



**System
Elektroenergetyczny:
Bezpieczeństwo
Operacyjne i Rynkowe**

Oddziaływanie linii napowietrznych NN na kable WN wyprowadzające moc z nowych źródeł wytwórczych

HENRYK KOCOT, AGNIESZKA DZIENDZIEL

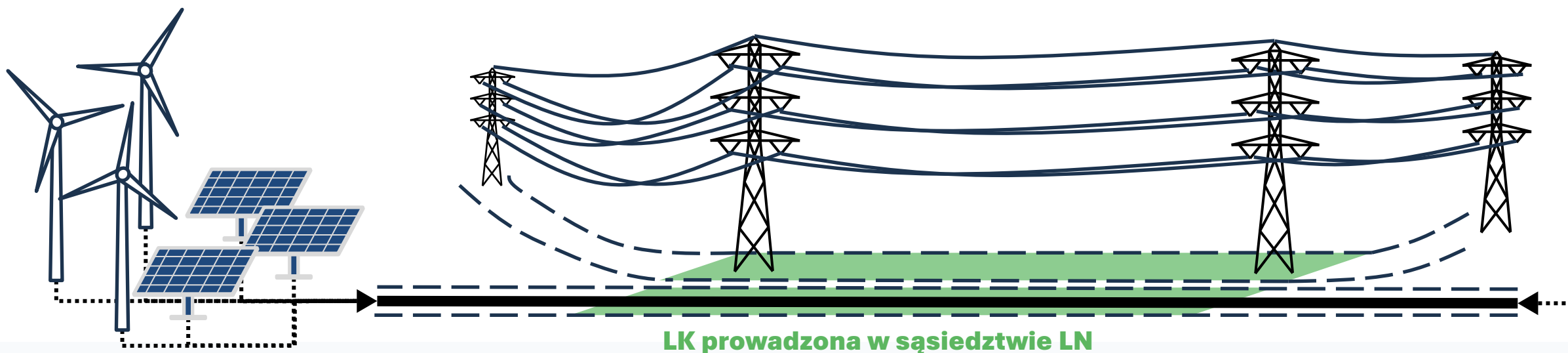
Kazimierz Dolny, 17–19 marca 2026 r.

Tło zagadnienia



PLAN ROZWOJU W ZAKRESIE ZASPOKOJENIA OBECNEGO I PRZYSZŁEGO
ZAPOTRZEBOWANIA NA ENERGIĘ ELEKTRYCZNĄ NA LATA 2025 - 2034
Liczba źródeł ubiegających się o przyłączenie do krajowej sieci przesyłowej: 95 instalacji

	PV	FW	PV + FW
liczba źródeł	52	21	1
w tym z określoną datą instalacji	10	7	1

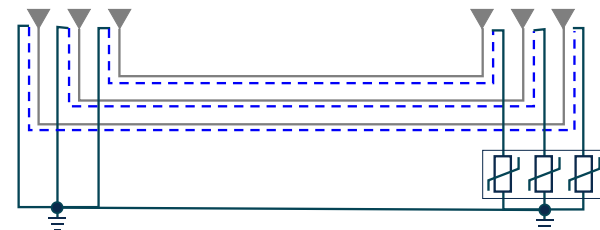


Założenia



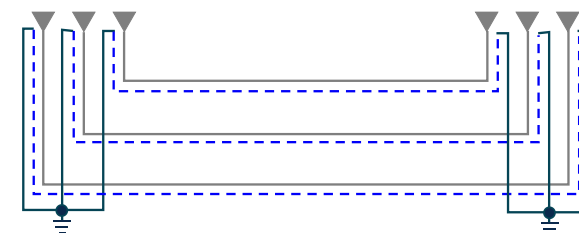
Single point bonding (SPB)

- wymaga stałe uwagi na otwartym końcu żyły powrotnej, gdzie muszą być zainstalowane ograniczniki przepięć
- zapewnia dużą obciążalność prądową



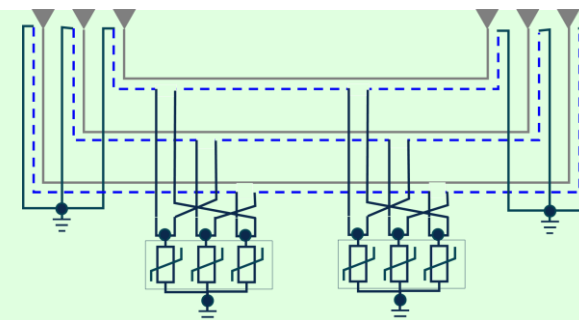
Both-ends bonding (BE)

- w żyłach powrotnych płyną stale prądy
- na żyłach powrotnych nie występuje napięcie
- niekiedy obciążalność ulega znacznemu obniżeniu



Cross-bonding screens (CB)

- na żyłach powrotnych w komorach kablowych występuje stałe napięcie, które może być szczególnie duże podczas zwarć
- zapewnia dużą obciążalność prądową

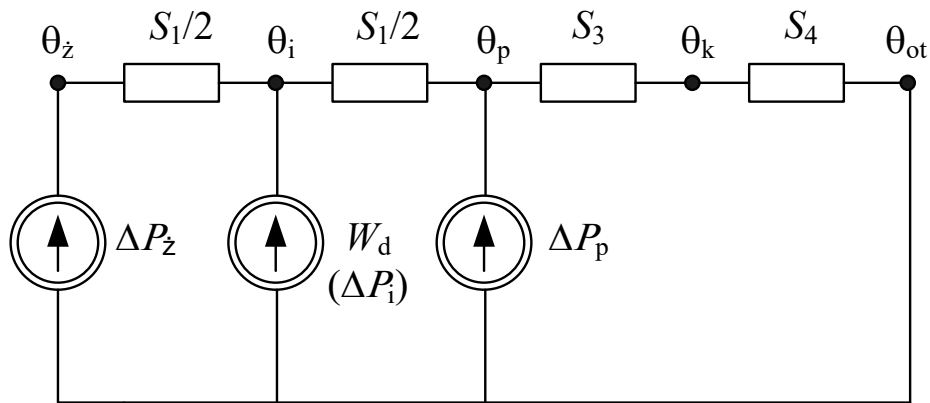


Cel analiz



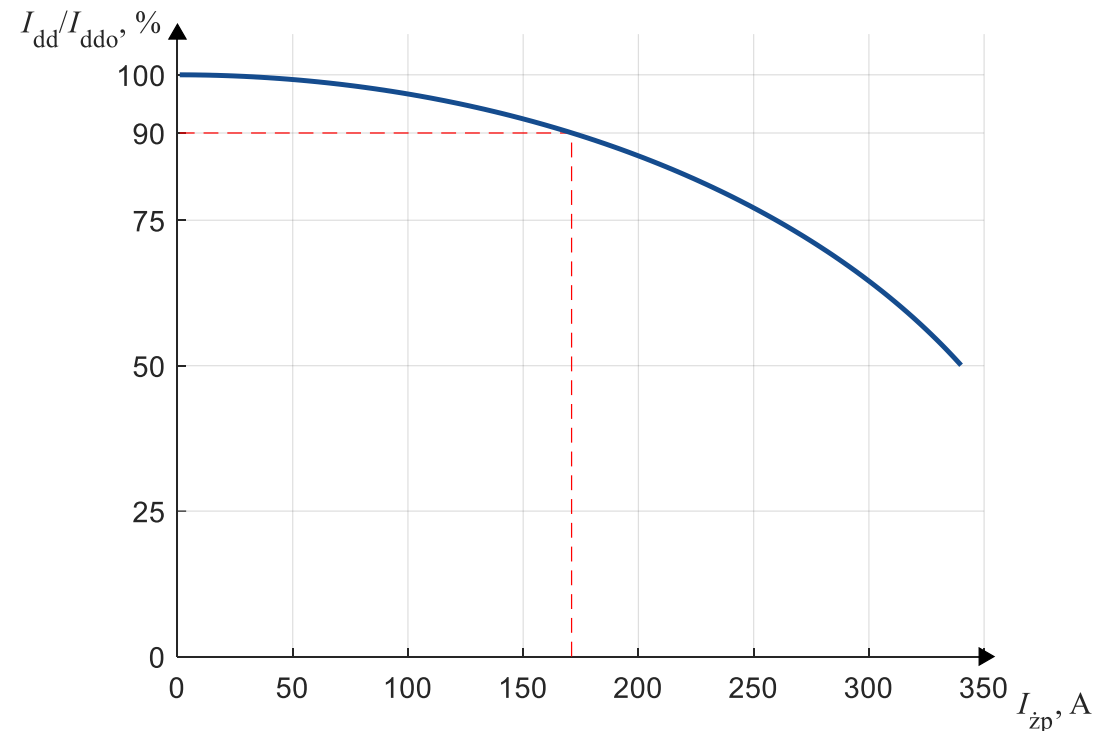
Prądy płynące w żyłach powrotnych kabli fazowych wywołują **dodatkowe straty** mocy czynnej powodujące nagrzewanie kabli i **obniżenie obciążalności**

Model cieplny kabla



$$\Delta\theta_z = (I_z^2 R_z + 0,5 \cdot W_d) S_1 + (I_z^2 R_z + I_p^2 R_p + W_d) (S_3 + S_4)$$

R_z – rezystancja żył roboczych kabla, R_p – rezystancja żył powrotnych kabla, I_z – prąd płynący w żyłach roboczych kabla, I_p – prąd płynący w żyłach powrotnych kabla

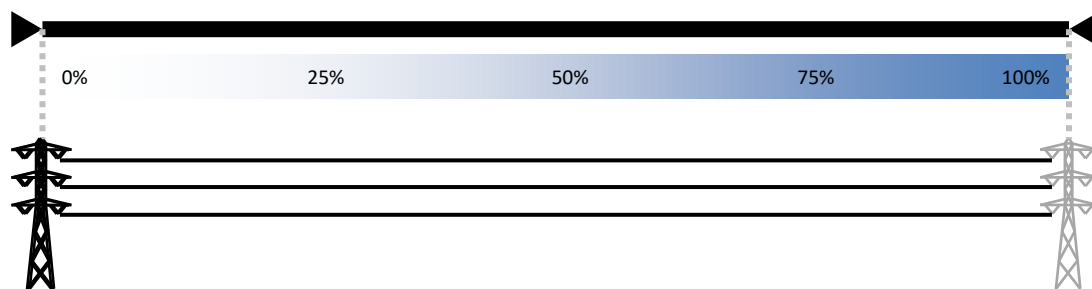


Dla kabla jednożyłowego z aluminium żyłami roboczymi typu XRUHAKXS 1x400RMC/95 64/110 (123) kV o przekroju żył roboczych 400 mm² i przekroju miedzianych żył powrotnych 95 mm²

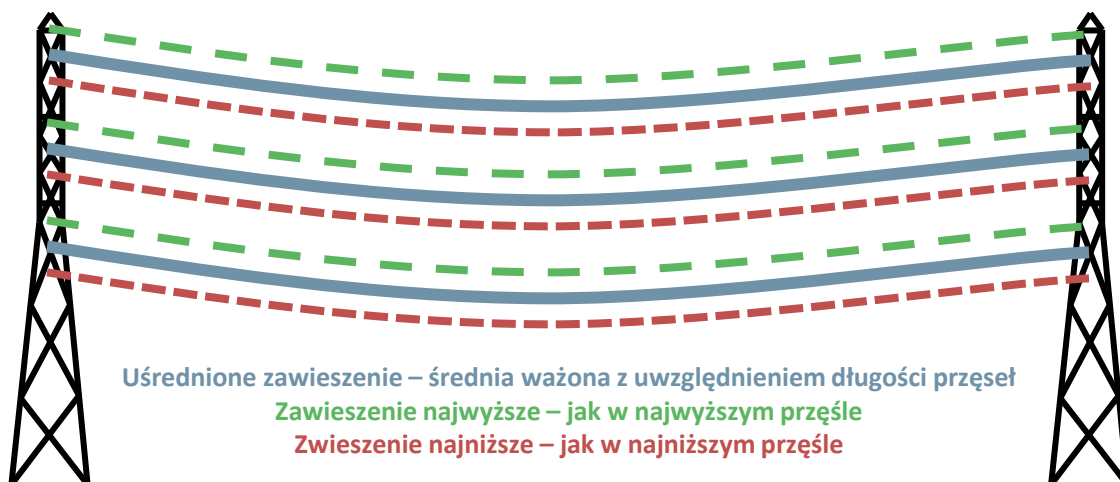
Warianty analiz



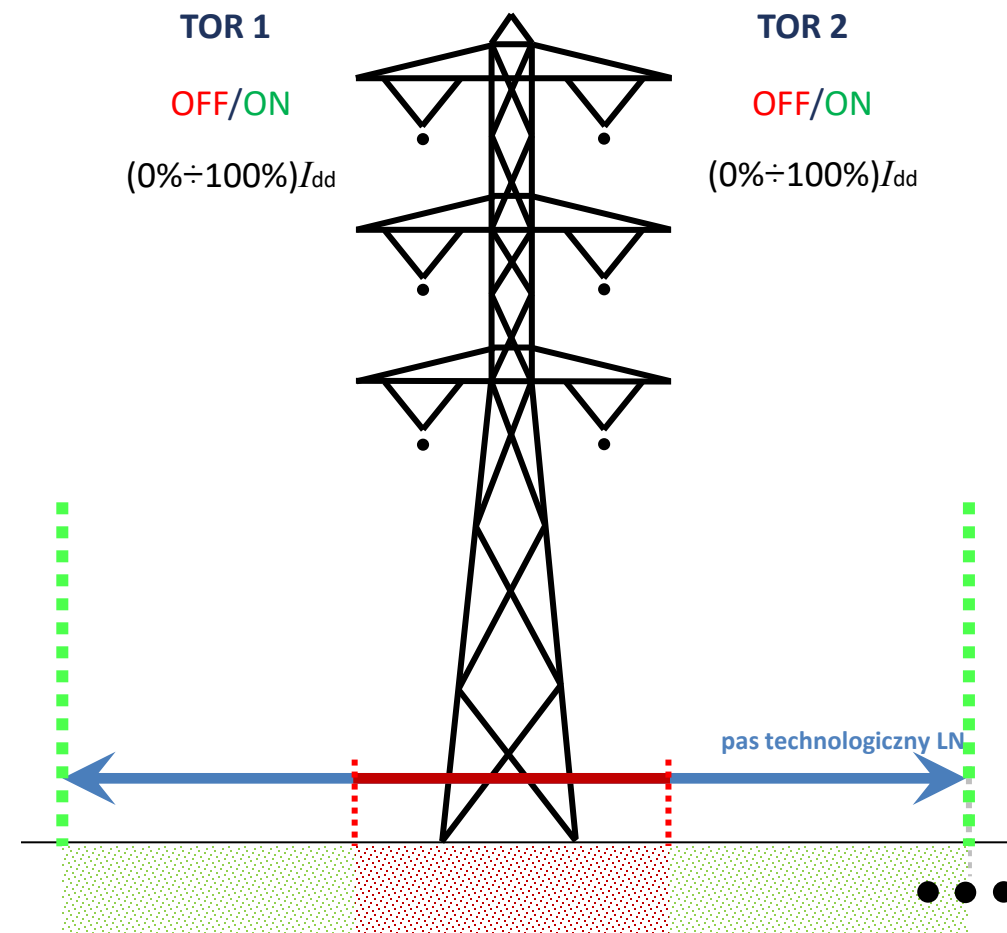
Ze względu na procent długości kabla znajdującego się w sąsiedztwie LN



Ze względu na odległość pionową przewodów LN do LK



Ze względu na obciążenie torów LN i położenie K względem nich



Model układu



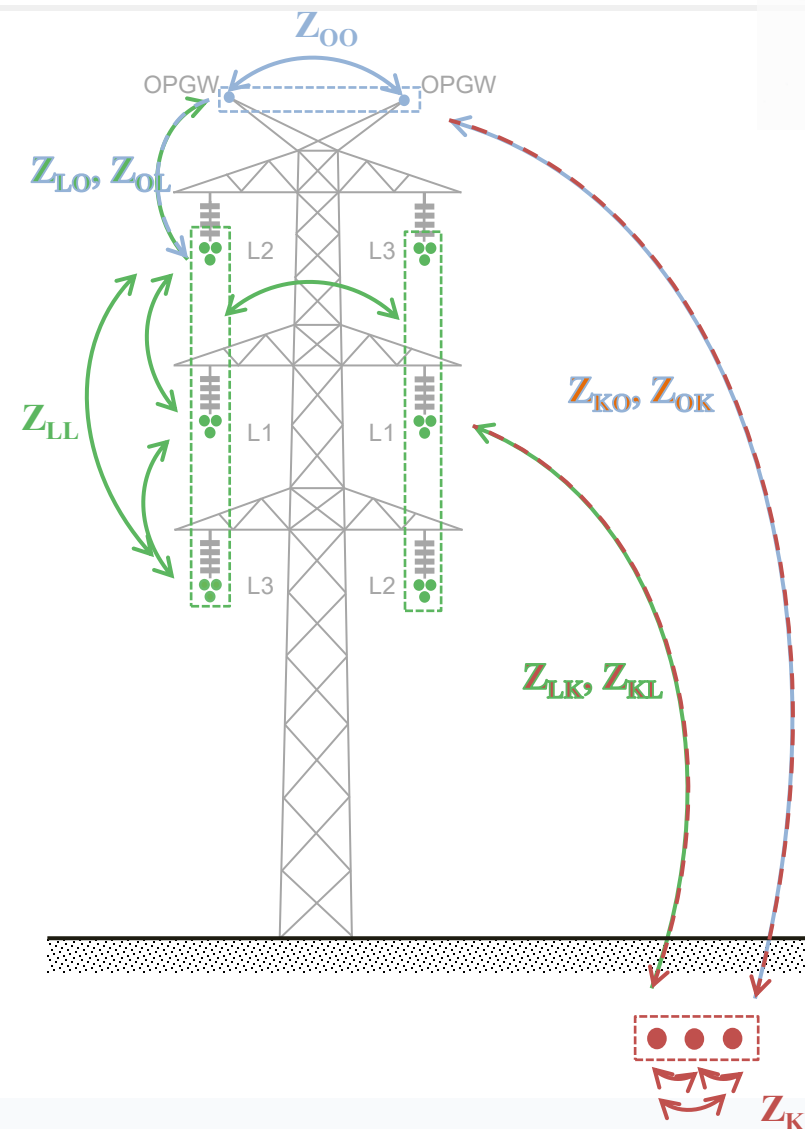
Napięcia indukowane w żyłach powrotnych kabla $\Delta U_{K(0)}$ (rzeczywiste napięcia na otwartym końcu żył powrotnych kabla w układzie SPB):

$$\Delta U_{K(0)} = (Z_{KL} - Z_{KO} \cdot Z_{OO}^{-1} \cdot Z_{OL}) \cdot I_L$$

Prądy w żyłach powrotnych kabla I_K (prądy w żyłach powrotnych w układzie CB):

$$I_K = -(Z_{KK} - Z_{KO} \cdot Z_{OO}^{-1} \cdot Z_{OK})^{-1} \cdot \Delta U_{K(0)}$$

- L** - Linia napowietrzna
- O** - Przewody odgromowe
- K** - Linia kablowa (żyły powrotne kabli)



SIECI I PRZYŁĄCZENIA: KABLE, MONITORING, CABLE POOLING

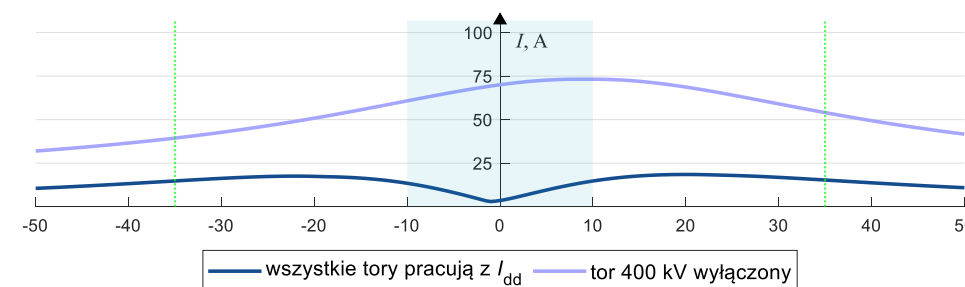
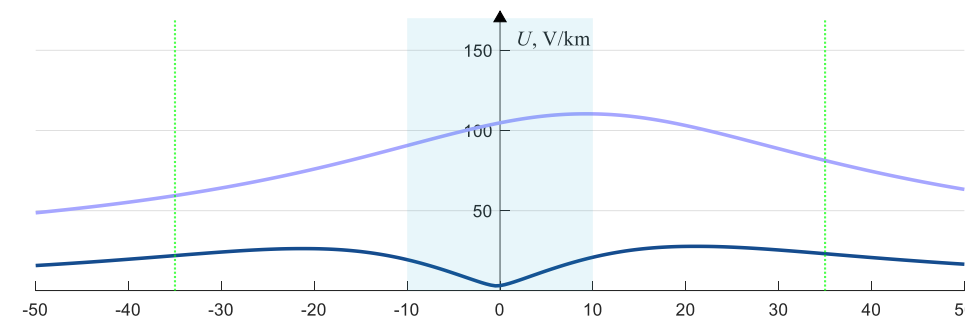
Napięcia i prądy w żyłach powrotnych LK



Wybrane warianty analiz	Obciążenie toru I	Obciążenie toru II	Zawieszenie przewodów	Długość kabla prowadzona w bezpośrednim sąsiedztwie LN
W0 (podstawowy)	$3 \times 801 = 2403 \text{ A}$	$3 \times 801 = 2403 \text{ A}$	uśrednione z uwzględnieniem długości przęseł	85%
W1	$3 \times 801 = 2403 \text{ A}$	$3 \times 801 = 2403 \text{ A}$	jak w przęśle o najniższym zawieszeniu (ok. 19 m)	85%
W2	$3 \times 801 = 2403 \text{ A}$	$3 \times 801 = 2403 \text{ A}$	jak w przęśle o najwyższym zawieszeniu (ok. 30 m)	85%
W3	$3 \times 801 = 2403 \text{ A}$	$3 \times 801 = 2403 \text{ A}$	jak w przęśle o najniższym zawieszeniu (ok. 19 m)	100%
W4 (najgorszy)	0 A	$3 \times 801 = 2403 \text{ A}$	jak w przęśle o najniższym zawieszeniu (ok. 19 m)	100%

		W0	W1	W2	W3	W4
U, V	LK1	75,34	85,22	59,93	85,22	286,14
	LK2	75,07	84,76	59,83	84,76	284,96
	LK3	74,80	84,31	59,72	84,31	283,80

		W0	W1	W2	W3	W4
I, A	LK1	15,64	17,82	12,27	18,09	59,99
	LK2	13,75	15,52	10,90	15,77	53,01
	LK3	14,79	16,54	11,86	16,81	57,34



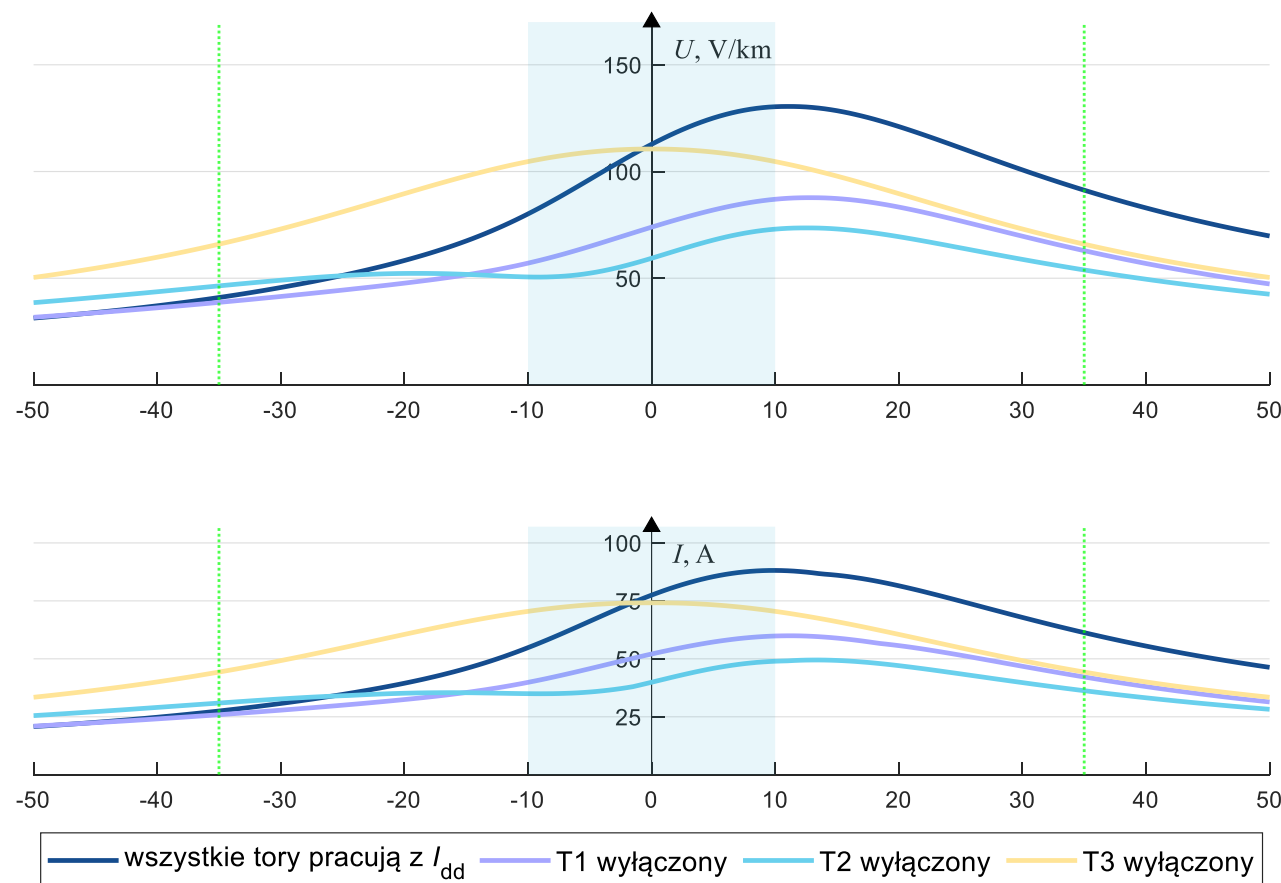
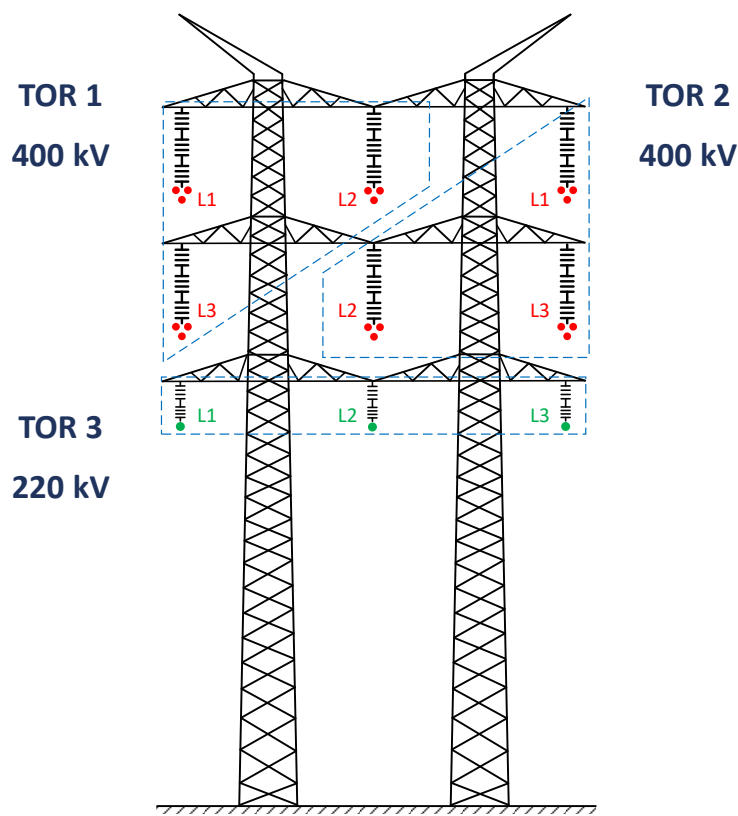
Identyfikacja najgorszego wariantu

Poszerzenie analiz o inne sylwetki linii napowietrznych NN

Napięcia i prądy w żyłach powrotnych LK



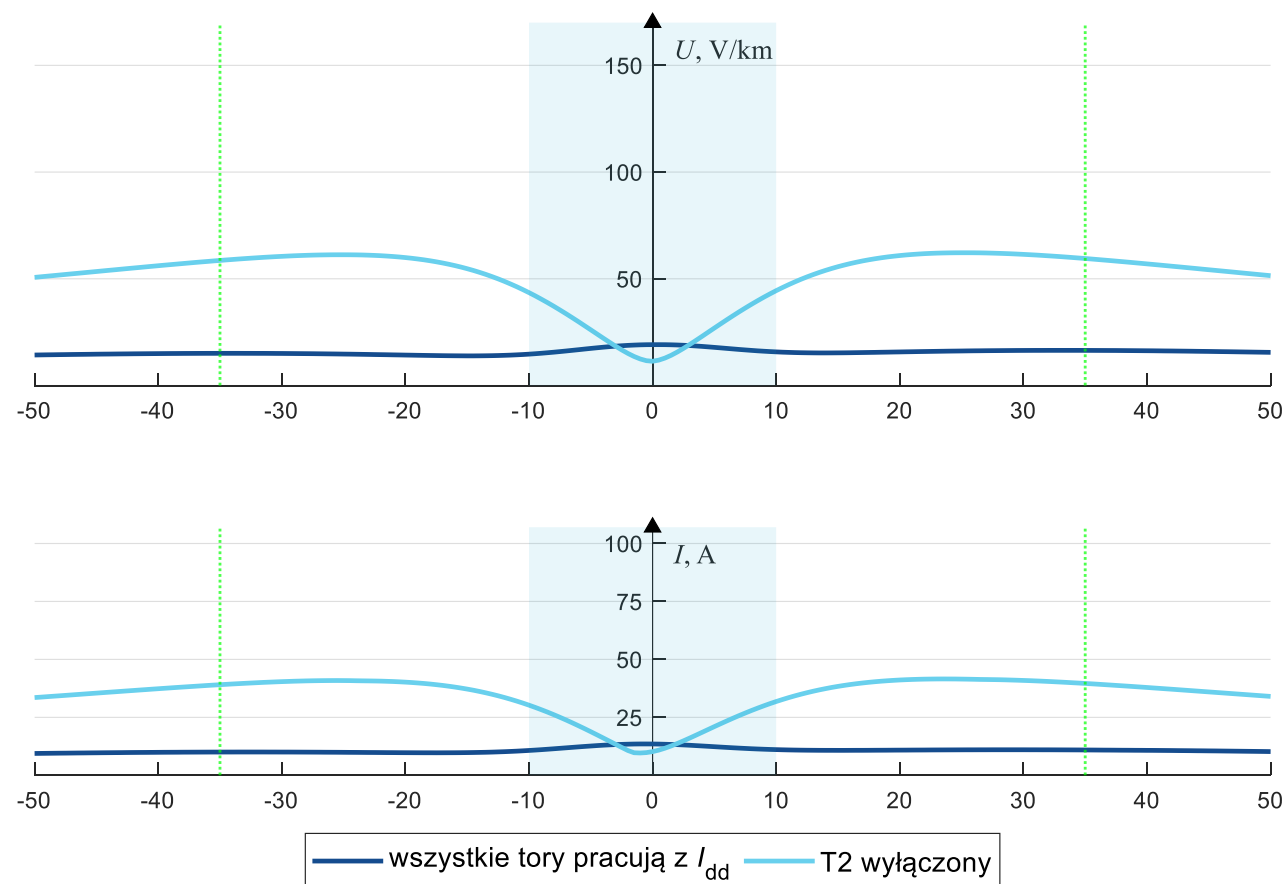
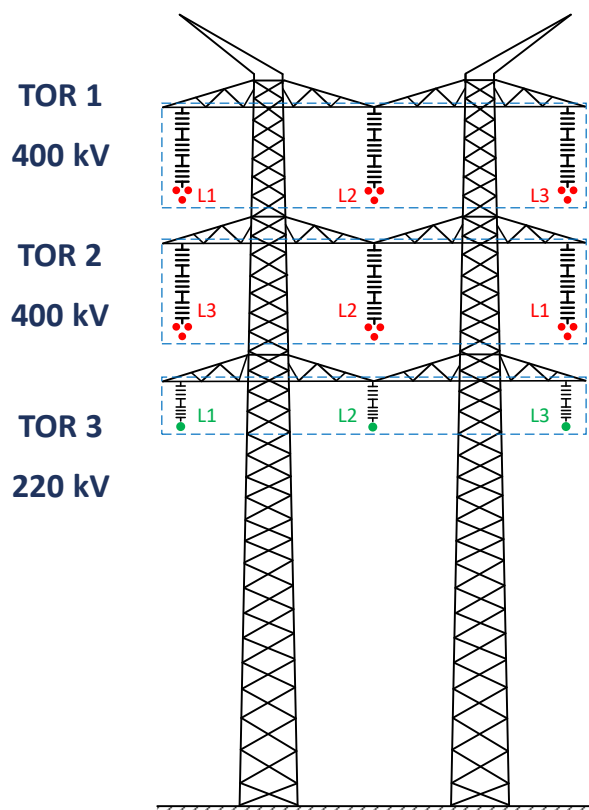
SYLWETKA 1: Linia trójtorowa dwunapięciowa: 2×400 kV w układzie trójkątnym i 220 kV w układzie poziomym



Napięcia i prądy w żyłach powrotnych LK



SYLWETKA 2: Linia trójtorowa dwunapięciowa: 2×400 kV i 220 kV w układzie poziomym

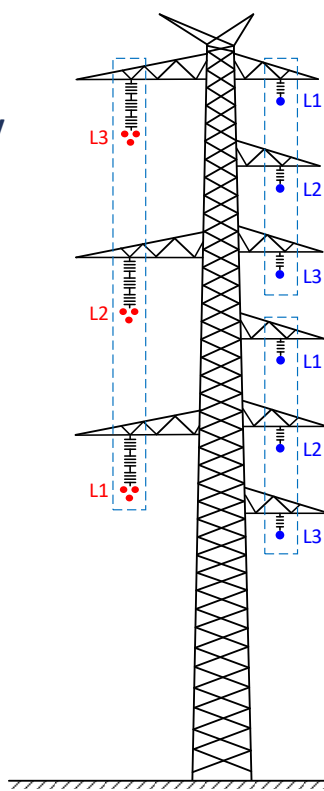


Napięcia i prądy w żyłach powrotnych LK



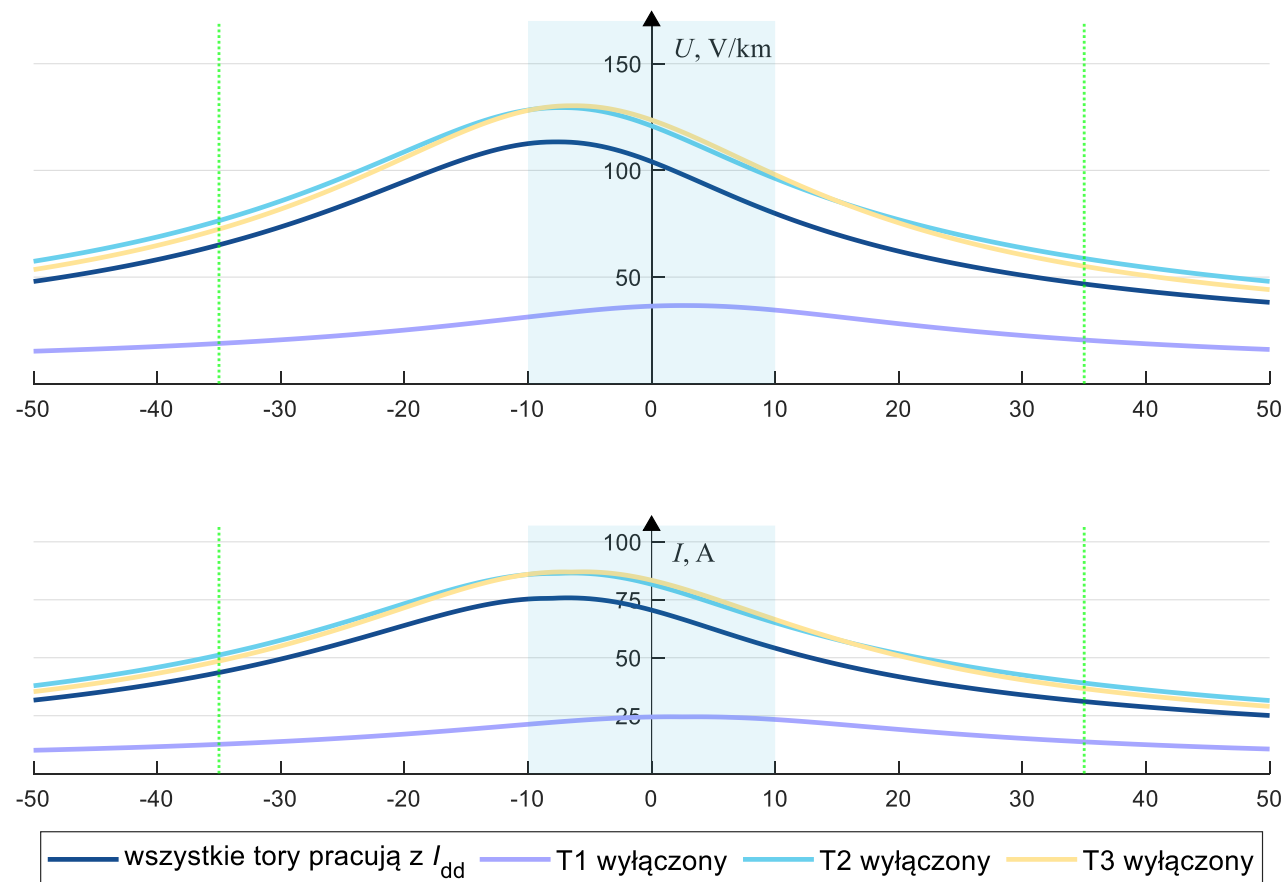
SYLWETKA 3: Linia trójtorowa dwunapięciowa: 400 kV i 2×110 kV w układzie pionowym

TOR 1
400 kV



TOR 2
110 kV

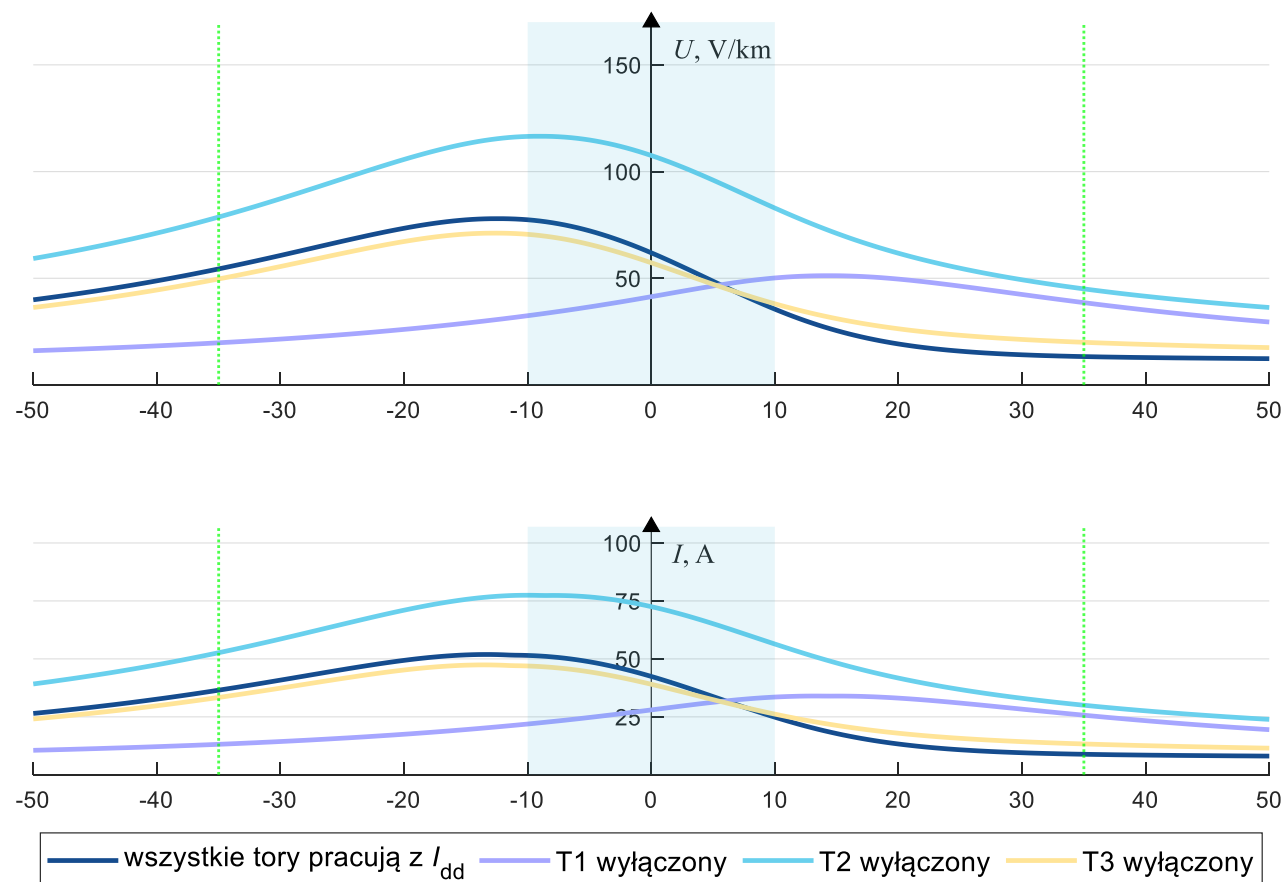
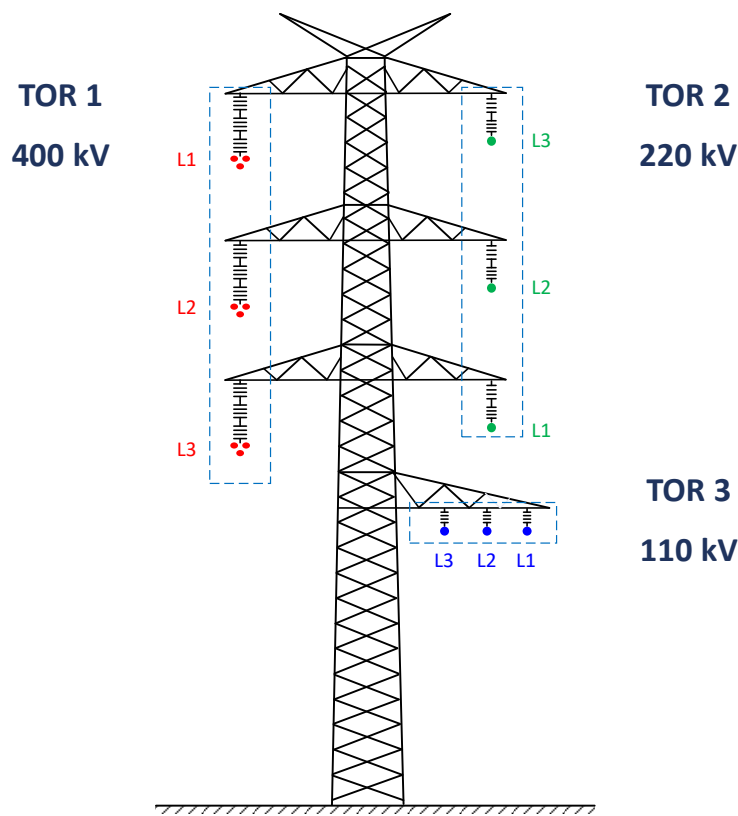
TOR 3
110 kV



Napięcia i prądy w żyłach powrotnych LK



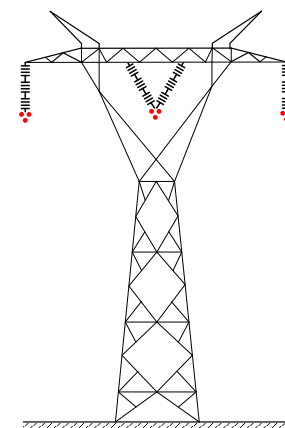
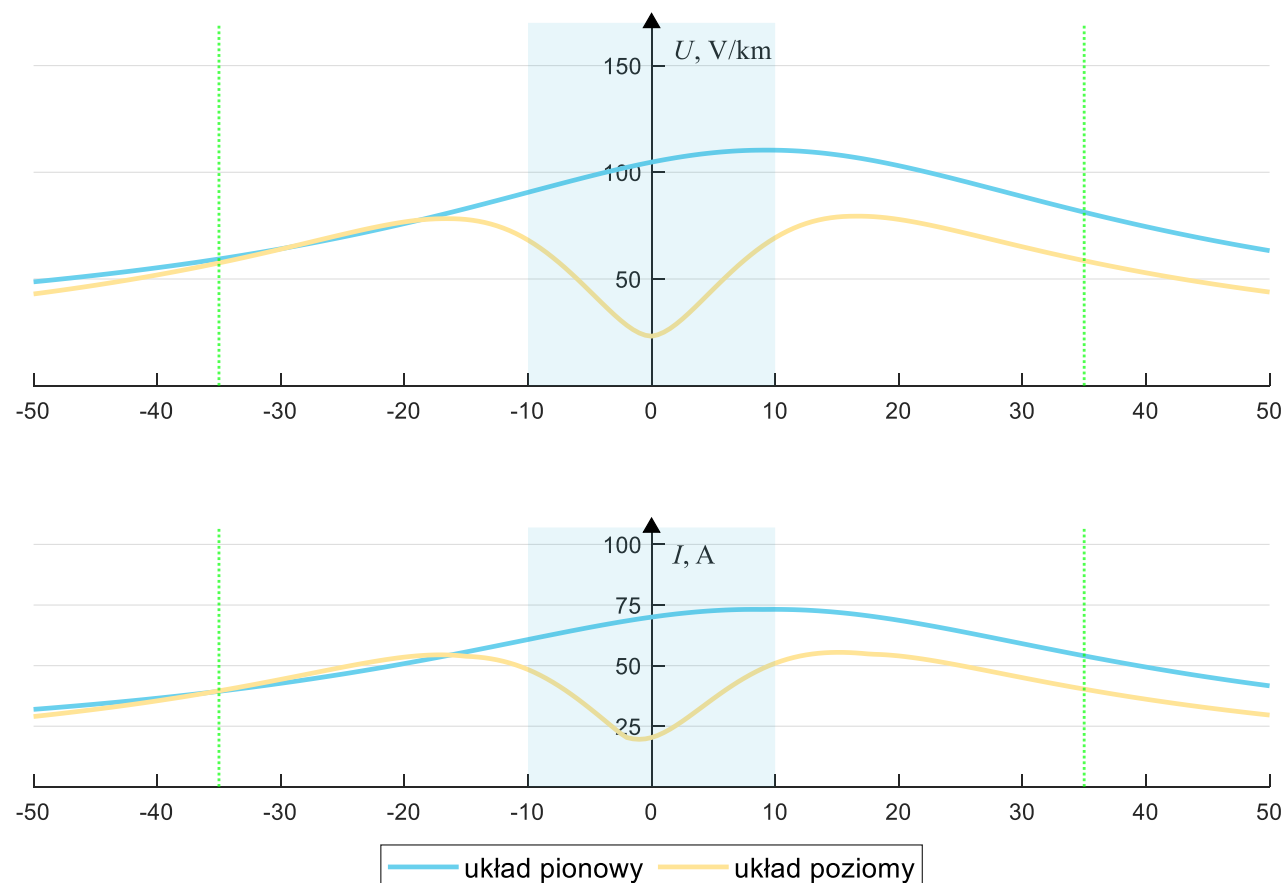
SYLWETKA 4: Linia trójtorowa trójnapięciowa: 400 kV i 220 kV w układzie pionowym i 110 kV w układzie poziomym



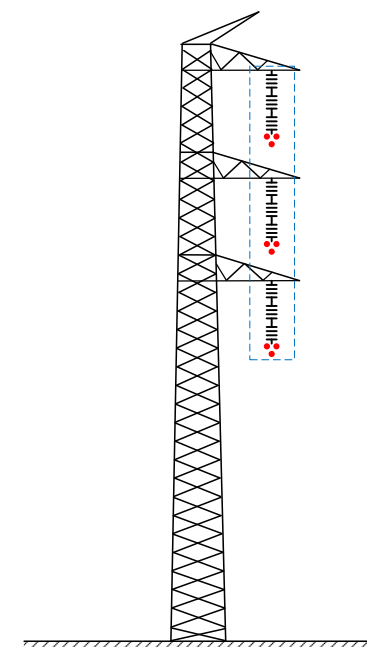
Napięcia i prądy w żyłach powrotnych LK



ANALIZA DODATKOWA: Wpływ prowadzenia toru prądowego LN na napięcia i prądy indukowane w żyłach powrotnych LK



UKŁAD POZIOMY

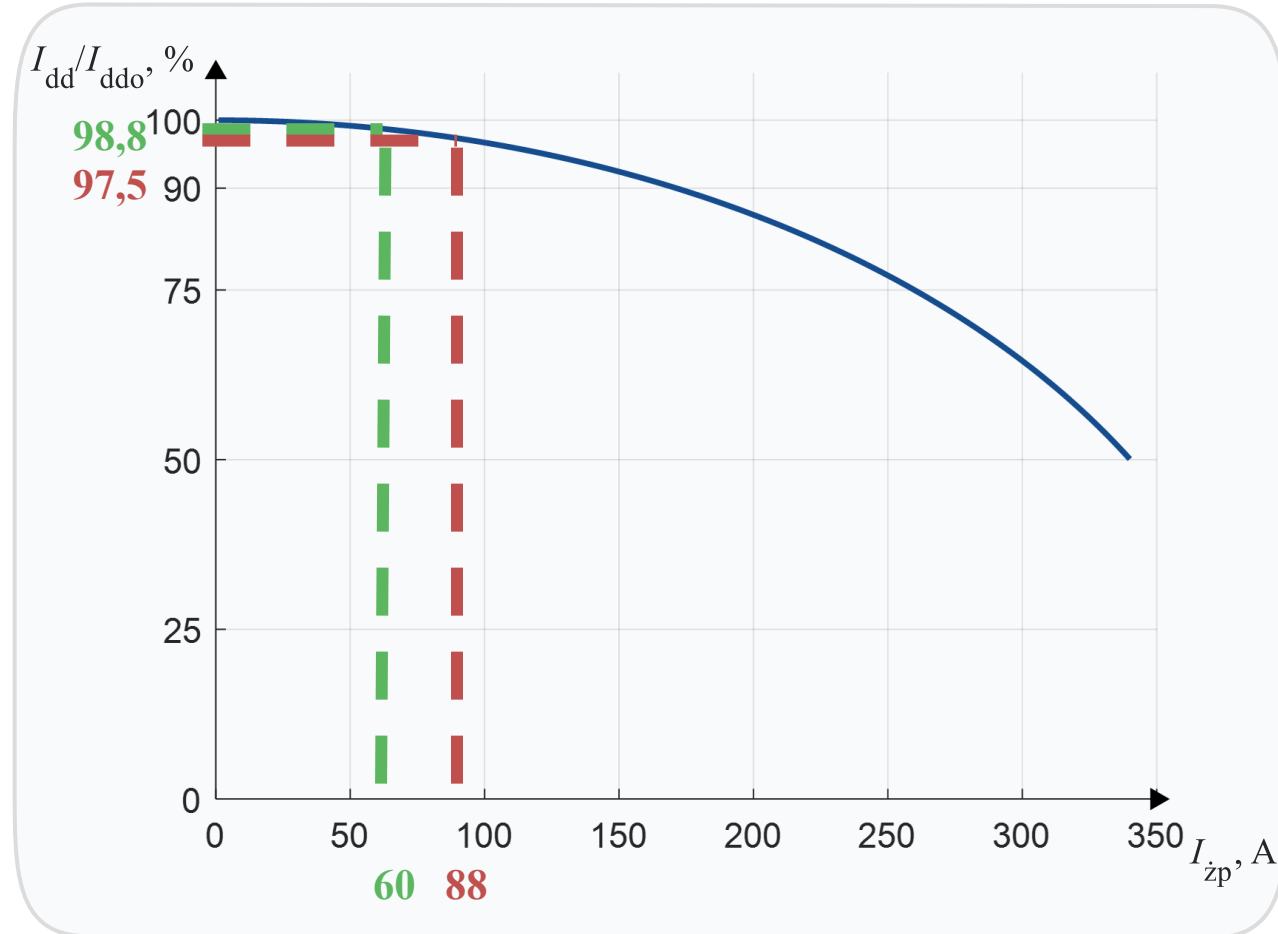


UKŁAD PIONOWY

Podsumowanie



- Popularyzacja rozwiązania w postaci prowadzenia LK w pasie technologicznym LN WN i NN
- Zauważalny procentowy spadek obciążalności kabla w funkcji prądu indukowanego w żyłę powrotnej kabla*
- Przyczyną pojawienia się napięć na żyłach powrotnych kabla mogą być:
 - niesymetrie prądów fazowych w LN
 - niesymetrie impedancji wzajemnych pomiędzy poszczególnymi przewodami LN i kablami (niesymetria geometryczna LN)
- W wyniku oddziaływania LN NN na LK na elementach przewodzących kabla mogą pojawić się niebezpieczne napięcia dotykowe
- Wpływ LN na obciążalność długotrwałą LK jest praktycznie do pominięcia*





Dziękujemy za uwagę

Dr hab. inż. Henryk Kocot, prof. PŚ

Politechnika Śląska

- Henryk.Kocot@polsl.pl

Dr inż. Agnieszka Dziendziel

Politechnika Śląska, PSE Innowacje sp. z o.o.

- Agnieszka.Dziendziel@polsl.pl
- agnieszka.dziendziel@pse.pl