Polskie Sieci Elektroenergetyczne

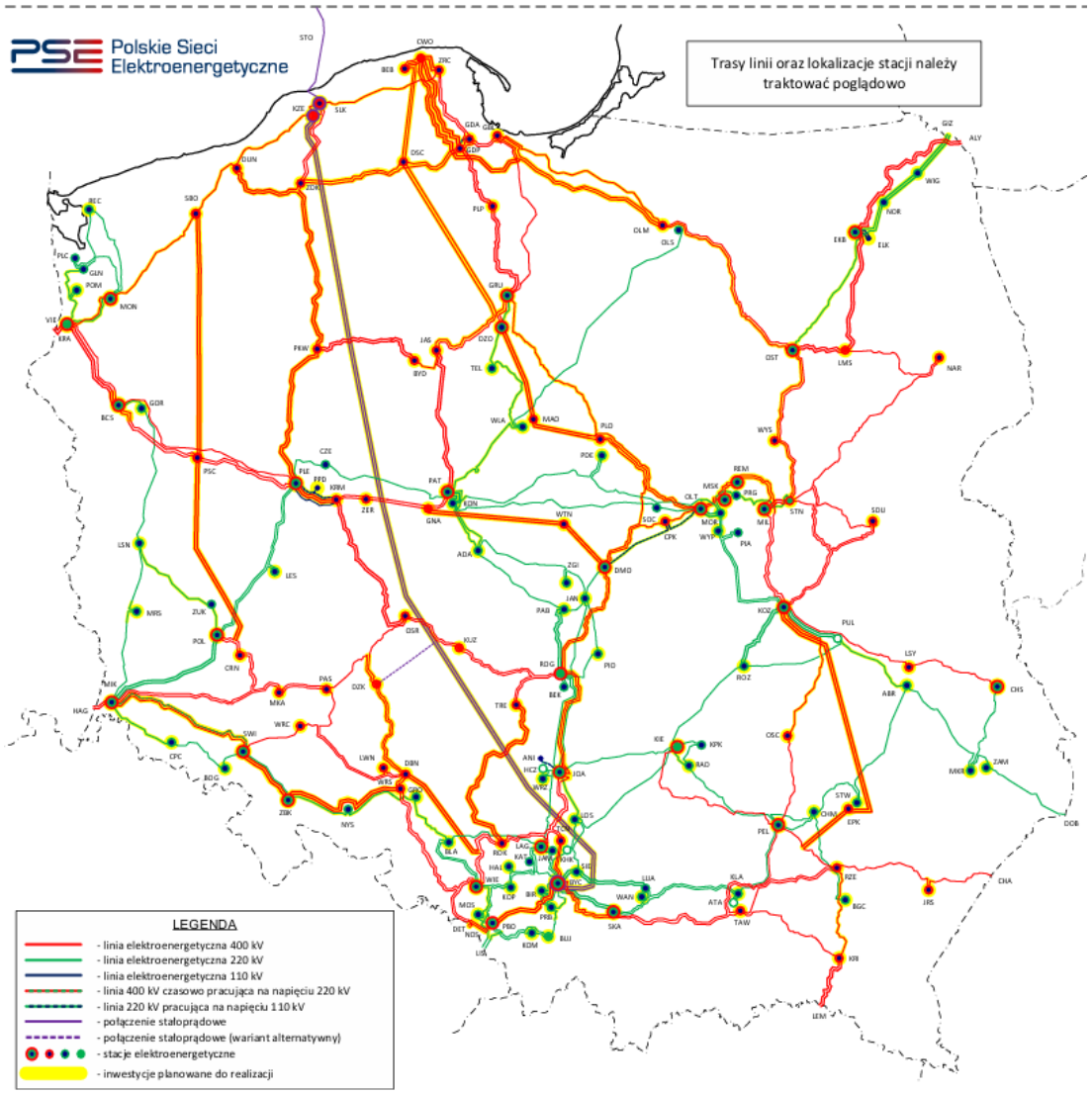
Podstawowe różnice między liniami kablowymi AC i DC najwyższych napięć

Kamil Jabłoński

www.pse.pl



Schemat sieci przesyłowej ze zmianami wynikającymi z realizacji planowanych zadań inwestycyjnych do 2036 r.



HVDC – dlaczego stosujemy

- **Główne zalety:**

- Niższe koszty przy budowie długich linii kablowych
- Możliwość połączenia asynchronicznych systemów
- Brak ograniczeń związanych z długością linii
- Łatwiejsze sterowanie mocą przesyłaną
- Ograniczenie prądów zwarciowych
- Możliwości przesyłania dużych mocy



HVDC – porównanie MI i XLPE izolacji

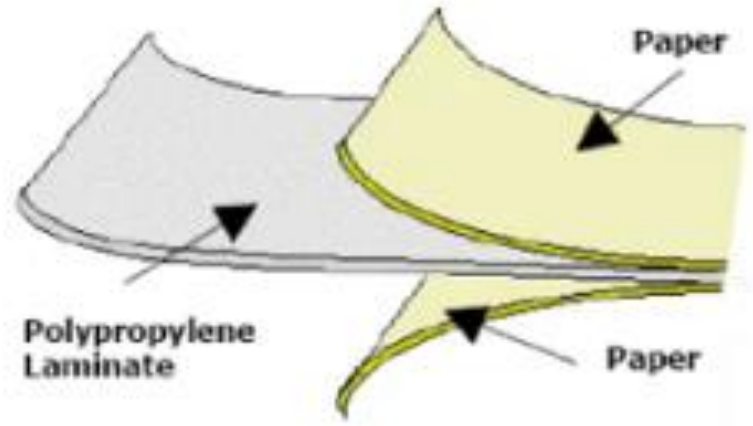
MI (Mass-impregnated)	**XLPE (Cross-linked Polyethylene)**
Dojrzała technologia (ponad 40 lat)	Mniejsze doświadczenie
Mniejsza izolacja, lecz cięższa (większe dopuszczalne naprężenia elektryczne)	Lżejsza waga, dobre właściwości mechaniczne
Dopuszczalna jest zmiana polaryzacji napięcia (technologia LCC)	Nie dopuszczalna jest zmiana polaryzacji napięcia
Dłuższy czas produkcji z uwagi na impregnację	Krótszy czas produkcji ale wymaga odgazowania
Niższa temperatura pracy MI (55 C)	Wyższa temperatura 70 C (nawet 90)

HVDC – udoskonalone rozwiązania

MI-PPL (Paper Polypropylene Laminated)
Zwiększenie możliwości przesyłowych nawet do 30 proc w porównaniu do tradycyjnych kabli w izolacji papierowej z uwagi na wyższe temperatury pracy do 80-85 C
Większa odporność na przepięcia nawet do 20-25 % w porównaniu do kabli w izolacji papierowej

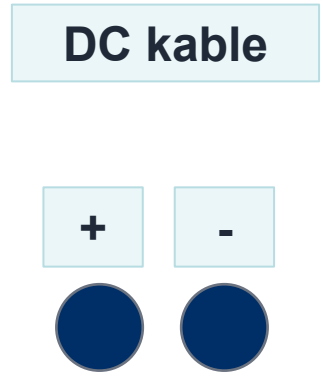
HPTE (High Performance Thermoplastic Elastomer)
Według producenta możliwość stosowanie polaryzacji napięcia w porównaniu do XLPE
Maksymalna temperatura pracy 90 C
Izolacja nadaję się do recyklingu

e



Obciążalność prądowa AC vs DC – straty





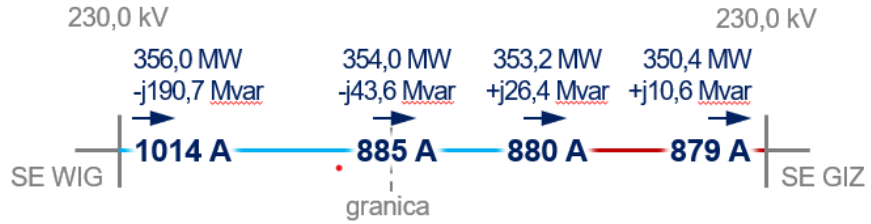
- straty na rezystancji w żyle roboczej
- straty indukowane w żyle roboczej
- straty indukowane w żyle powrotnej
- straty indukowane w pancerzu
- straty indukowane w sąsiednich kablach
- prąd czynny i bierny

- straty na rezystancji w żyle roboczej
- prąd czynny

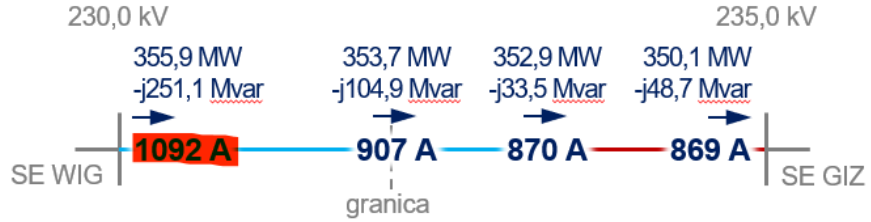
Przykład obliczeń związanych z kompensacją dla linii AC

Przepływ mocy czynnej z PL do LT

- U_{WIG} = 230 kV, U_{GIZ} = 230 kV

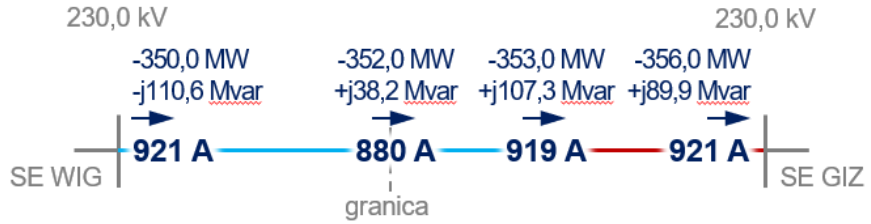


- U_{WIG} = 230 kV, U_{GIZ} = 235 kV

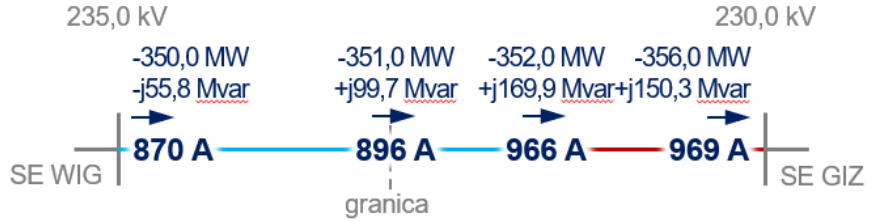


Przepływ mocy czynnej z LT do PL

- U_{WIG} = 230 kV, U_{GIZ} = 230 kV



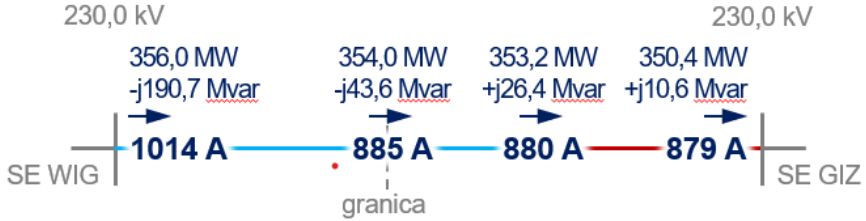
- U_{WIG} = 235 kV, U_{GIZ} = 230 kV



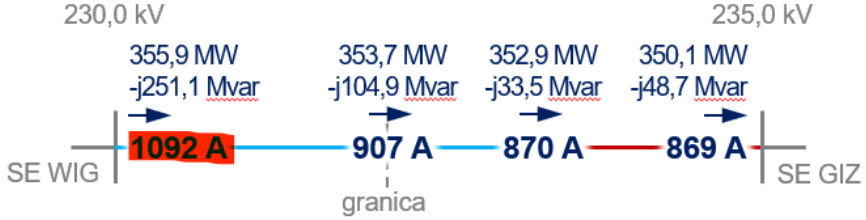
Przykład obliczeń związanych z kompensacją dla linii AC

Przepływ mocy czynnej z PL do LT

- U_{WIG} = 230 kV, U_{GIZ} = 230 kV

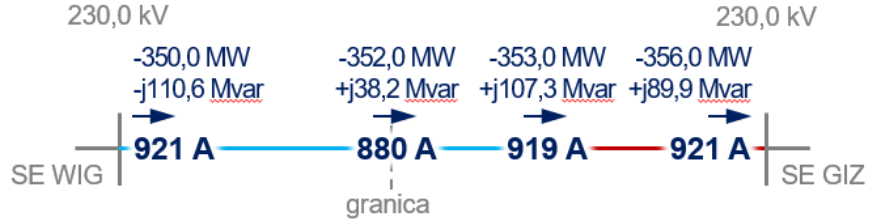


- U_{WIG} = 230 kV, U_{GIZ} = 235 kV

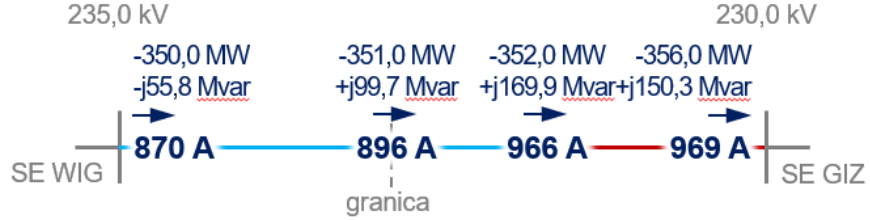


Przepływ mocy czynnej z LT do PL

- U_{WIG} = 230 kV, U_{GIZ} = 230 kV



- U_{WIG} = 235 kV, U_{GIZ} = 230 kV



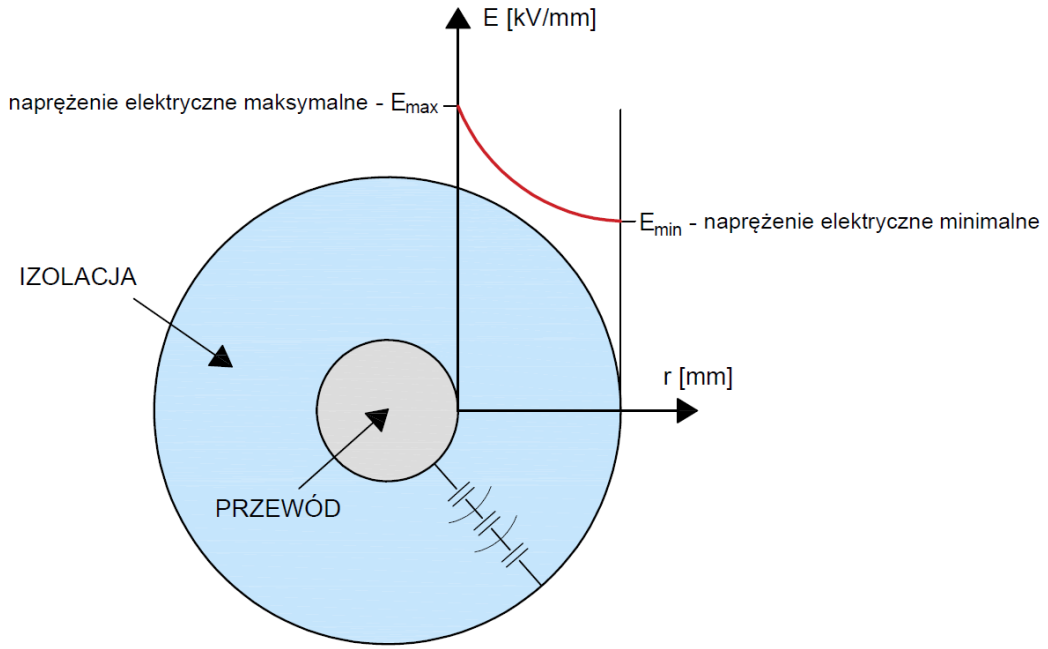
Obciążalność prądowa AC vs DC – natężenie pola elektrycznego w izolacji

- W porównaniu z kablami AC obciążalność prądowa kabli DC jest bardziej złożona:

- dopuszczalna wartość prądu jest ograniczona przez temperaturę pracy izolacji

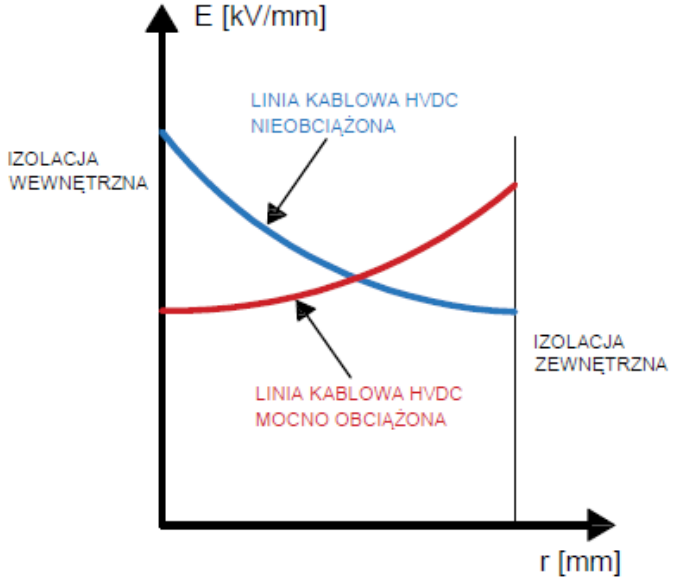
- dodatkowo bierze się pod uwagę naprężenie elektryczne wewnątrz izolacji

- W przypadku kabli prądu przemiennego naprężenie elektryczne ma charakter czysto pojemnościowy i nie jest zależne od temperatury, zależy tylko od napięcia.



Obciążalność prądowa AC vs DC – natężenie pola elektrycznego w izolacji

- W przypadku kabli prądu stałego naprężenie elektryczne zmienia się w przekroju izolacji i zależy od występujących w niej różnicy temperatury.
- Wraz ze wzrostem prądu w kablu HVDC → powstaje różnica temperatury w przekroju izolacji → powoduje to różnicę przewodnictwa → co prowadzi do inwersji pola – zjawiska, w którym szczytowe naprężenie elektryczne przesuwa się z żyły roboczej do izolacji zewnętrznej (z powodu wykładniczego spadku rezystywności izolacji wraz z temperaturą)



Obciążalność prądowa AC vs DC – natężenie pola elektrycznego w izolacji

- Podsumowując, przy doborze kabla DC weryfikuje się, które kryterium ograniczające zostanie osiągnięte szybciej:

- dopuszczalną temperaturę żyły roboczej

- dopuszczalny spadek temperatury na izolacji (powiązane z natężeniem pola elektrycznego).

Dziękuję za uwagę

Polskie Sieci Elektroenergetyczne

BĄDŹ NA BIEŻĄCO:

POD NAJWYŻSZYM NAPIĘCIEM PODCAST

ENERGETYCZNY KOMPAS

PSE Polskie Sieci Elektroenergetyczne