

*Poprawa jakości energii
elektrycznej w sieci nn poprzez
symetryzację prądów i napięć.*

Arkadiusz Majda

BRAJNIKI 06.06.2025

Zagadnienia:

- 1. Transformacja energetycznej i stan polskich sieci niskich napięć
- 2. Zasada działania transformatora symetryzującego i nasze doświadczenia z instalacji w Polsce
- 3. Analiza przypadku sieci z mikrogeneracją fotowoltaiczną i pompami ciepła

1. Transformacja energetycznej oraz stan polskich sieci niskich napięć

Transformacja energetyczna

- Cel: osiągnięcie zrównoważonych gospodarek zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju (*potrzeby obecnego pokolenia mogą być zaspokojone bez umniejszania szans przyszłych pokoleń na ich zaspokojenie - Światowa Komisja ds. Środowiska i Rozwoju*).
- Osiągnąć poprzez:
 - oszczędzanie energii,
 - poprawa efektywności energetycznej,
 - pozyskiwanie energii z odnawialnych źródeł,
 - wyeliminowanie paliw kopalnych (ropy naftowej, węgla, gazu ziemnego) i paliwa jądrowego (uranu).

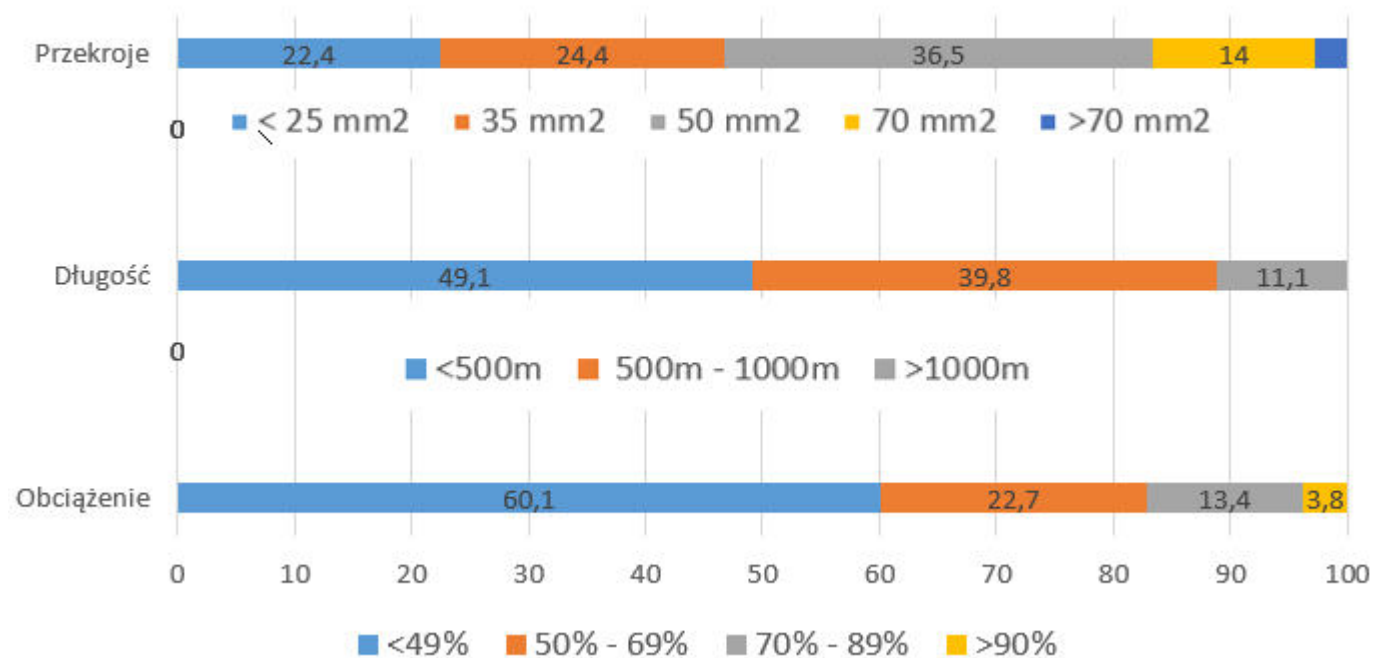
Transformacja energetyczna, a rewolucja w sieciach nn

- 1,53 mln mikroinstalacji fotowoltaicznych (moc zainstalowana 12,3 GW) – stan na 30 listopada 2024
- Gwałtowny wzrost instalacji powietrznych pomp ciepła– norma **WT2021** - Większość instalacji jednofazowych o mocach 8-9kW
- Wzrost instalacji ogrzewania elektrycznego w domach jednorodzinnych - instalacja fotowoltaiczna zmienia optykę prosumentów
- Wzrasta ilość samochodów elektrycznych i stacji ładowania, w tym domowych ładowarek
- Krajowy Program Ochrony Powietrza / uchwały antysmogowe

Modernizacja sieci nn nie nadąża za gwałtownym rozwojem OZE i zmianami trendów w budownictwie

Stan polskich sieci niskiego napięcia

Linie napowietrzne nn w obszarach wiejskich
(stan na koniec 2017 roku)



Wykres na podstawie danych Agencji Rynku Energii

Ponad 90 tys. km linii nn jest starsza niż 40 lat – dane PTPIREE

Sieci wiejskie niskiego napięcia

➤ Wyzwaniem jest zapewnienie właściwej jakości dystrybuowanej energii elektrycznej, zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 50160:2010 Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach elektroenergetycznych:

- stabilność napięcia sieci zasilającej,
- gwałtowne wahania poziomu napięcia,
- migotanie światła (tzw. flickier),
- **poziom asymetrii napięcia zasilania.**

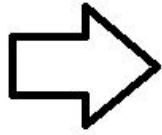
Z czego może wynikać asymetria napięć w sieciach nn ?

- › Niesymetrycznych napięć sieci SN
- › Niesymetrycznego przyłączenia odbiorów w sieci 3-fazowej
- › Randomowym (losowym) włączaniem odbiorów 1-fazowych
- › Odnawialnych źródeł energii (głównie PV)

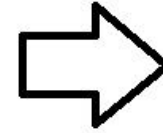
Jest efektem asymetrii obciążeń poszczególnych faz

Skutki asymetrii

Asymetria
prądu w linii nn



- › Nieefektywne wykorzystanie sieci
- › Wyższe wartości harmoniczných napięć
- › Wyższe straty
- › Wyższe prądy w przewodzie neutralnym
- › Napięcie fazowe poza wartościami akceptowanymi
- › Napięcie międzyfazowe poza wartościami akceptowanymi
- › Trudność w utrzymaniu regulacji napięcia



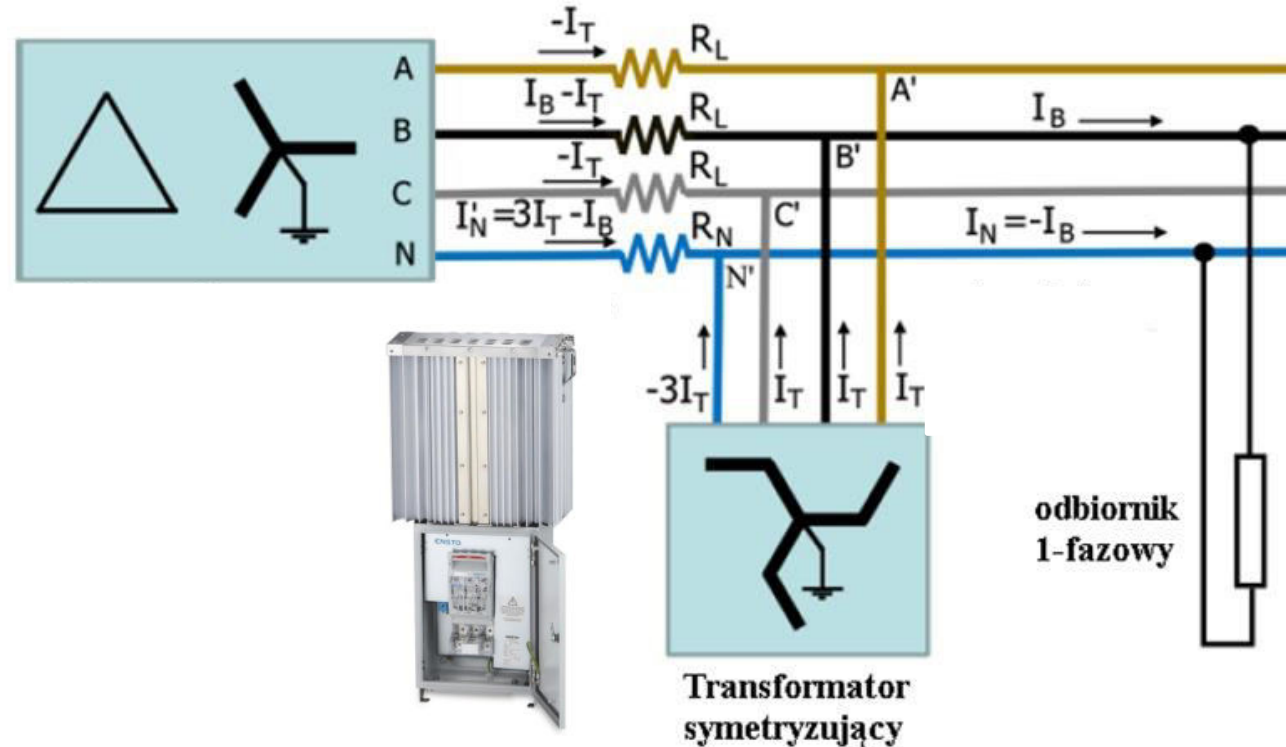
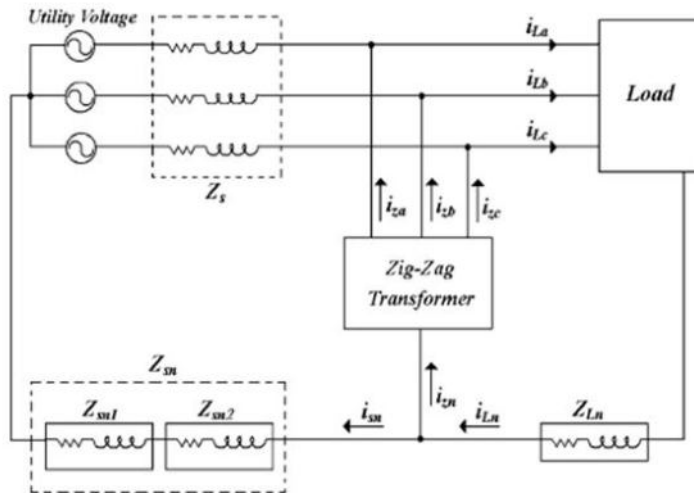
Asymetria
napięć

Sposoby zapewnienia dobrej jakości energii

- › **Przebudowa sieci nn** (zmiana transformatora, **zwiększenie przekroju i skrócenie obwodów**)
- › Instalacja transformatorów dystrybucyjnych z PPZ
- › Instalacja szeregowych regulatorów napięcia wewnątrz sieci nn
- › **Instalacja transformatorów symetryzujących w głębi sieci**
- › Przełączanie jednofazowych odbiorów/generacji na inne fazy
- › Kontrola inwerterów instalacji PV (ograniczenie generacji)
- › Budowanie magazynów energii

2. Zasada działania transformatora symetryzującego i nasze doświadczenia z instalacji w Polsce

Ensto Phase Balancer - transformator symetryzujący



Jak to działa?

- Część prądu (wynikająca z różnicy impedancji linii w miejscu instalacji i impedancji wewnętrznej uzwojeń) płynąca przewodem neutralnym do transformatora zasilającego jest pobierana przez transformator symetryzujący i równomiernie rozdzielana na poszczególne fazy.
- Urządzenie redukuje asymetrię prądów obciążenia od strony zasilania – w efekcie symetryzuje napięcia fazowe.

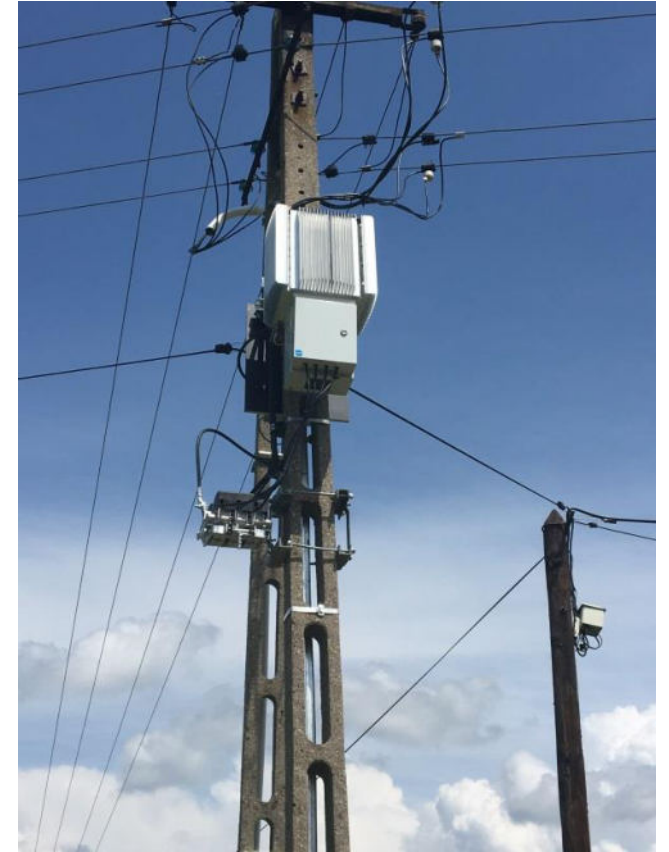
Ensto Phase Balancer PB50A-3P-200 ADV

- › Napięcie znamionowe 400 V przemienne
- › Częstotliwość znamionowa 50 Hz
- › Max. prąd ciągły 50 A (3x 17A)
- › Max. prąd krótkotrwały 100 A (3x33A), 10 min.
- › Straty mocy przy obciążeniu zn. < 50 W
- › Prąd (zasilanie elektroniki) 80 mA
- › Układ sieci nn 3-fazowy TN/TT
- › Stopień ochrony obudowy IP-55
- › Masa 125 kg
- › Wymiary 886 x 454 x 323 mm
- › Zabezpieczenia Nadnapięciowe, podnapięciowe, zanik fazy i temperaturowe
- › Komunikacja (Opcjonalnie) Modbus RTU

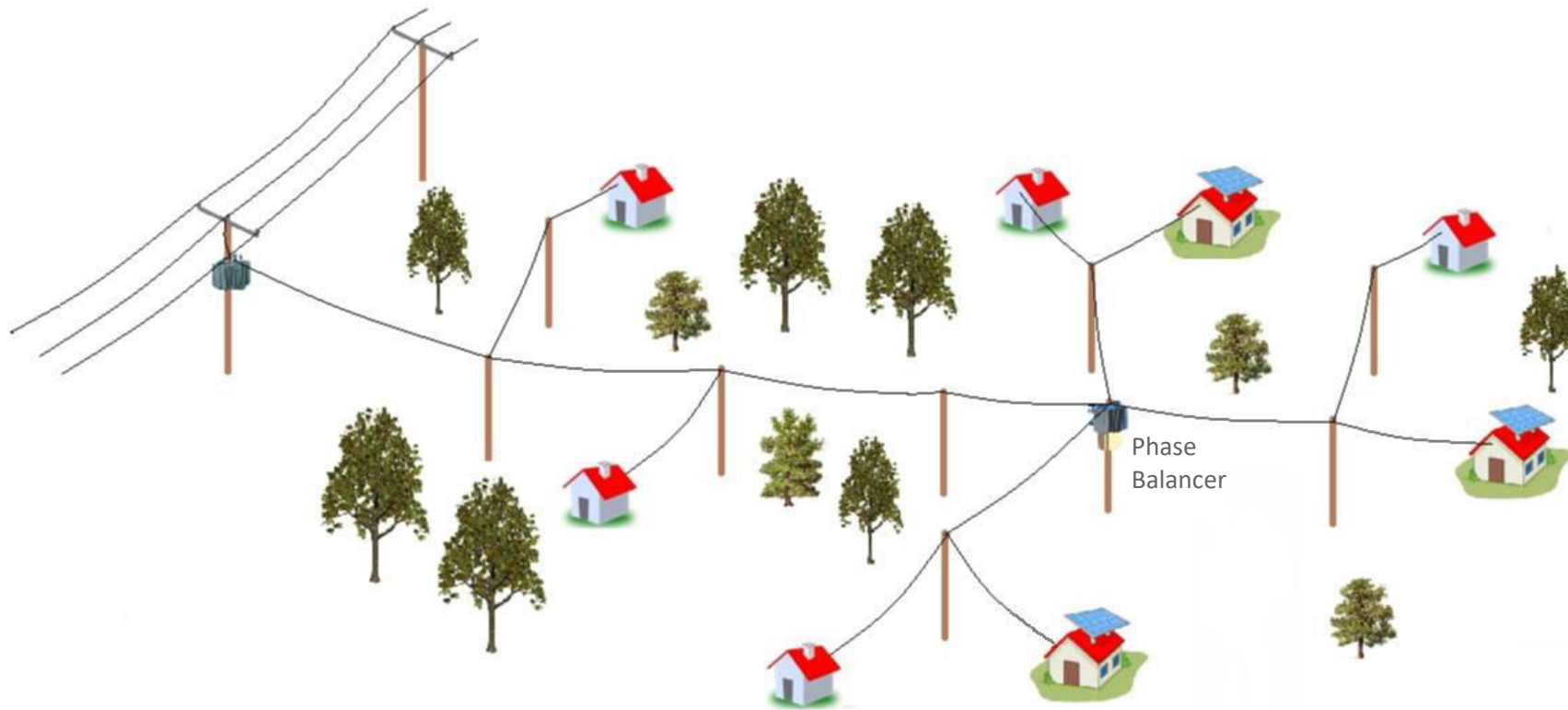


Ensto Phase Balancer – doświadczenia w Polsce

- Od roku 2017 zainstalowano w sieci nn ponad 200 transformatorów symetryzujących Ensto Phase Balancer typ PB50A-3P-200ADV
- Instalacje wykonane w Tauron, ENEA i PGE
- Urządzenia pracują autonomicznie i bezawaryjnie
- Skutecznie rozwiązują problemy w sieciach z asymetrią napięć



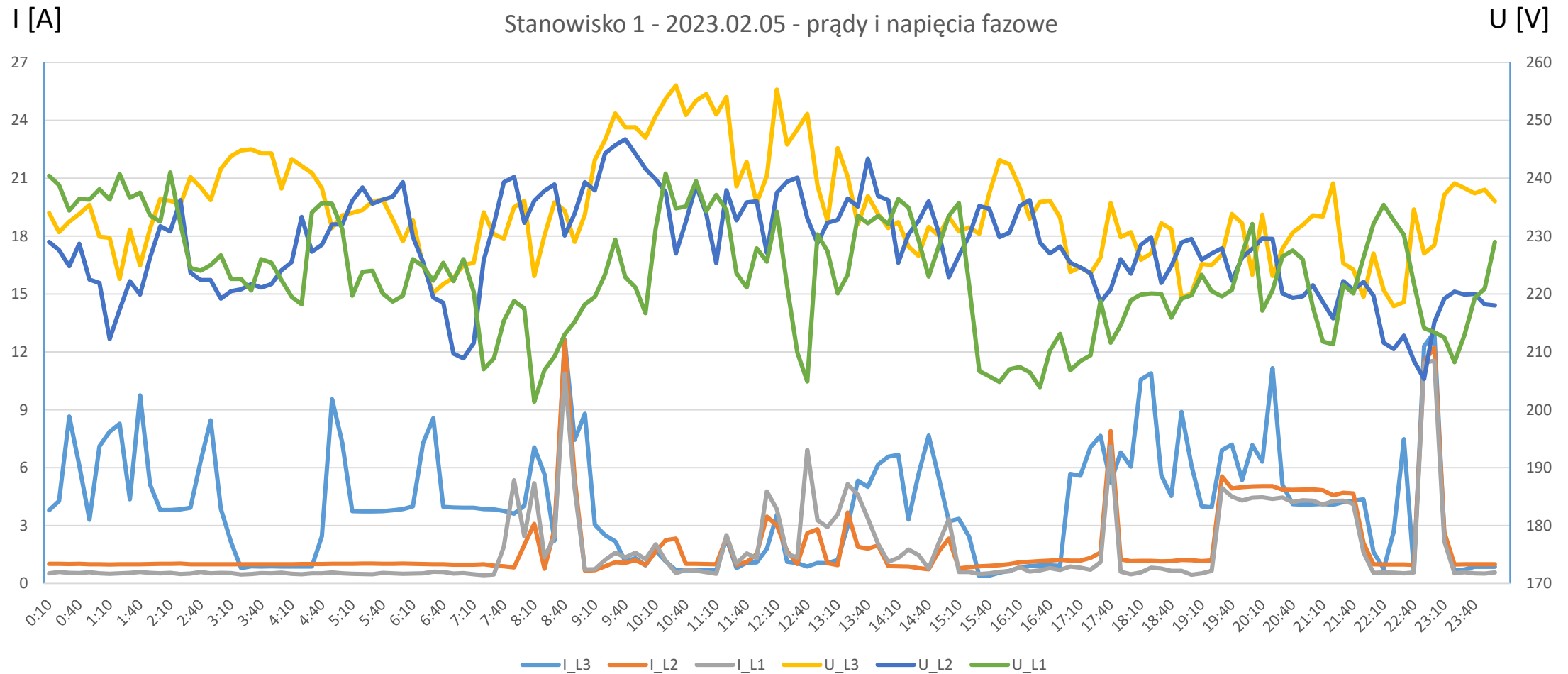
Możliwe miejsca instalacji Ensto Phase Balancera



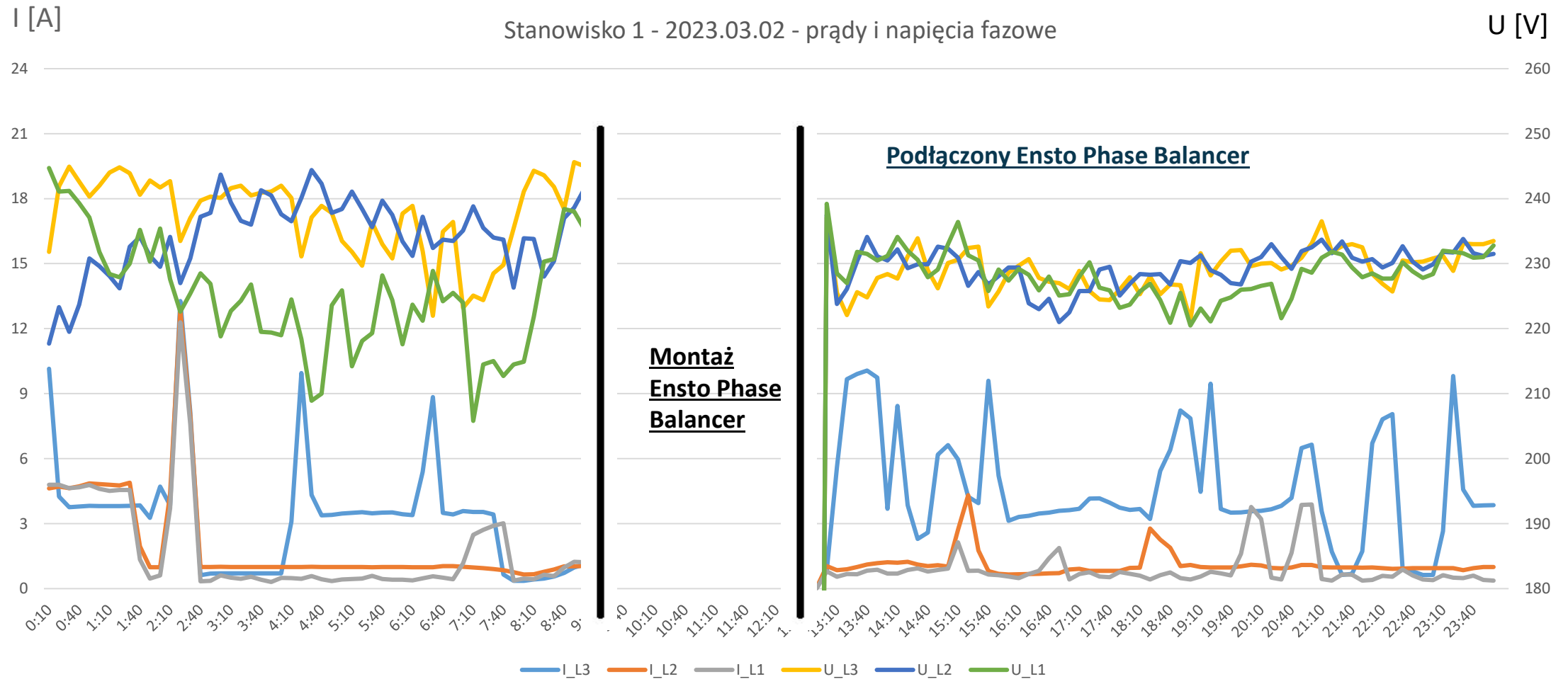
Instalacja Ensto PB ma sens w sieciach, gdzie występuje asymetria napięć

3. Analiza przypadku sieci z mikrogeneracją fotowoltaiczną i pompami ciepła

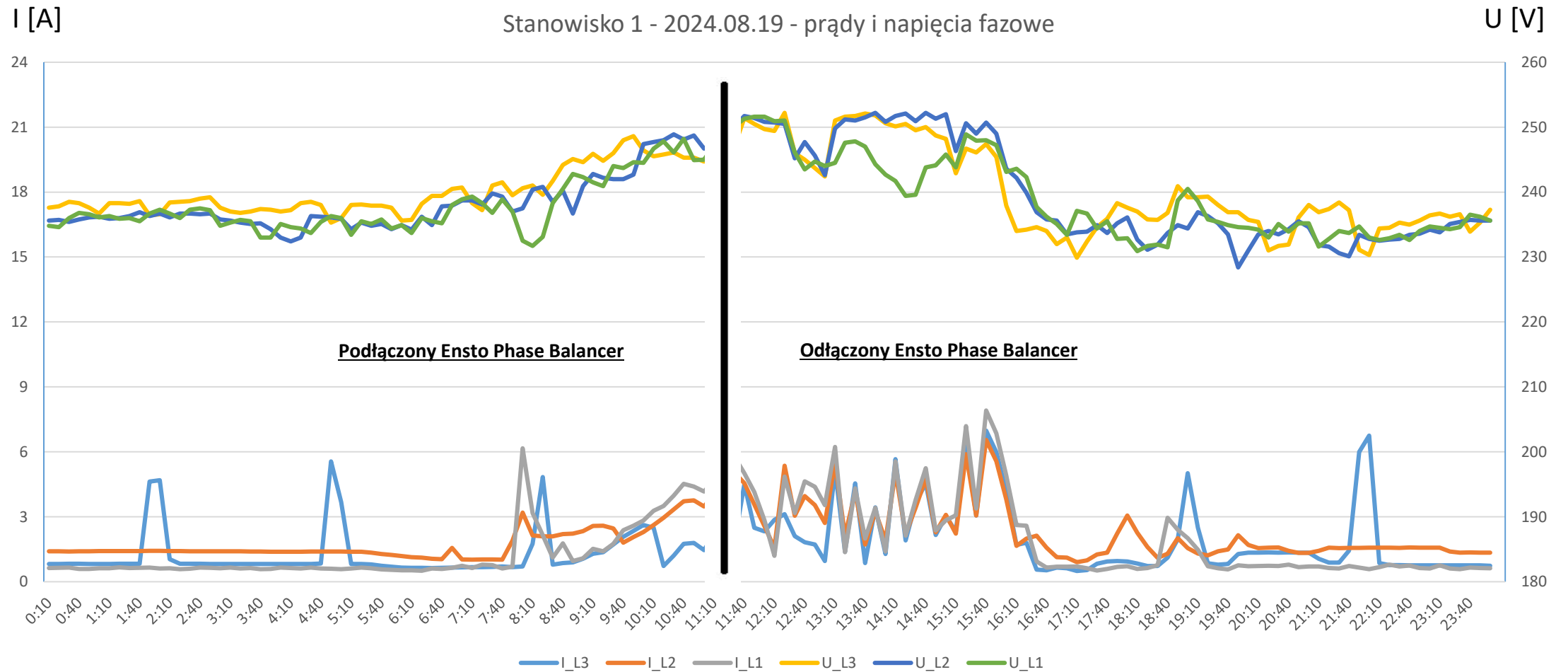
St.1 – Stanowisko – przed modernizacją - linia goła nn 600m, 4x25Al



St.1 – Stanowisko w dniu zainstalowania Ensto Phase Balancer



St.1 – Stanowisko po modernizacji – 2 x AsXSn 4x50



Podsumowanie

- Transformator symetryzujący jest dobrym i szybkim rozwiązaniem problemów w sieciach wiejskich o znacznych długościach, małych przekrojach i dużych asymetriach napięć
- Transformator symetryzujący poprawia efektywność manualnej/automatycznej regulacji napięciowej
- Transformator symetryzujący docelowo może być jednym z elementów sieci nn zapewniający dobrą jakość energii