

## Aktywna regulacja napięcia w stacji SN/nn z zainstalowanym urządzeniem **SmartGridEnabler**

dr hab. inż. Marek Adamowicz, prof. Zbigniew Krzemiński

MMB Drives sp. z o.o.

**MMB**  
Drives

## Wyzwania transformacji systemu energetycznego:

- zwiększenie mocy zainstalowanej OZE o 230 % do 2030 roku,
- przygotowanie sieci do wzrostu liczby odbiorców energii przyłączonych do sieci o ponad 10 % do 2030 roku,
- zwiększeniem elastyczności sieci dla rozwoju elektromobilności i przyłączania nowych źródeł odnawialnych.

## Problemy transformacji systemu energetycznego:

- lawinowy przyrost liczby instalacji fotowoltaicznych (PV) powoduje niestabilność napięcia sieci
- spontaniczne odłączenia mikroinstalacji PV przy największym nasłonecznieniu(!),
- utrata niewygenerowanej energii z instalacji PV szacowana na 30% całorocznej energii z PV w skali kraju,
- szeroko instalowane pompy ciepła oraz ładowanie samochodów elektrycznych (EV) powoduje niesymetrię obciążenia linii, asymetrię napięć fazowych i straty energii.

## Zapotrzebowanie na nowe technologie urządzeń energetycznych dla realizacji transformacji energetycznej

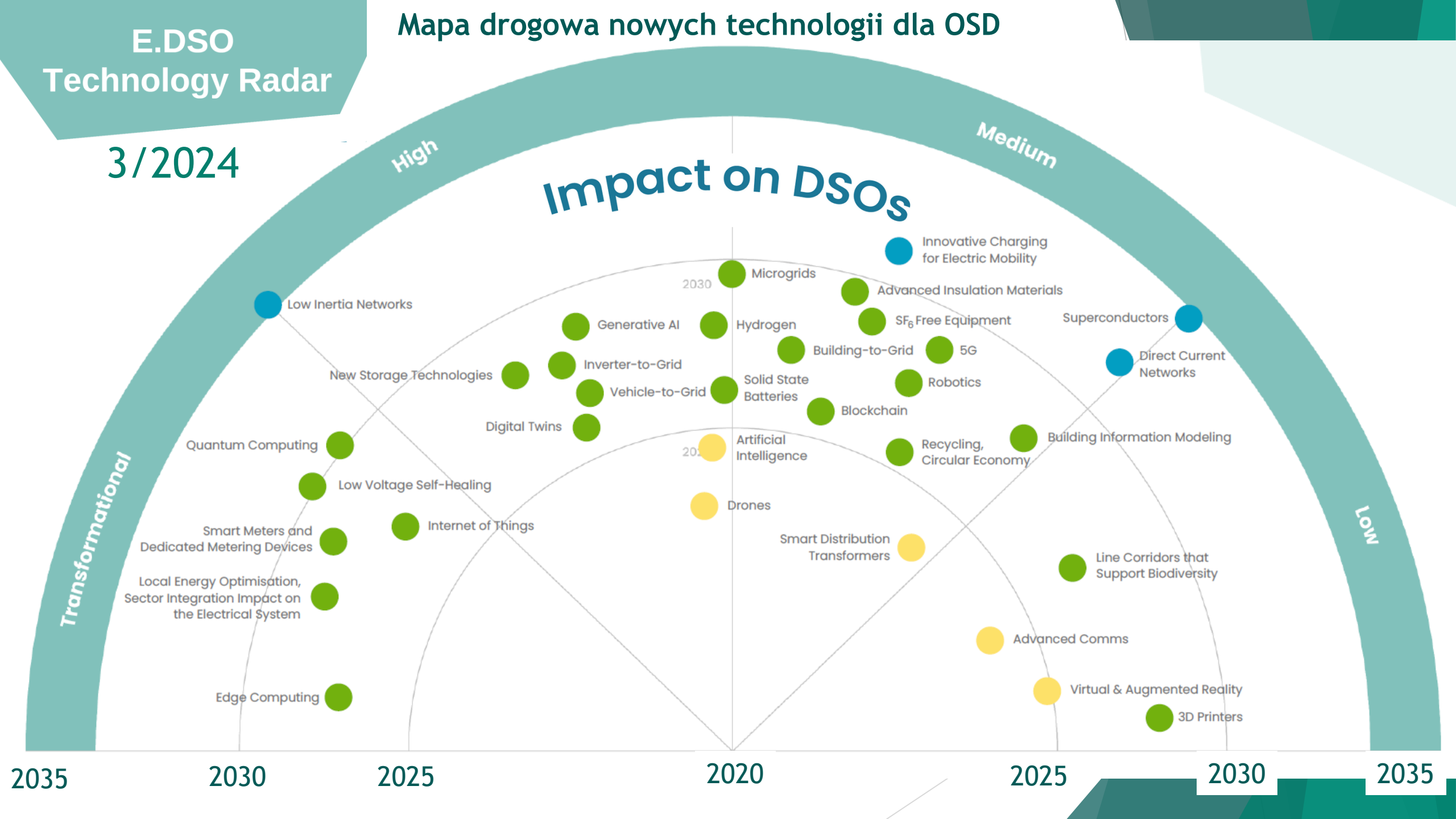
- Bilansowanie 15-minutowe,
- Nowe usługi elastyczności,
- Pełniejsze wykorzystanie rozbudowanej infrastruktury pomiarowej - miliony liczników AMI
- Predykcja stanu sieci: 15 minut wprzód czy częściej?
- Pełniejsze wykorzystanie protokołów komunikacyjnych, w tym PLC - Power Line Communication,
- Prace nad cyfrowym bliźniak (Digital Twin) europejskiej sieci energetycznej - jakie urządzenia wykonawcze potrzebne dla pełnego wykorzystania możliwości cyfrowych bliźniaków?
- Lokalna optymalizacja przepływów energii w sieci dystrybucyjnej - potrzeba urządzeń pracujących brzegowo - Edge Computing

# Mapa drogowa nowych technologii dla OSD

E.DSO  
Technology Radar

3/2024

## Impact on DSOs

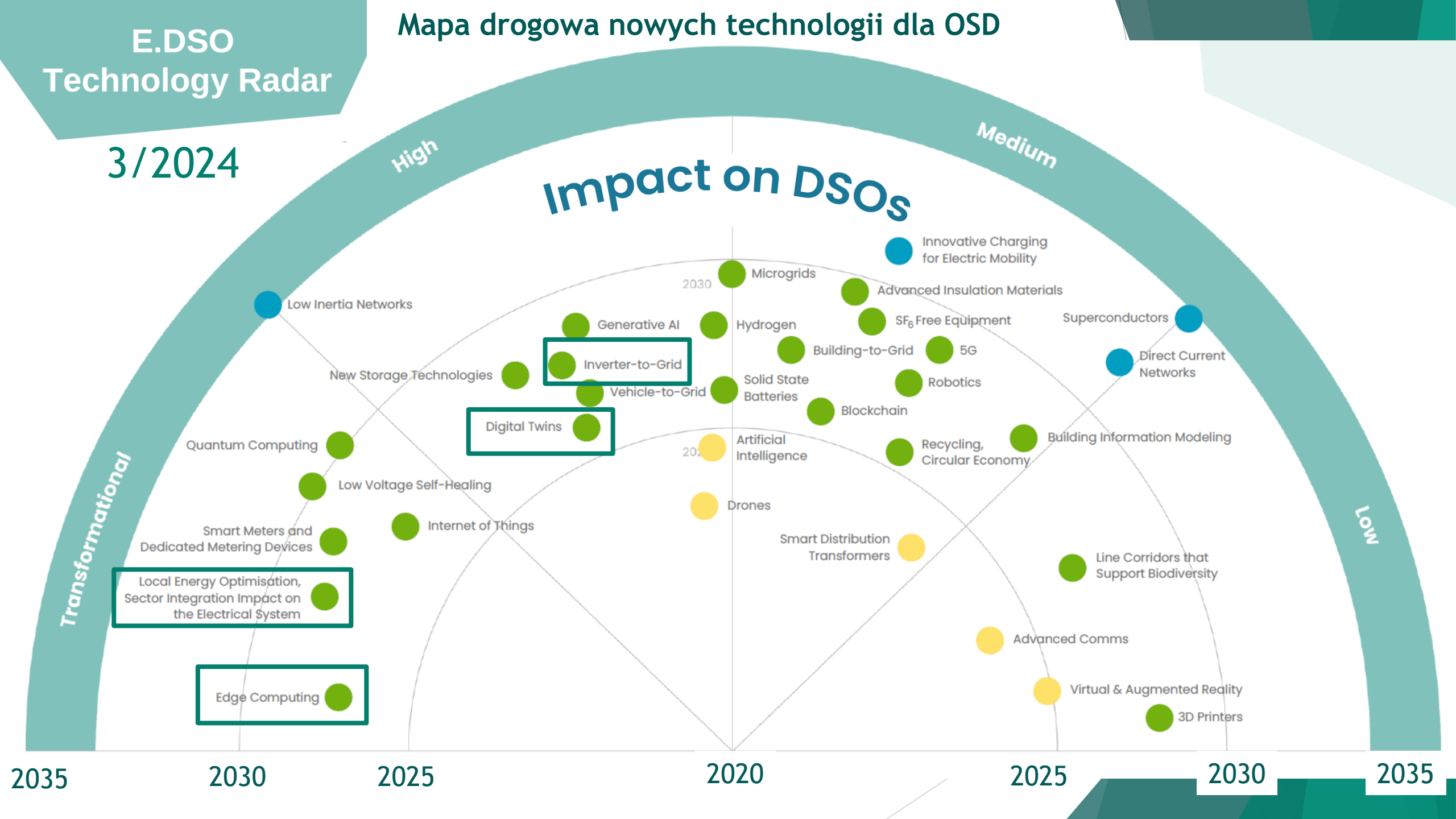


# Mapa drogowa nowych technologii dla OSD

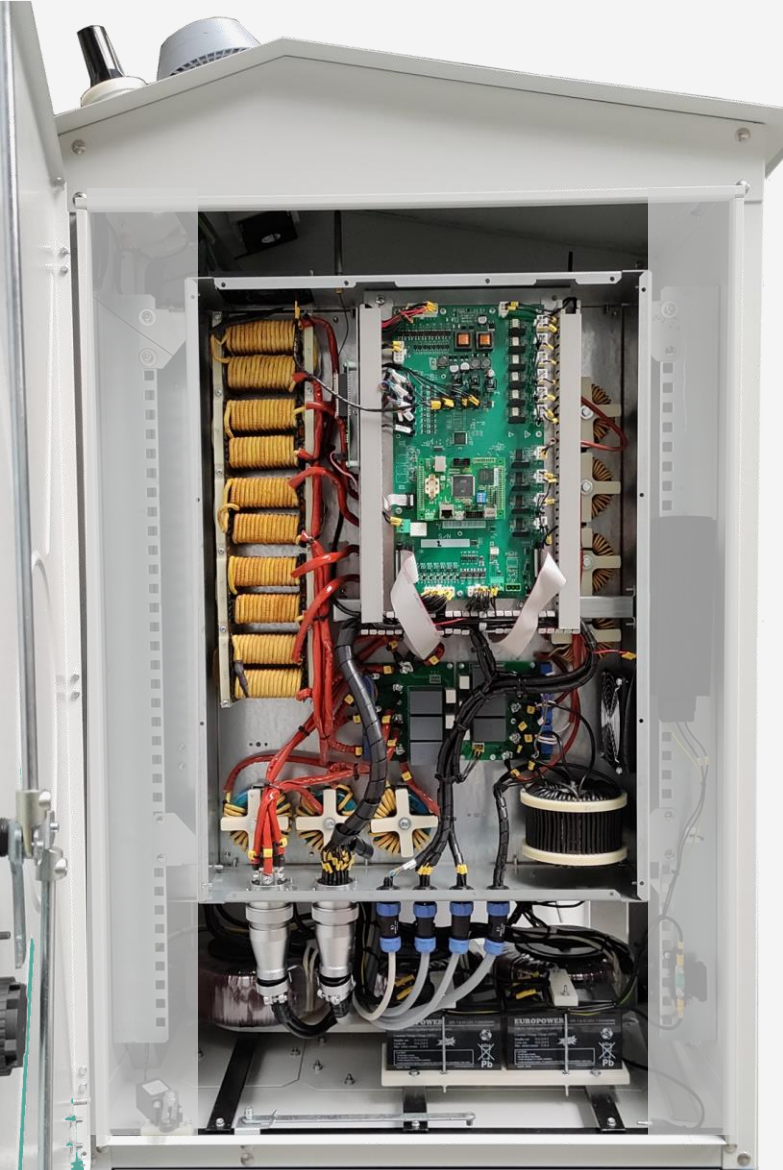
E.DSO  
Technology Radar

3/2024

## Impact on DSOs



# Smartgridenabler - nowe polskie urządzenie energetyczne do zwiększania elastyczności sieci nn



## STMH7 real-time-clock Processor



### IoT for Smart Industry applications

- Gateways
- Headless comm systems
- Robotics
- Security systems
- Sensor fusion

### Smart City

- Industrial communication
- Lighting controls
- Digital power

- ✓ Inverter to grid
- ✓ Digital Twin ready
- ✓ Local Energy optimization
- ✓ Edge Computing ready



# Smartgridenabler - nowe polskie urządzenie energetyczne do zwiększania elastyczności sieci nn

2020:  
Aktywny regulator napięcia (ARN)



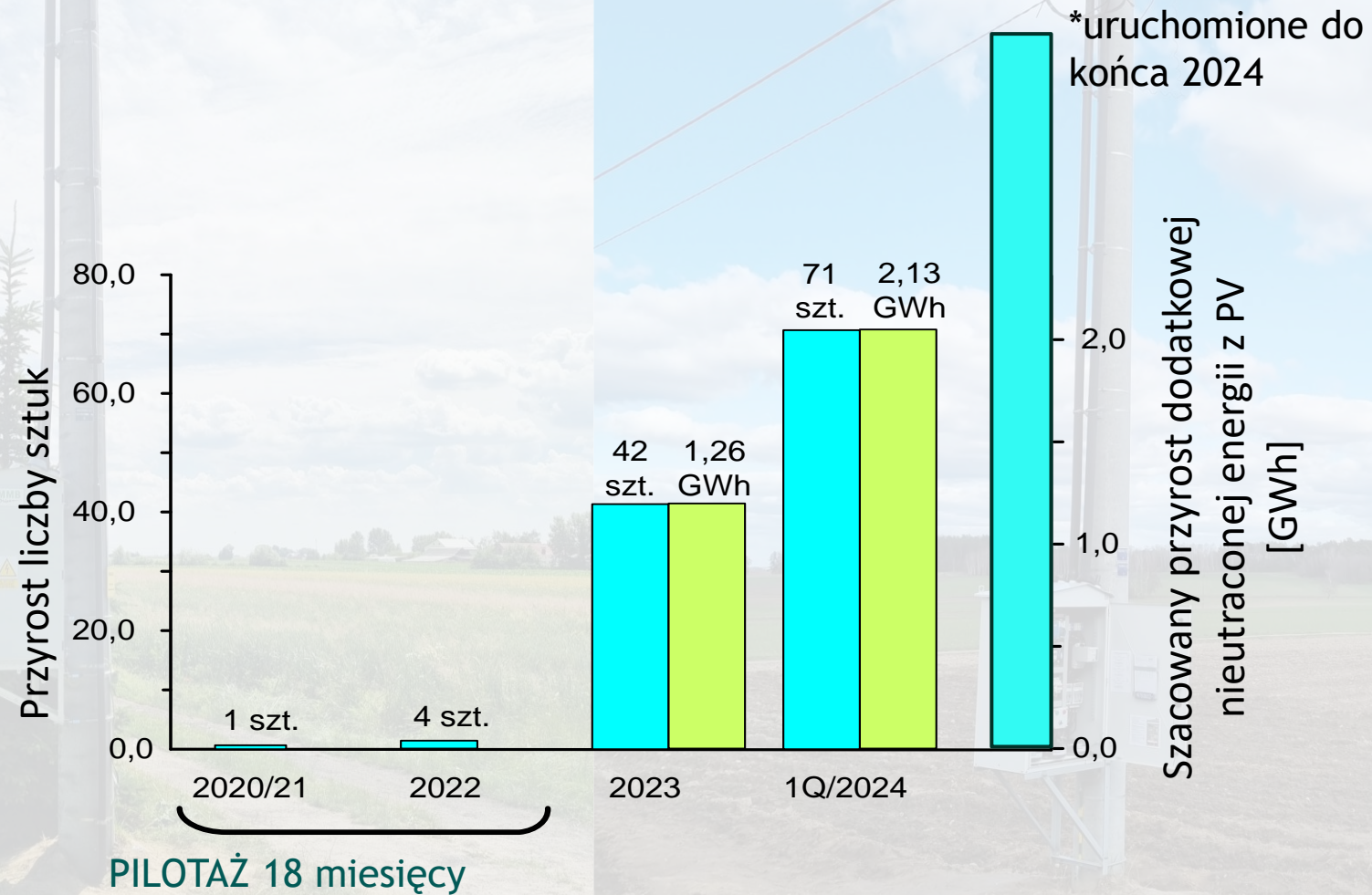
2022:  
Aktywny energoelektroniczny symetryzator prądów fazowych



2024:  
Aktywny energoelektroniczny symetryzator napięć fazowych

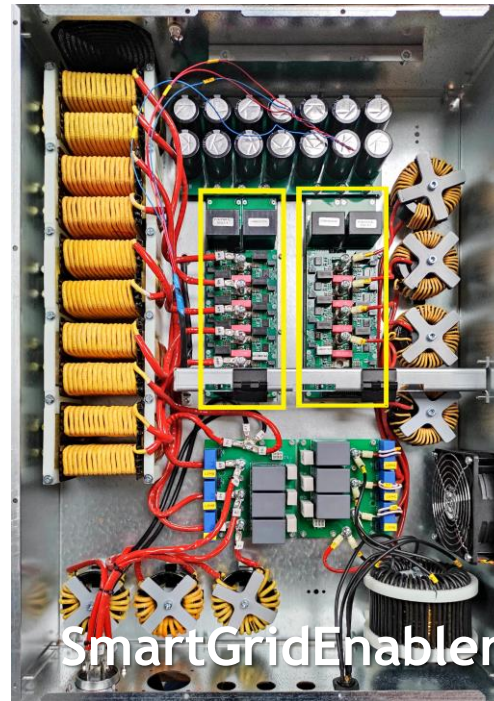
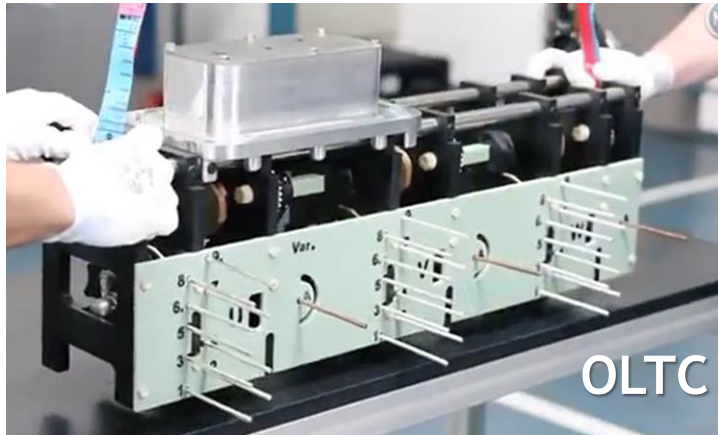


# PRZYROST LICZBY SZTUK URZADZEŃ PRACUJĄCYCH W SIECI w latach 2020 - 1Q/2024





# 2024: SmartGridEnabler jako alternatywa dla podobciążeniowego przełącznika zaczepów (OLTC) transformatora SN/nn

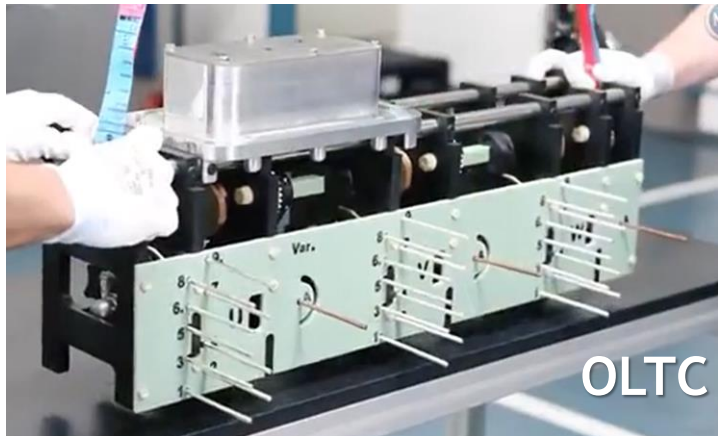


On-load Tap Changer vs. Inverter-to-Grid

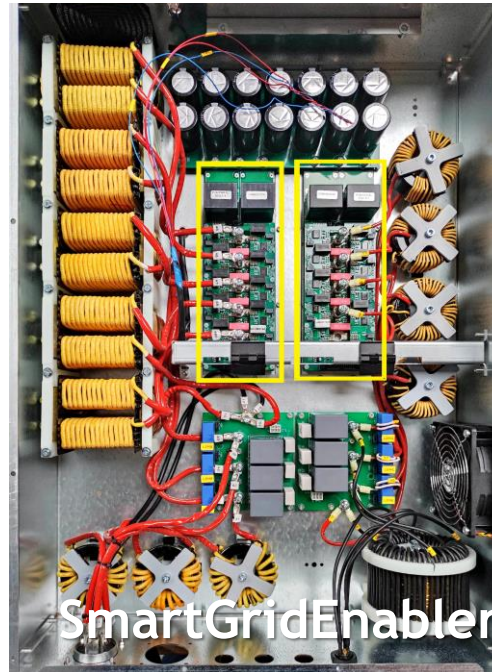
# SmartGridEnabler jako alternatywa dla podobciążeniowego przełącznika zaczepów (OLTC) transformatora SN/nn

Nowe wyzwania w zakresie regulacji napięcia linii

- Bilansowanie 15-minutowe;
- Spontaniczne wyłączenie falowników PV - bardzo szybkie zmiany napięcia przy dużym nasłonecznieniu i przelotnych chmurach;
- Straty w transformatorze powodowane asymetrią prądów linii;

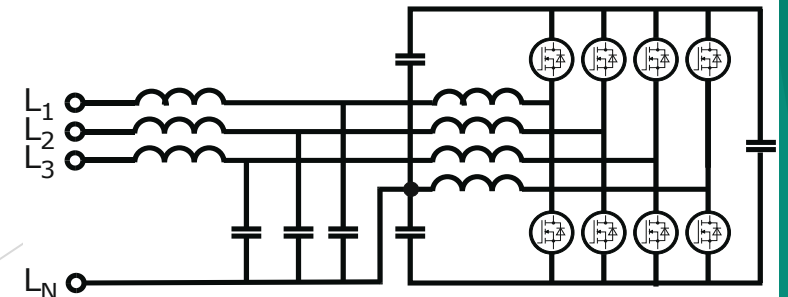


vs.



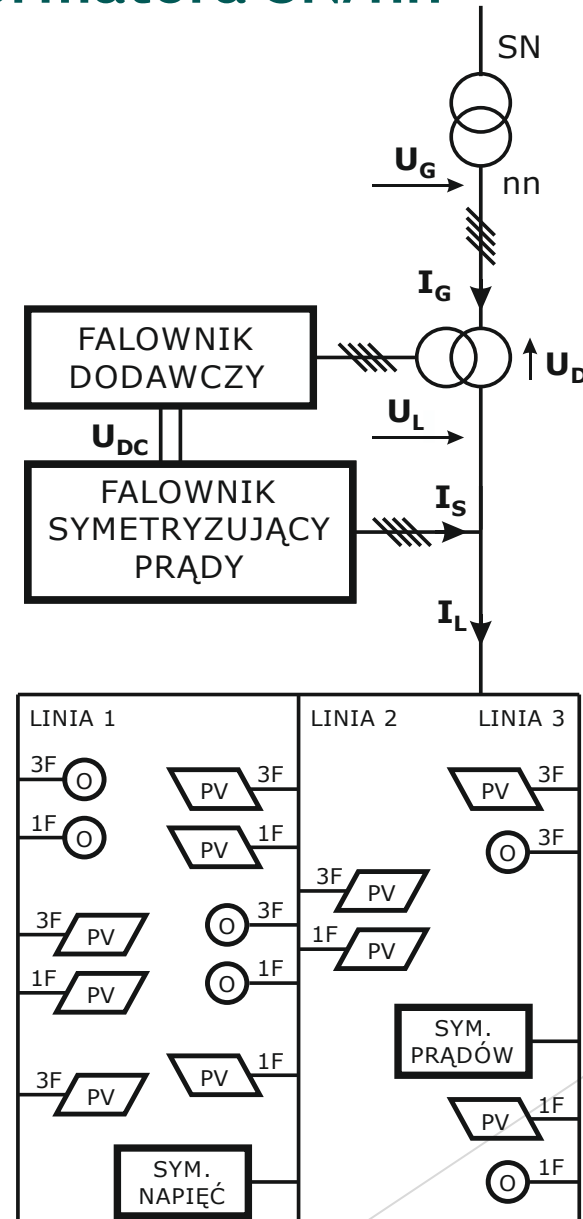
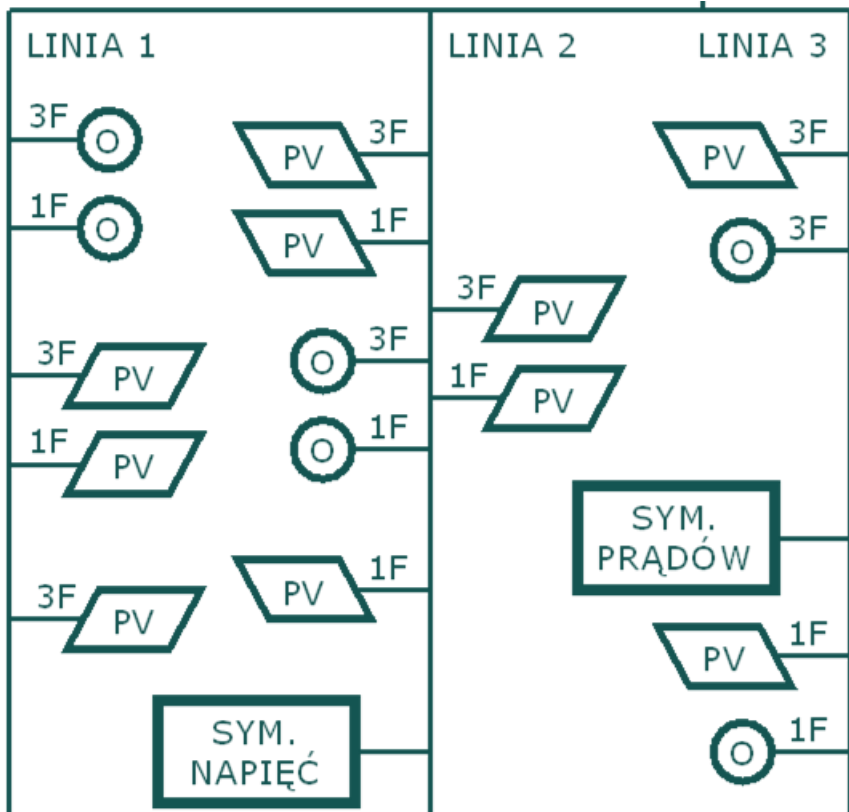
- 200tys - 500tys. operacji w ciągu okresu życia;
- brak możliwości symetryzacji prądów;
- w regulowanym napięciu nie można zadawać kąta fazowego napięcia - tylko amplitudę;

- Praca ciągła,
- Komponenty z branży emobility = bardzo wysoka niezawodność;
- Pierwszy falownik 4-gałęziowy SiC do pełnej regulacji napięć; dodatkowych (amplituda+faza);
- Drugi falownik 4-gałęziowy SiC do symetryzacji prądów transformatora



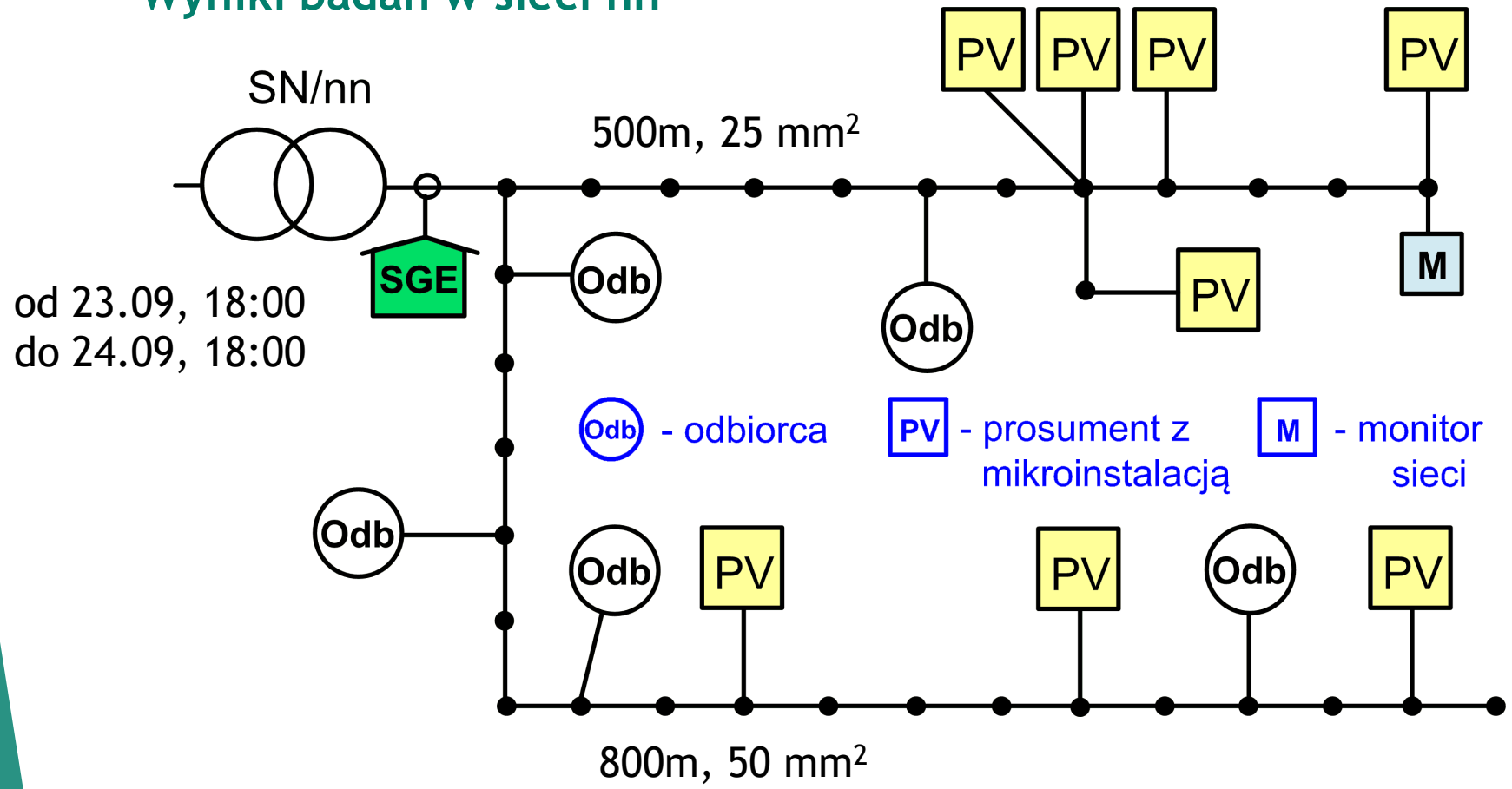
# SmartGridEnabler jako alternatywa dla podobciążeniowego przełącznika zaczełów (OLTC) transformatora SN/nn

- Trzy podstawowe przypadki asymetrii w linii nn:

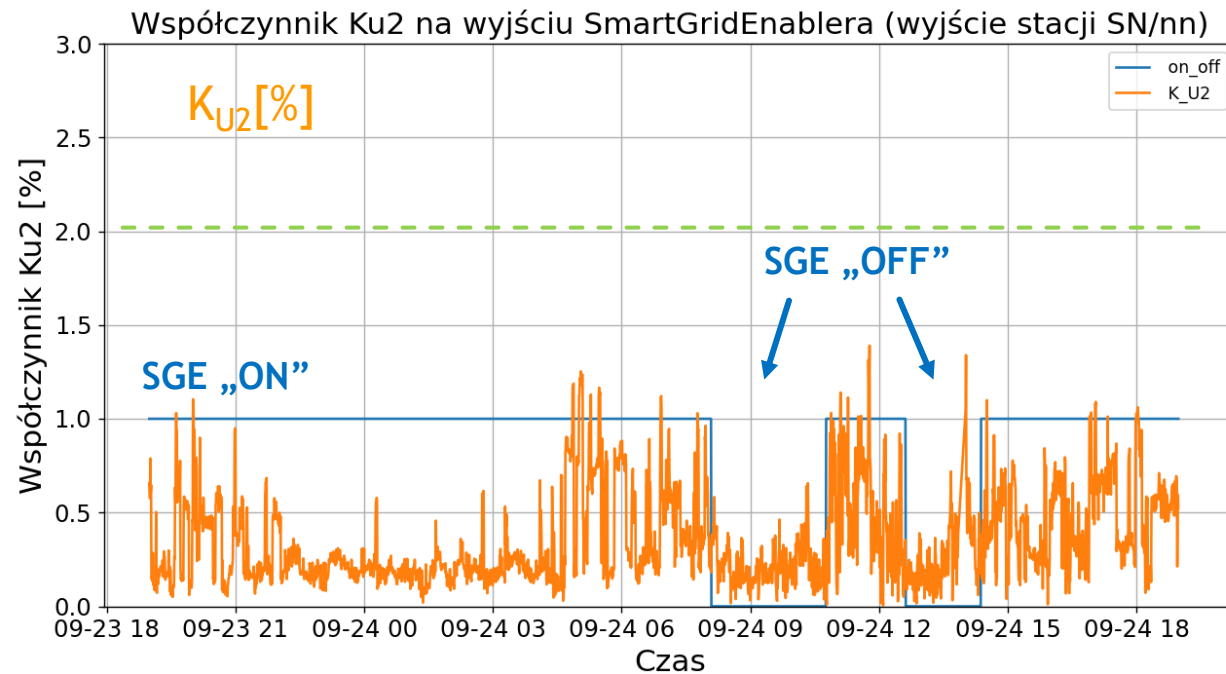
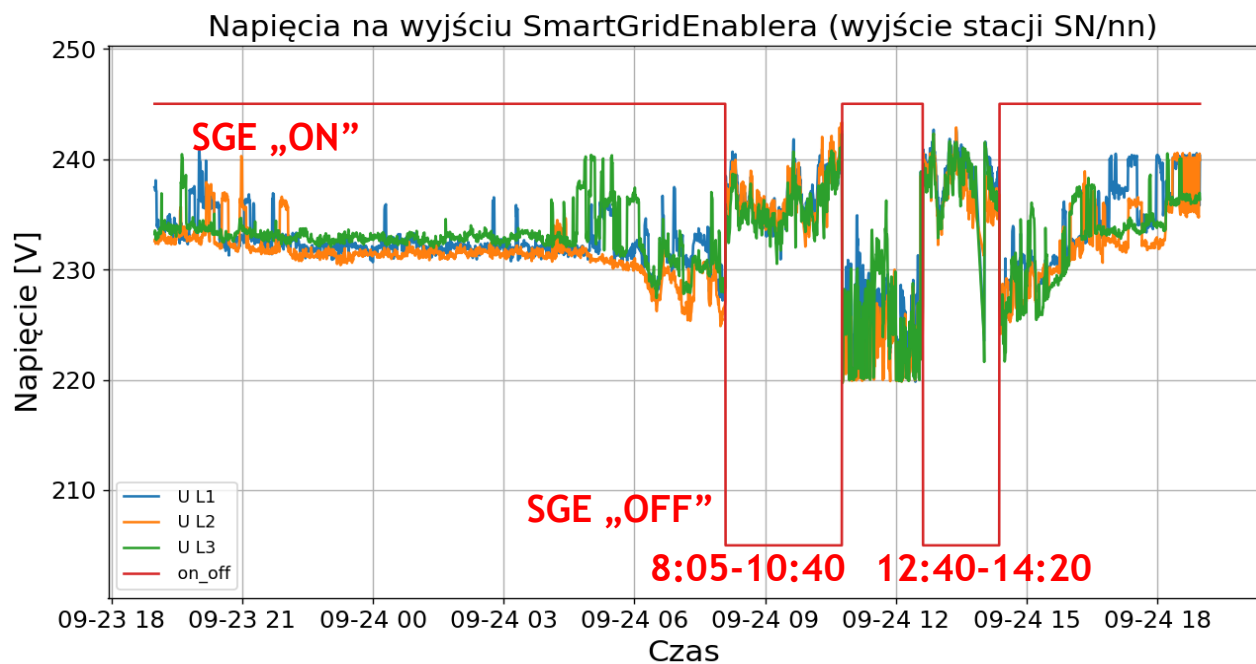
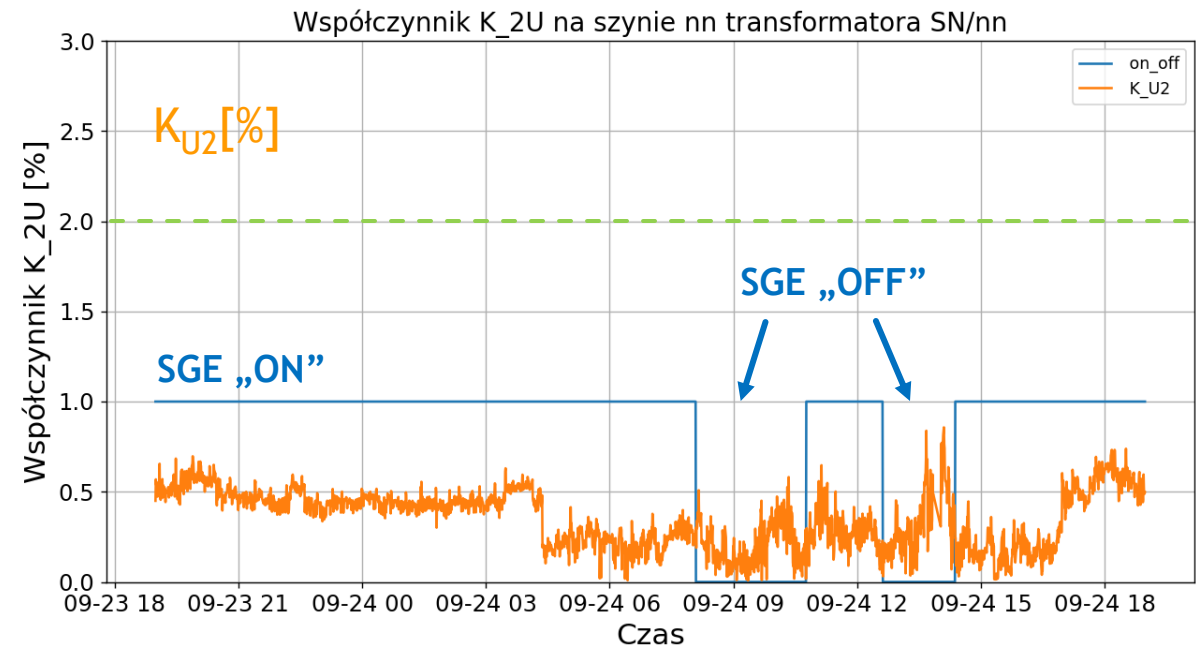
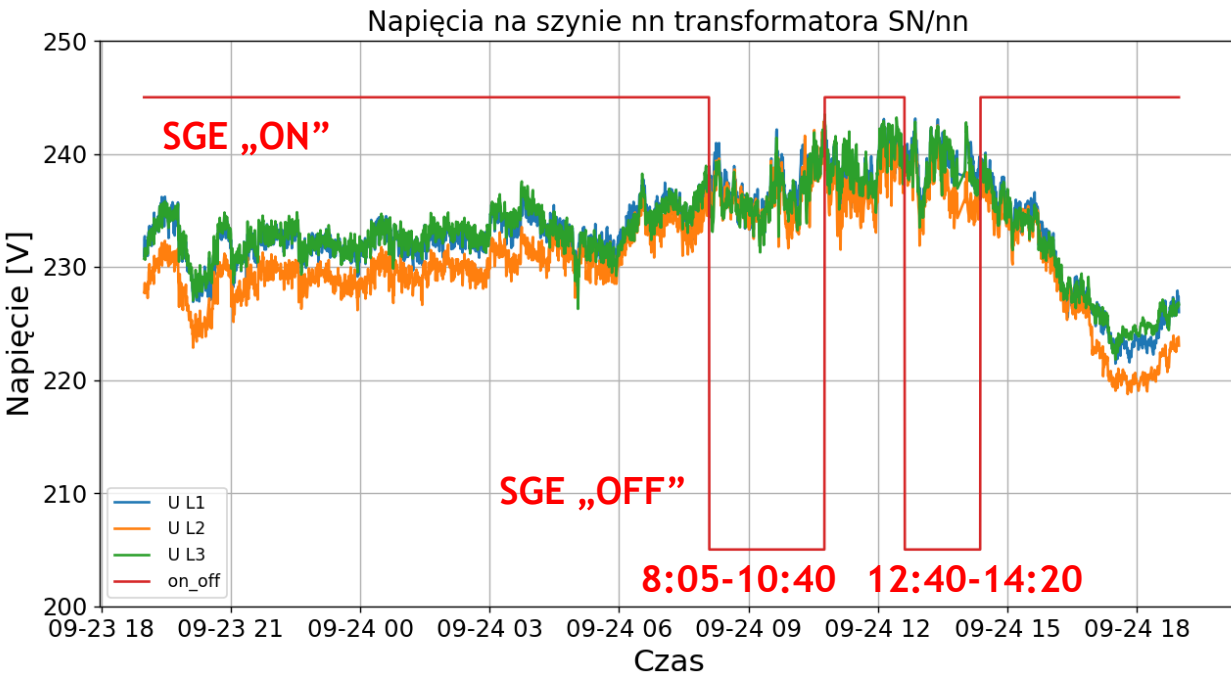


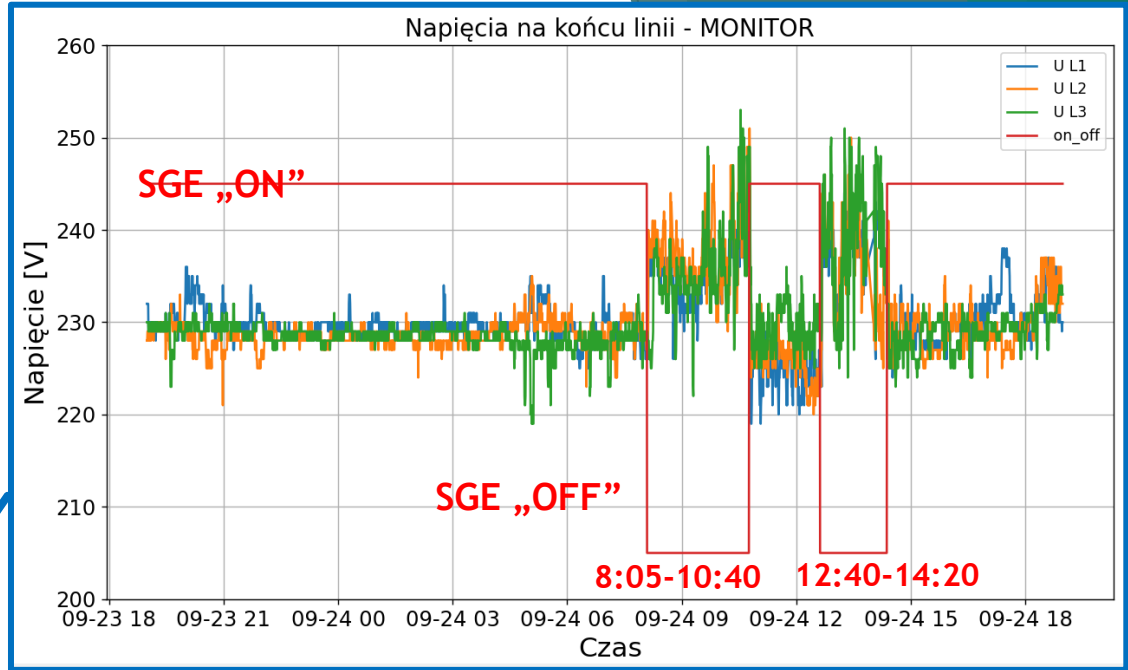
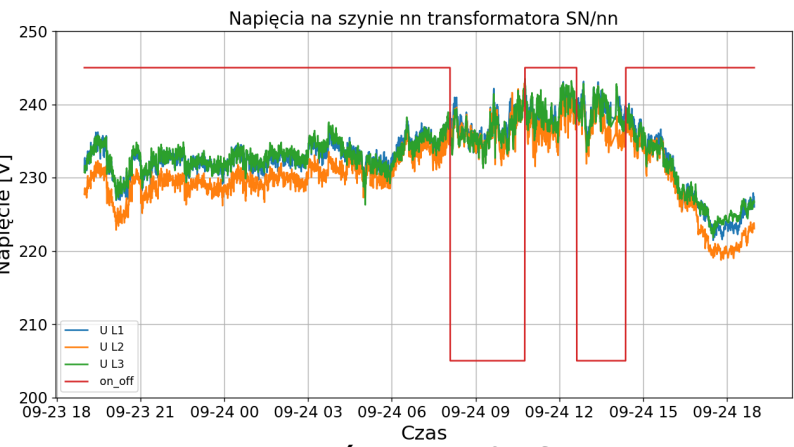
# SmartGridEnabler jako alternatywa dla podobciążeniowego przełącznika zaczełów (OLTC) transformatora SN/nn

- Wyniki badań w sieci nn

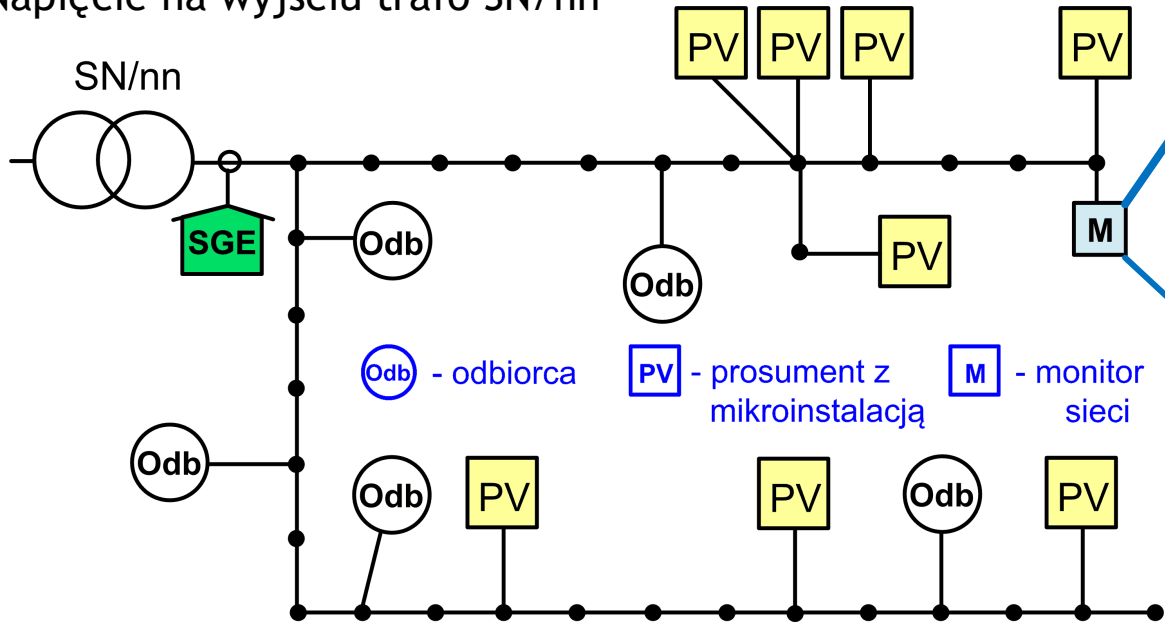


Szczegółowy opis konfiguracji w referacie Adamowicz, Krzemiński

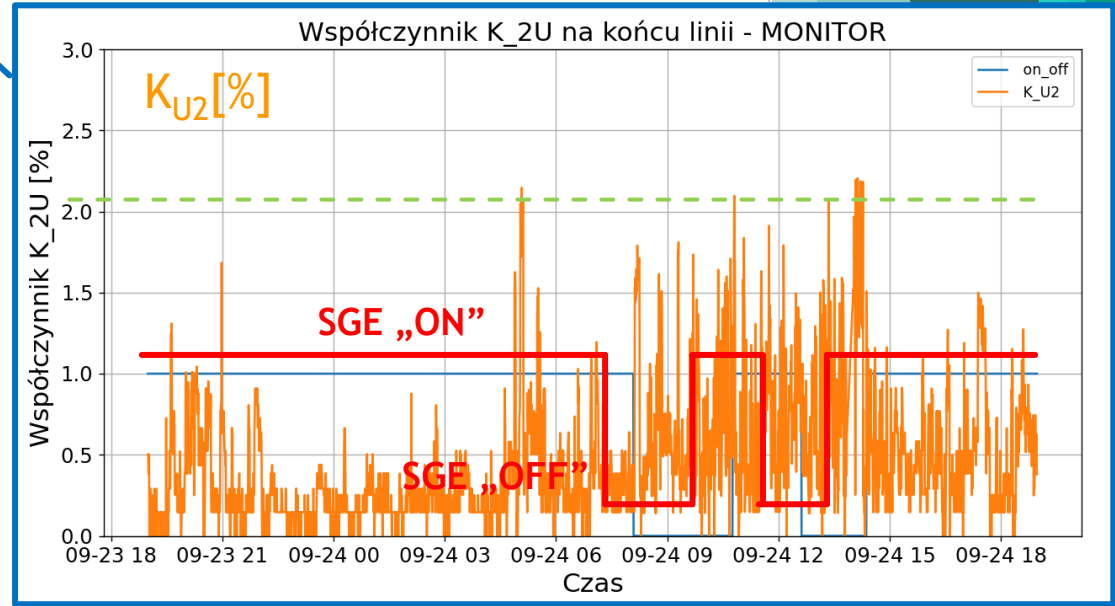
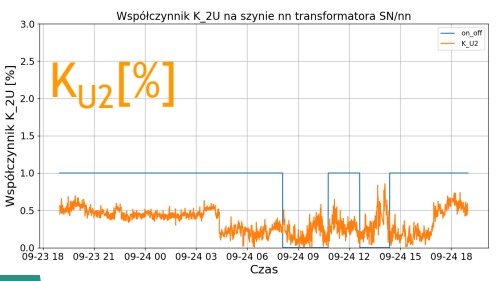




Napięcie na wyjściu trafo SN/nn

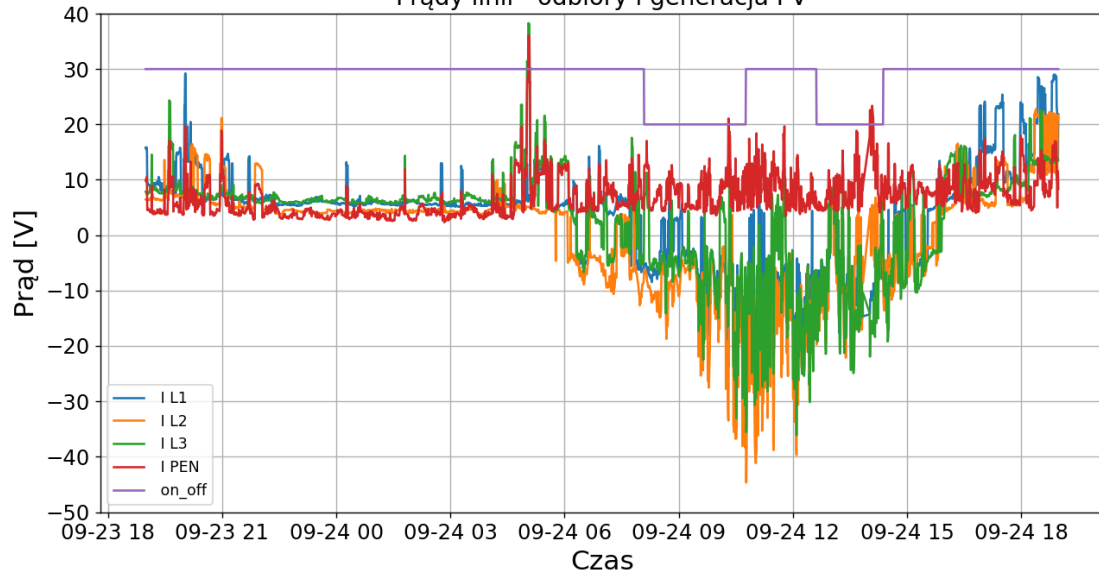


Monitor na końcu linii

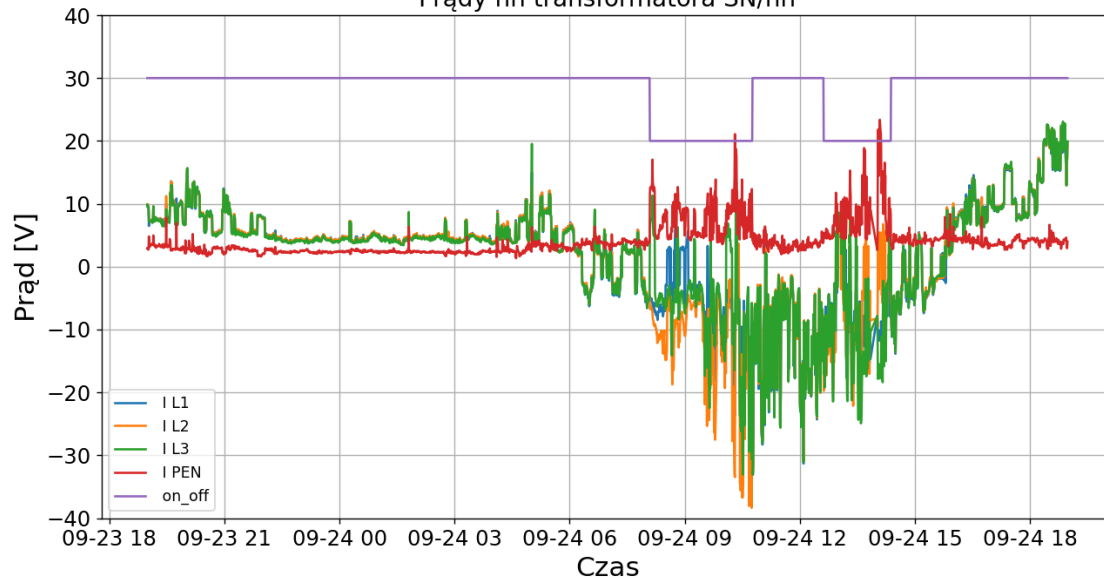


# SmartGridEnabler - symetryzacja prądów transformatora SN/nn

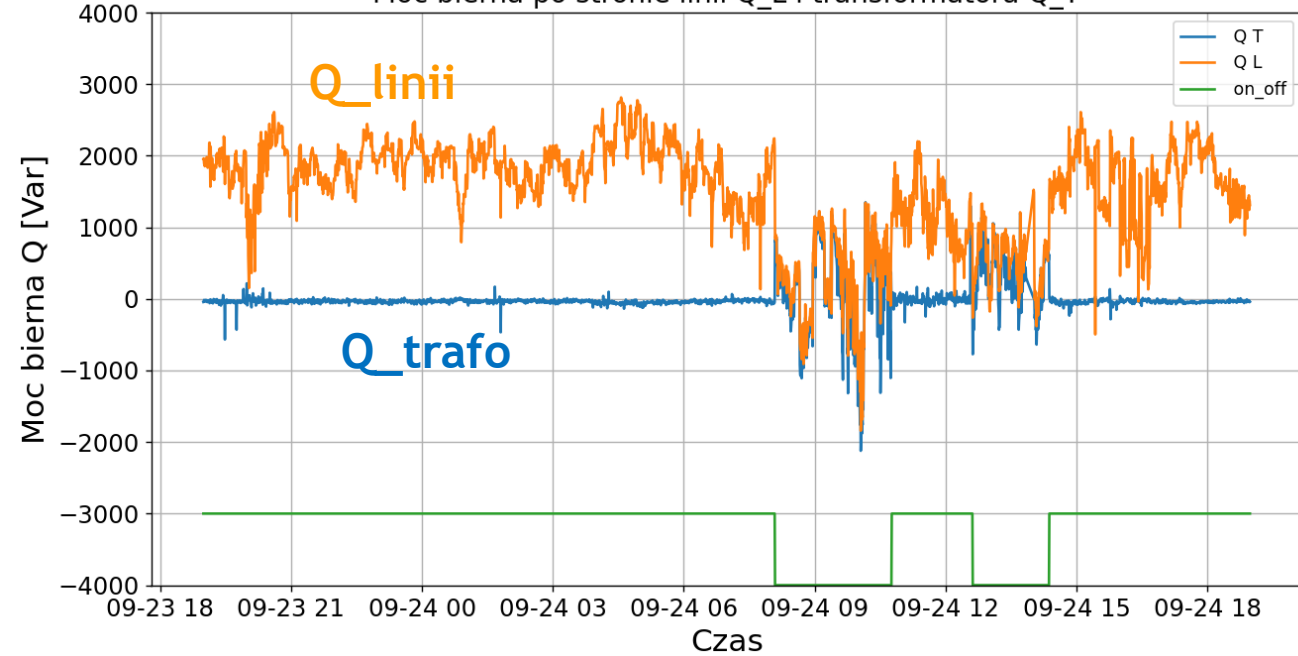
Prądy linii - odbiory i generacja PV



Prądy nn transformatora SN/nn

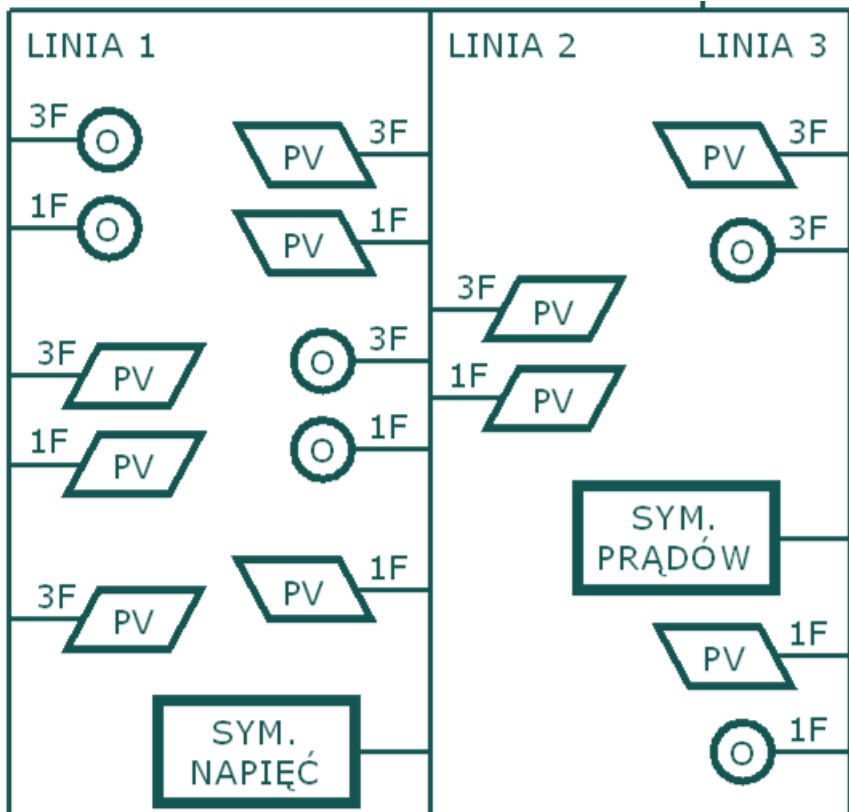


Moc bierna po stronie linii Q\_L i transformatora Q\_T



# Symetryzacja prądów / symetryzacja napięć

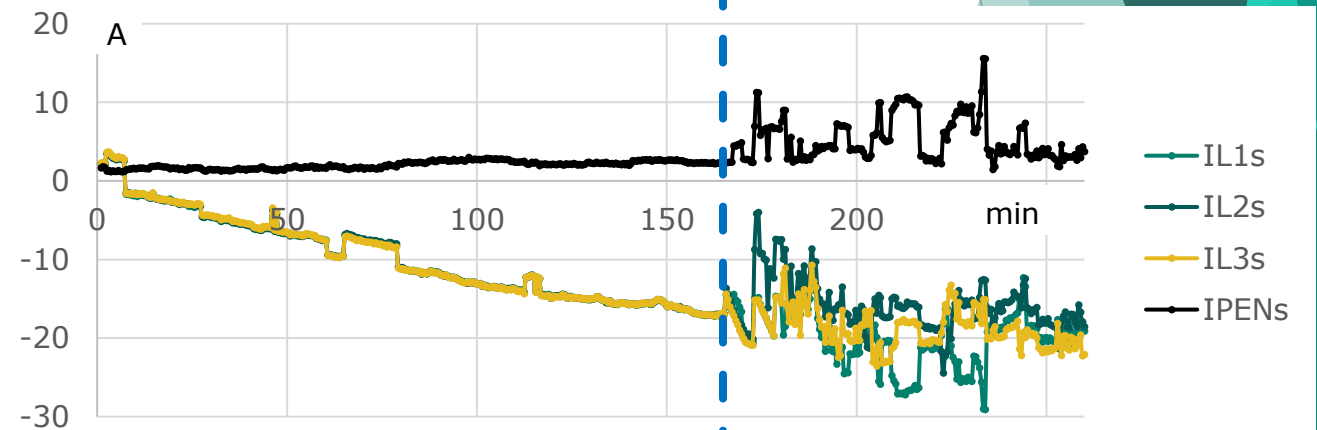
- Trzy podstawowe przypadki asymetrii w linii nn:



Symetryzator prądów

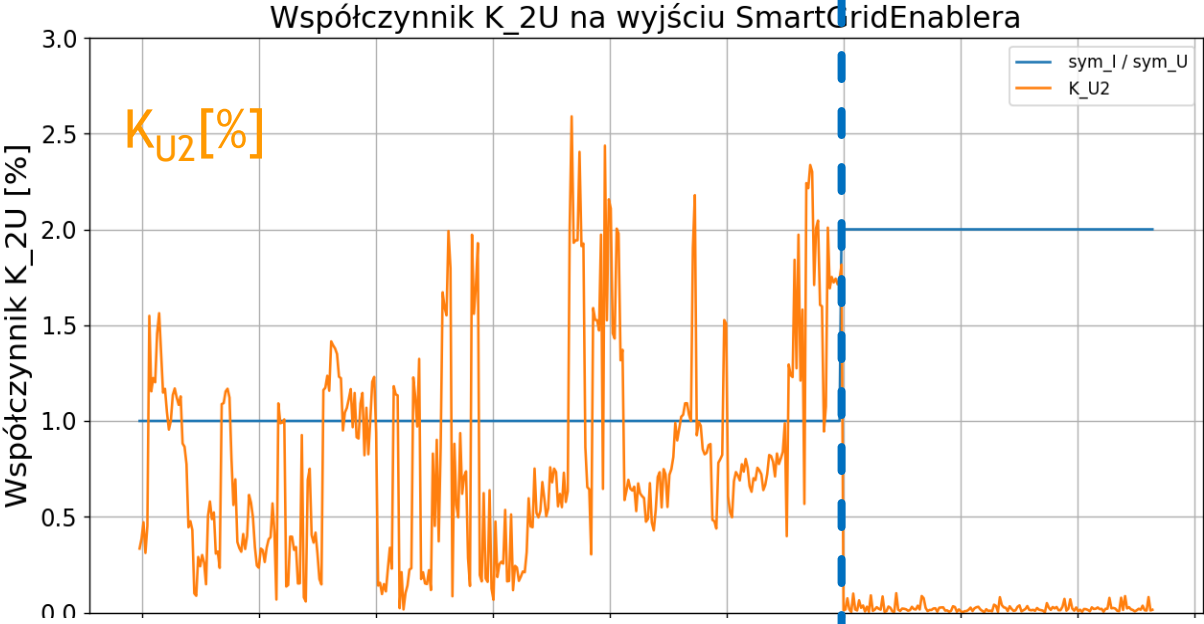
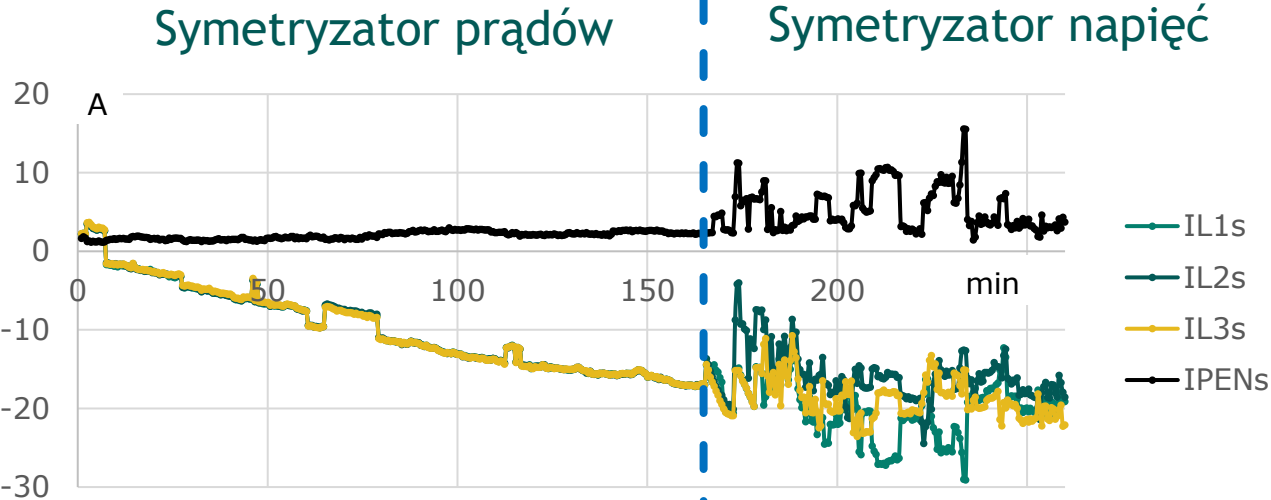


Symetryzator napięć





# Symetryzacja prądów / symetryzacja napięć



## Wnioski

- SmartGridEnabler - regulator napięć fazowych i symetryzator prądów linii zainstalowany w stacji transformatorowej SN/nn wykazuje się bardzo dużą skutecznością regulacji napięcia na całej długości linii,
- Symetryzator stanowiący integralną część urządzenia SmartGridEnabler symetryzuje prądy transformatora SN/nn, obniżając straty w transformatorze.
- Proponowane rozwiązanie stanowi alternatywę dla transformatorów z podobciążeniowymi przetłącznikami zaczepów (PPZ), które mają ograniczoną dynamikę działania i charakteryzują się ograniczoną liczbą operacji w czasie życia transformatora.
- SmartGridEnabler, dzięki możliwości aktywnego kształtowania amplitudy i fazy regulowanych napięć oraz amplitudy i fazy prądów symetryzujących, w sposób naturalny staje się następcą klasycznych układów regulatorów LVR i pasywnych transformatorów symetryzujących prądy i napięcia w liniach dystrybucyjnych nn.

**Dziękuję za uwagę!**