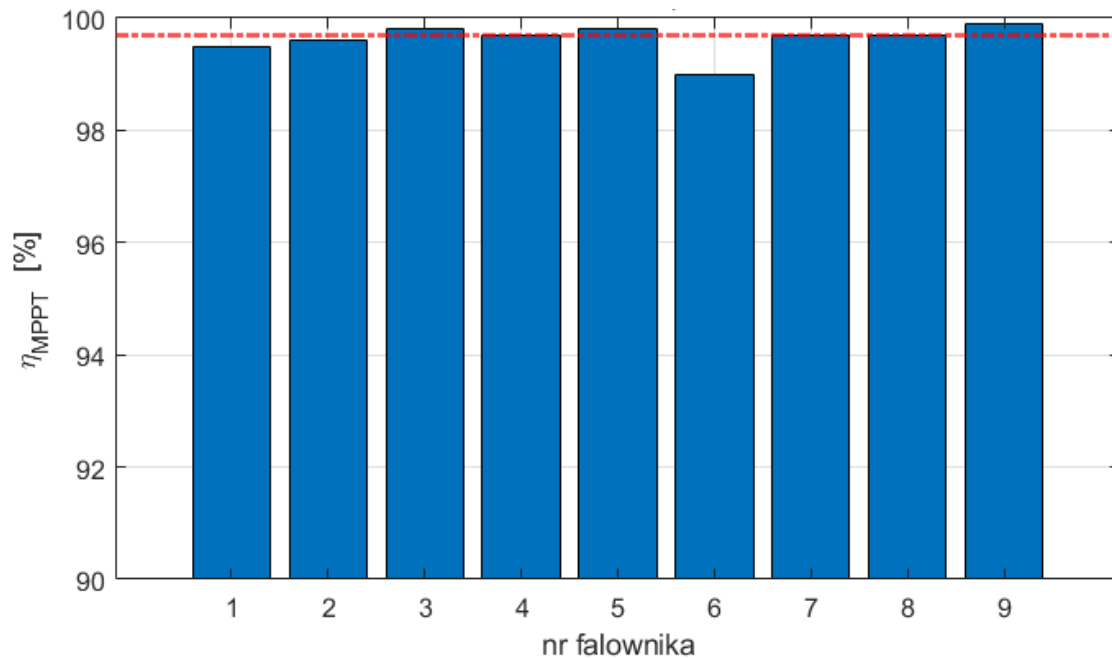
YOKOGAWA WT5000



Formuła prezentacji wyników



Brak powiązania uzyskanego wyniku z konkretnym modelem falownika



Zakres oraz kolejność prezentacji wyników



1	Efektywność energetyczna	Efektywność energetyczna	Aleks Piszczek
2	Współpraca mikroinstalacji z elektroenergetyczną siecią dystrybucyjną	NC RfG, regulacja mocy biernej	Łukasz Topolski
		Odporność na zapady napięcia i krótkie przerwy w zasilaniu	Andrzej Firlit
		Detekcja nieintencjonalnej pracy wyspowej	Szymon Barczentewicz
3	Wyższe harmoniczne (pasmo do 9 kHz)	Emisja zaburzeń	prezentacja w raporcie końcowym
		Odporność na zaburzenia	



Podsumowanie



1. Zaprezentowano **wybrane wyniki badań**, obejmuje zagadnienia jakościowe oraz funkcjonalne falowników fotowoltaicznych, które są istotne z punktu widzenia prosumenta oraz operatora systemu dystrybucyjnego.

Szczegółowe wyniki badań zostaną udostępnione do konsultacji z uczestnikami eksperymentu, a następnie opublikowane w formule **raportu końcowego w III kwartale 2021.**



Podsumowanie



2. Warunkami poprawnej pracy falownika fotowoltaicznego w sieci dystrybucyjnej jest **dostępność wszystkich wymaganych funkcjonalności** oraz ich **poprawna konfiguracja**, przy czym dla zdecydowanej większości przebadanych falowników, nie powinna być ona ograniczona jedynie do wyboru kodeksu sieci. Takie ustawienie nie zawsze spełnia wszystkie oczekiwania operatora systemu dystrybucyjnego.



3. Rekomendujemy instalatorom oraz prosumentom świadome korzystanie z dostępnych funkcjonalności falowników fotowoltaicznych, wpływających na ograniczanie wzrostu napięć w sieci np. **charakterystyki $Q(U)$, $P(U)$** , czy też podtrzymujących pracę falownika podczas zapadów napięcia (**LVRT**). Ich wykorzystanie dodatnie wpływa na końcową efektywność energetyczną instalacji fotowoltaicznej.



Podsumowanie



4. Dokumenty określające wymagania dotyczące pracy instalacji fotowoltaicznych w systemie dystrybucyjnym (kodeks NC RfG, PN-EN 50549-1, IRiESD) **nie są w pełni spójne** (obserwuje się **zaostrzanie wymagań w kierunku regulacji o charakterze regionalnym**), a percepcja wytwórców falowników, ich dostawców oraz instalatorów nie zawsze sięga do tych o charakterze regionalnym (tj. IRiESD).



5. Rekomendujemy operatorom systemów dystrybucyjnych jednoznaczne wskazanie **jakie mechanizmy regulacji mocy biernej oraz czynnej** względem wartości napięcia powinny być aktywne w przyłączonych do sieci falownikach fotowoltaicznych. **IRiESD nie jest tym zakresie czytelna** (wymaga ich dostępności, ale nie wskazuje kiedy powinny być aktywne) natomiast coraz częściej mają miejsce wyłączenia instalacji fotowoltaicznych z uwagi na zbyt wysoką wartość napięcia.

Podsumowanie



6. Rekomendujemy operatorom systemów dystrybucyjnych **opracowanie jednolitego formularza konfiguracji** falownika fotowoltaicznego, traktowanego jako załącznik do dokumentacji przyłączeniowej, w którym instalator potwierdzałby dostępność wymaganych funkcji oraz wartości odpowiadającym im nastaw.





Dziękujemy za uwagę

dr inż. Krzysztof Chmielowiec

dr inż. Szymon Barczentewicz

dr inż. Mateusz Dutka

dr inż. Andrzej Firlit

Aleks Piszczek

mgr inż. Łukasz Topolski

