
Przesyłowe linie elektroenergetyczne 220 kV i 400 kV

Bronisławów | 12-14 czerwca 2024 r.

www.pse.pl

Kim jesteśmy

Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A. (PSE)

są spółką należącą do Skarbu Państwa, o szczególnym znaczeniu dla polskiej gospodarki. Zakres jej odpowiedzialności określony jest w ustawie *Prawo energetyczne*.

⇒ PSE pełnią rolę:

- **Operatora Systemu Przesyłowego (OSP)** na terenie RP, odpowiedzialnego za realizację zadań określonych w regulacjach krajowych i UE.
- **Właściciela infrastruktury przesyłowej** na obszarze RP.
- **Członka Europejskiego Stowarzyszenia Operatorów Systemów Przesyłowych** - ENTSO-E oraz regionalnej inicjatywy TSO Security Cooperation (TSC)
- **Operatora Informacji Rynku Energii (OIRE)** odpowiedzialnego za zarządzanie i administrowanie centralnym systemem informacji rynku energii oraz przetwarzanie zgromadzonych w nim informacji na potrzeby realizacji procesów rynku energii elektrycznej.

PSE funkcjonują w trzech europejskich regionach wyznaczania zdolności przesyłowych (CCR): Core, Baltic, Hansa.



Jak działamy

➔ Przedmiot działalności:

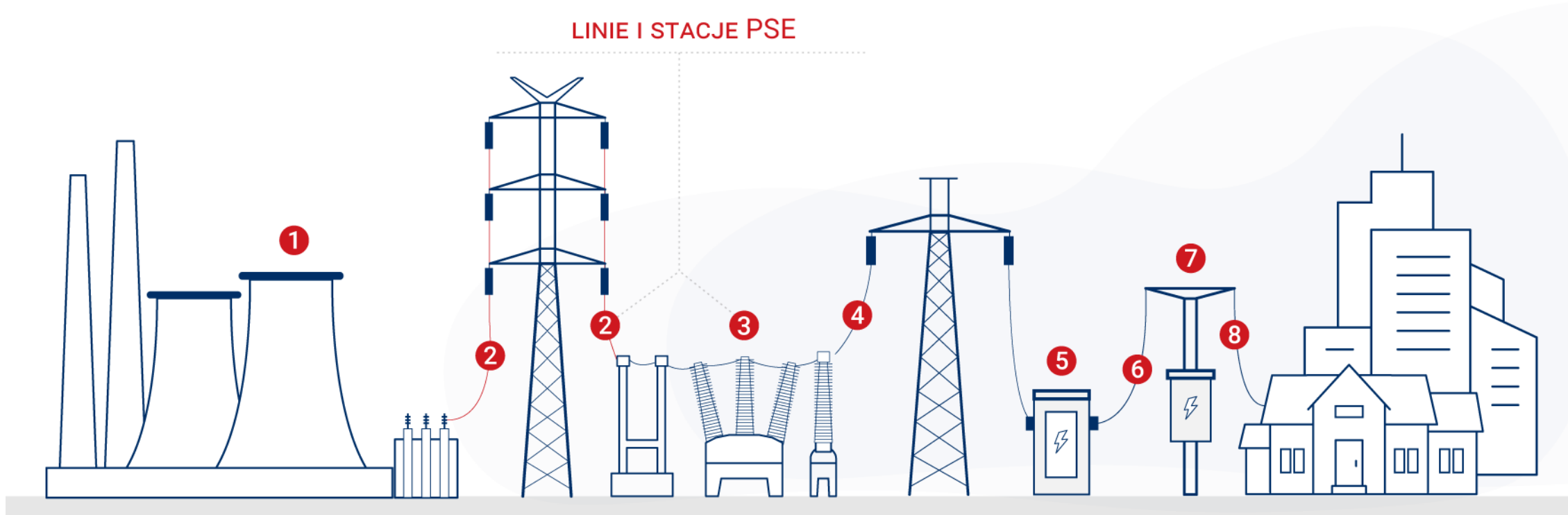
PSE świadczą usługi **przesyłania energii elektrycznej** przy zachowaniu wymaganych kryteriów bezpieczeństwa pracy **Krajowego Systemu Elektroenergetycznego (KSE)**.

➔ Zadania spółki:

- **zapewnienie bezpiecznej i ekonomicznej pracy** krajowego systemu elektroenergetycznego, jako części wspólnego, europejskiego systemu elektroenergetycznego, z uwzględnieniem wymogów pracy synchronicznej i połączeń niesynchronicznych
- **zapewnienie niezbędnego rozwoju** krajowej sieci przesyłowej oraz połączeń transgranicznych
- **udostępnianie na zasadach rynkowych zdolności przesyłowych** do realizacji wymiany transgranicznej
- **zapewnienie infrastruktury technicznej** niezbędnej dla działania rynku energii elektrycznej i jego rozwoju.



Standardowa droga energii elektrycznej od wytwórcy do odbiorcy



1 elektrownia i stacja SN/NN

2 linie przesyłowe PSE NN

3 stacja transformatorowa PSE NN/WN

4 linia WN

5 stacja transformatorowa WN/SN

6 linia rozdzielcza SN

7 słupowa stacja transformatorowa SN/nN

8 linia nN

LINIE ELEKTROENERGETYCZNE W POLSCE:

NN – najwyższych napięć (220, 400, 750 kV)

WN – wysokich napięć (110 kV)

SN – średnich napięć (10, 15, 20, 30 kV)

nN – niskich napięć (400/230 V)

Infrastruktura przesyłowa

KDM



Krajowa Dyspozycja
Mocy – punkt
podstawowy i rezerwowy.

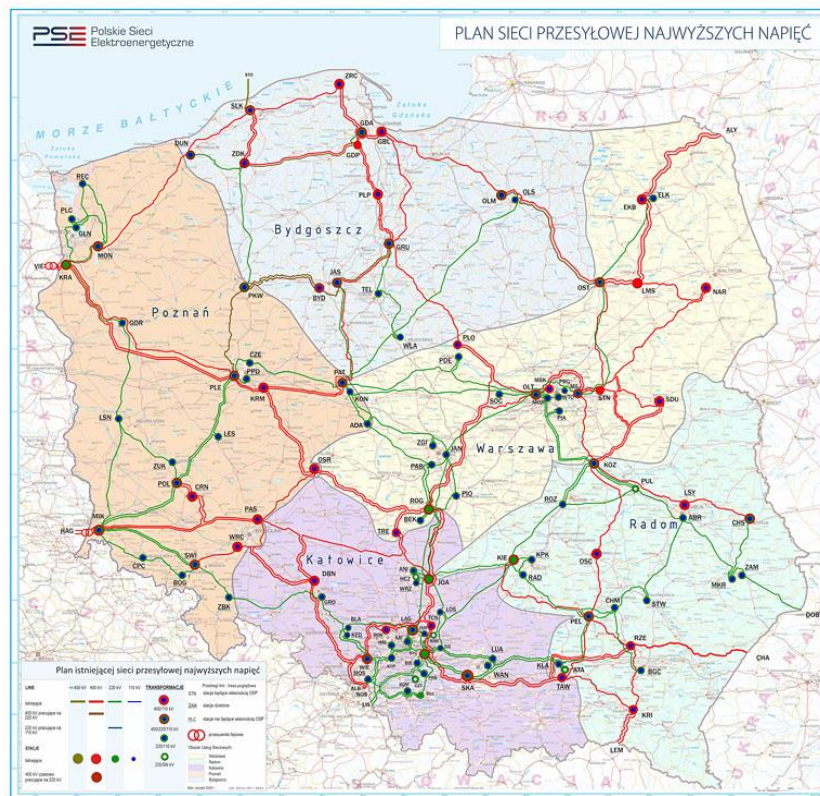


5 Jednostek obszarowych
zajmujących się utrzymaniem
oraz kierowaniem ruchem
sieci linii NN.



110

stacji najwyższych
napięć (NN).



Połączenia synchroniczne



400 kV z systemem niemieckim,
400 kV i 220 kV z systemem czeskim,
400 kV z systemem słowackim,
400 kV z systemem ukraińskim.



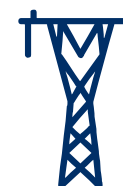
Właściciel 303 linii w eksploatacji
o łącznej długości **15 964 km**,
w tym:

131 linii 400 kV, 8562 km
171 linii 220 kV, 7288 km
1 linia 750 kV, 114 km (pracująca na
napięciu 400 kV).

Podmorskie połączenie



450 kV DC (prąd stały)
Polska - Szwecja
– o całkowitej długości
254 km (z czego 127 km
należy do PSE).



Połączenie z Litwą

400 kV, asynchroniczne
z wykorzystaniem wstawki
prądu stałego B2B.

Inwestycje realizowane i zaplanowane do 2037 r.



252

sieciowe zadania inwestycyjne



64 mld zł

bieżąca wartość nakładów inwestycyjnych



5 430 km

przyrost długości torów linii 400 kV



27

nowych stacji elektroenergetycznych



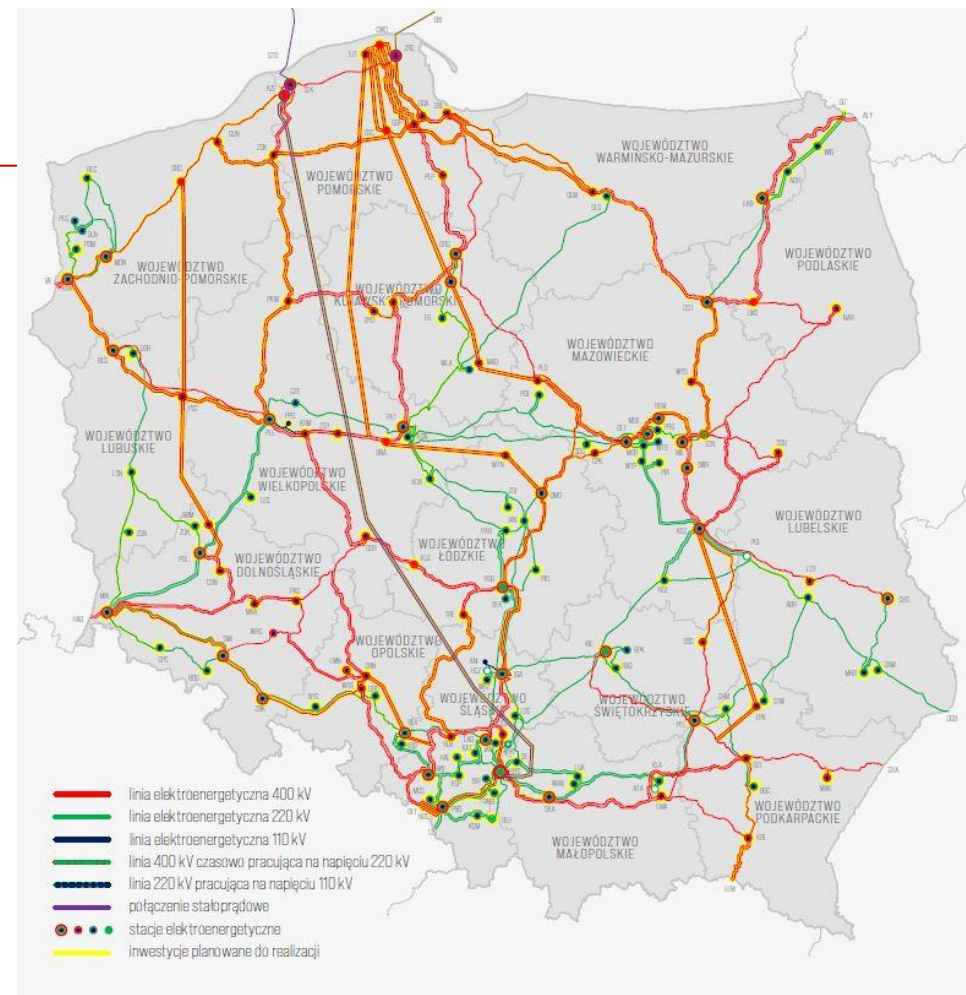
1615 km

przyrost długości HVDC

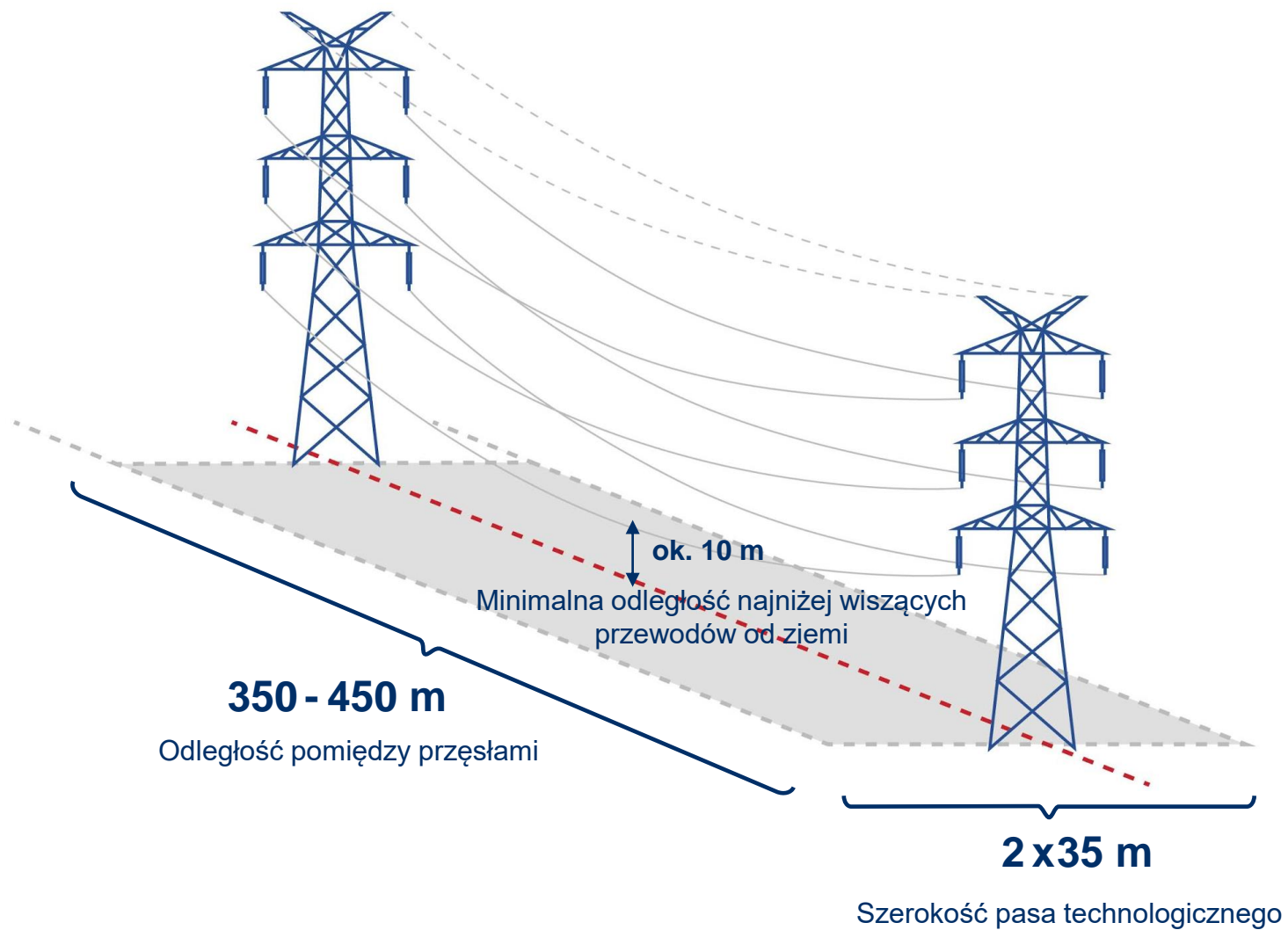


110

zmodernizowanych stacji elektroenergetycznych



Ilustracja sylwetki linii 400 kV



Podstawowe parametry istniejących linii 220 kV

Lp.	Parametr	Wartość
1.	Napięcie znamionowe sieci	220 kV
2.	Najwyższe napięcie robocze	245 kV
3.	Liczba torów	1 lub 2
4.	Szacowana długość planowanej linii	Od kilku km do 150 km
5.	Przewody fazowe	W zależności od konfiguracji: stalowo – aluminiowe typu AFL-4 350 mm ² , AFL-8 350 mm ² , AFL-8 400 mm ² , AFL-8 525 mm ² , ACSS do 210 °C
6.	Przewody odgromowe	W zależności od konfiguracji: typ AFL i/lub OPGW
7.	Strefa zabrudzeniowa	II i III
8.	Słupy	Jednotorowe, dwutorowe, kratowe, projektowane dla strefy obciążenia wiatrem i oblodzeniem
9.	Maksymalna rozpiętość standardowego przęsła wiatrowego	450 m (dla słupów nadleśnych 400 m)
10.	Zakładana przepustowość prądowa toru linii dla warunków zimowych (0°C)	1290 A
12.	Zakładana przepustowość prądowa toru linii dla warunków letnich (30°C)	840 A

Podstawowe parametry istniejących i projektowanych linii 400 kV

Lp.	Parametr	Wartość
1.	Napięcie znamionowe sieci	400 kV
2.	Najwyższe napięcie robocze	420 kV
3.	Liczba torów	1 lub 2
4.	Szacowana długość planowanej linii	Od kilku km do 200 km
5.	Przewody fazowe	<p><u>Istniejące:</u> W zależności od konfiguracji: stalowo – aluminiowe typu AFL 8 525 mm 2, AFL 8 350 mm 2, 408-AL1F/34-UHST w układzie wiązki dwuprzewodowej lub trójprzewodowej (trójkąta równobocznego)</p> <p><u>Projektowane:</u> Stalowo – aluminiowe typu 468/24-A1F/UHST-261 w układzie wiązki trójprzewodowej (trójkąta równobocznego).</p>
6.	Przewody odgromowe	<p><u>Istniejące:</u> W zależności od konfiguracji: AFL i/lub OPGW</p> <p><u>Projektowane:</u> OPGW</p>
7.	Strefa zabrudzeniowa	II i III
8.	Słupy	Jednotorowe, dwutorowe, kratowe lub rurowe, projektowane dla strefy obciążenia wiatrem i oblodzeniem
9.	Szerokość standardowego pasa technologicznego linii, rozumianego jako obszar ograniczeń oraz uwarunkowań jego zabudowy i zagospodarowania	W zależności od układu przewodów na słupach: 70 m (po 35 m od osi linii), 80 m (po 40 m od osi linii)
10.	Maksymalna rozpiętość standardowego przęsła wiatrowego	450 m (dla słupów nadleśnych 400 m)
11.	Zakładana przepustowość prądowa toru linii dla warunków zimowych (0°C)	<p><u>Istniejące:</u> 2580 A - 3 200 A</p> <p><u>Projektowane:</u> 3540 A</p>
12.	Zakładana przepustowość prądowa toru linii dla warunków letnich (30°C)	<p><u>Istniejące:</u> 1900 A - 2 640 A</p> <p><u>Projektowane:</u> 2820A</p>

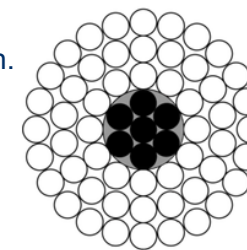
Podstawowe parametry przewodów linii NN

Przewody elektroenergetyczne dla linii napowietrznych 400 i 220 kV stalowo-aluminiowe są skręcane współosiowo z drutów okrągłych.

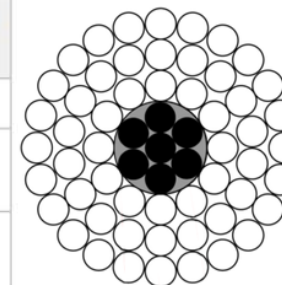
Materiał przewodzący stanowią druty typu AL1. Druty aluminiowe, okrągłe, skręcane znajdują się na stalowym rdzeniu wykonanym z drutów okrągłych ocynkowanych typu ST1. Druty stalowe są ocynkowane i pokryte smarem antykorozyjnym.

Typy przewodów: ACSR 357-AL1/46-ST1A (odp. AFL-8 350 mm²) oraz ACSR 520-AL1/67-ST1A (odp. AFL-8 525 mm²)

–	Liczba drutów stal/aluminium	Średnica rdzenia stalowego	Średnica przewodu	Przekrój rdzenia stalowego	Przekrój całego przewodu	RTS	Rezystancja w temp. 200C	Masa przewodu ze smarem
–	[szt.]	[mm]	[mm]	[mm ²]	[mm ²]	[kN]	[Ω]	[kg/km]
AFL-8 350 mm² ACSR 357-AL1/46-ST1A	1+6/12+18+24	8.70	26.10	46.24	402.92	113.35	0.0821	1361.2
AFL-8 525 mm² ACSR 520-AL1/67-ST1A	1+6/12+18+24	10.50	31.50	67.35	586.89	159.88	0.0564	1466.2



AFL-8 350

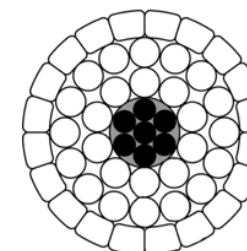


AFL-8 525

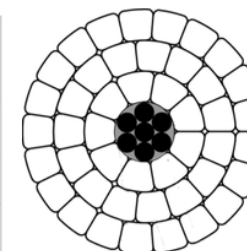
Materiał przewodzący stanowią druty aluminiowe typu AL1 ciągnięte na zimno. Druty segmentowe skręcane są na stalowym rdzeniu wykonanym z materiału UHST tj. ultra wytrzymałych okrągłych drutów stalowych. Druty stalowe są ocynkowane i pokryte smarem antykorozyjnym.

Typy przewodów: ACSR 408-AL1F/34-UHST oraz ACSR 468/24-A1F/UHST-261

–	Liczba drutów stal/aluminium	Średnica rdzenia stalowego	Średnica przewodu	Przekrój rdzenia stalowego	Przekrój całego przewodu	RTS	Rezystancja w temp. 200C	Masa przewodu ze smarem
–	[szt.]	[mm]	[mm]	[mm ²]	[mm ²]	[kN]	[Ω]	[kg/km]
ACSR 408-AL1F/34-UHST	1+6/20+24	7.47	26.10	34.07	442.60	119.20	0.0709	1404
ACSR 468/24-A1F/UHST-261	1+6/9+15+21	6.30	26.10	24.25	492.53	113.20	0.0619	1491



ACSR 408-AL1F/34-UHST



ACSR 468/24-AL1F/UHST-261

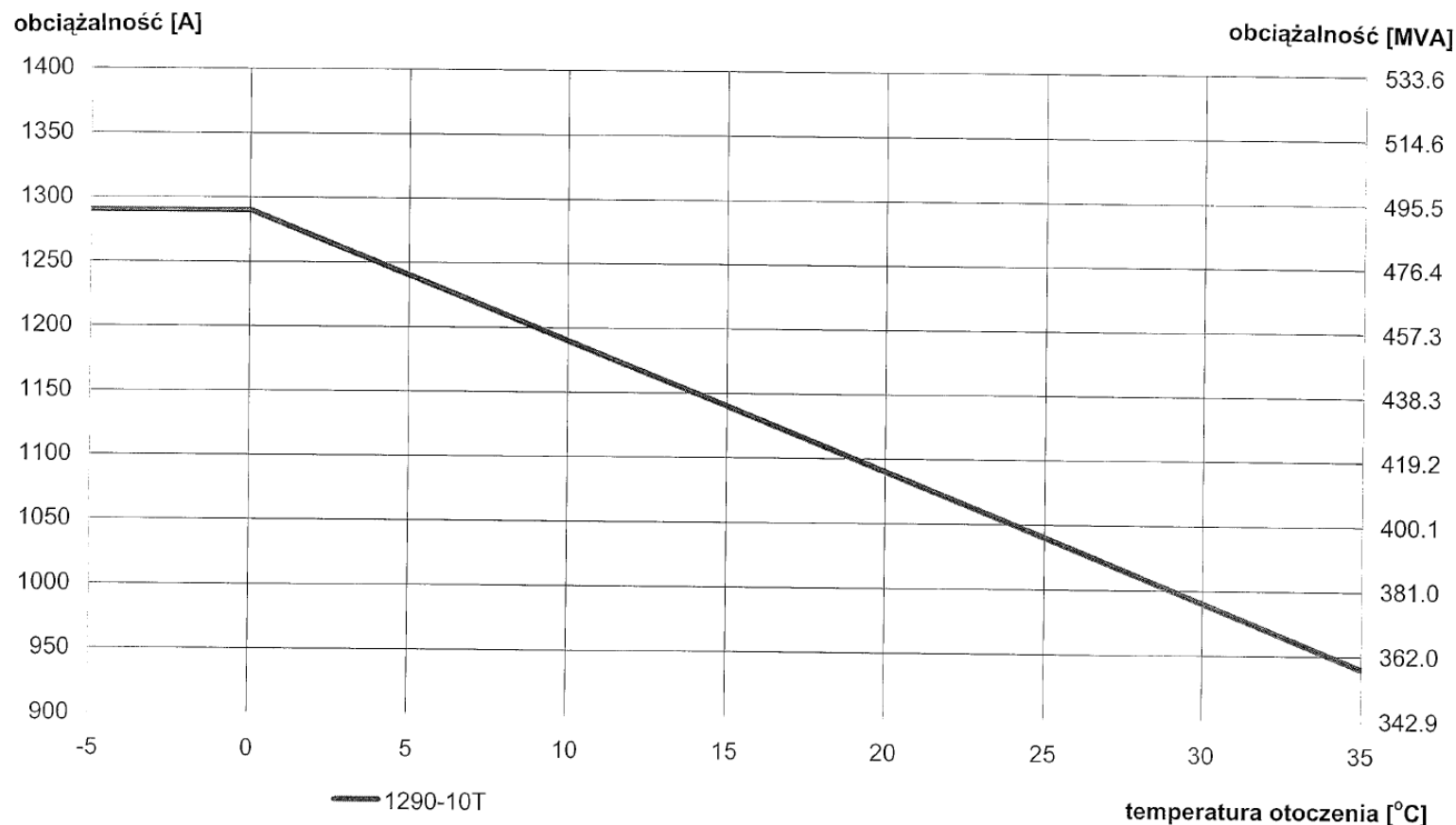
Rzeczywiste prądy fazowe linii 220 kV i 400 kV

Dopuszczalna obciążalność długotrwała linii elektroenergetycznych wynika z parametrów technicznych przewodów fazowych oraz rozwiązań konstrukcyjnych. Dodatkowy wpływ mają warunki atmosferycznych (temperatura otoczenia, parcie wiatru, poziom nasłonecznienia).

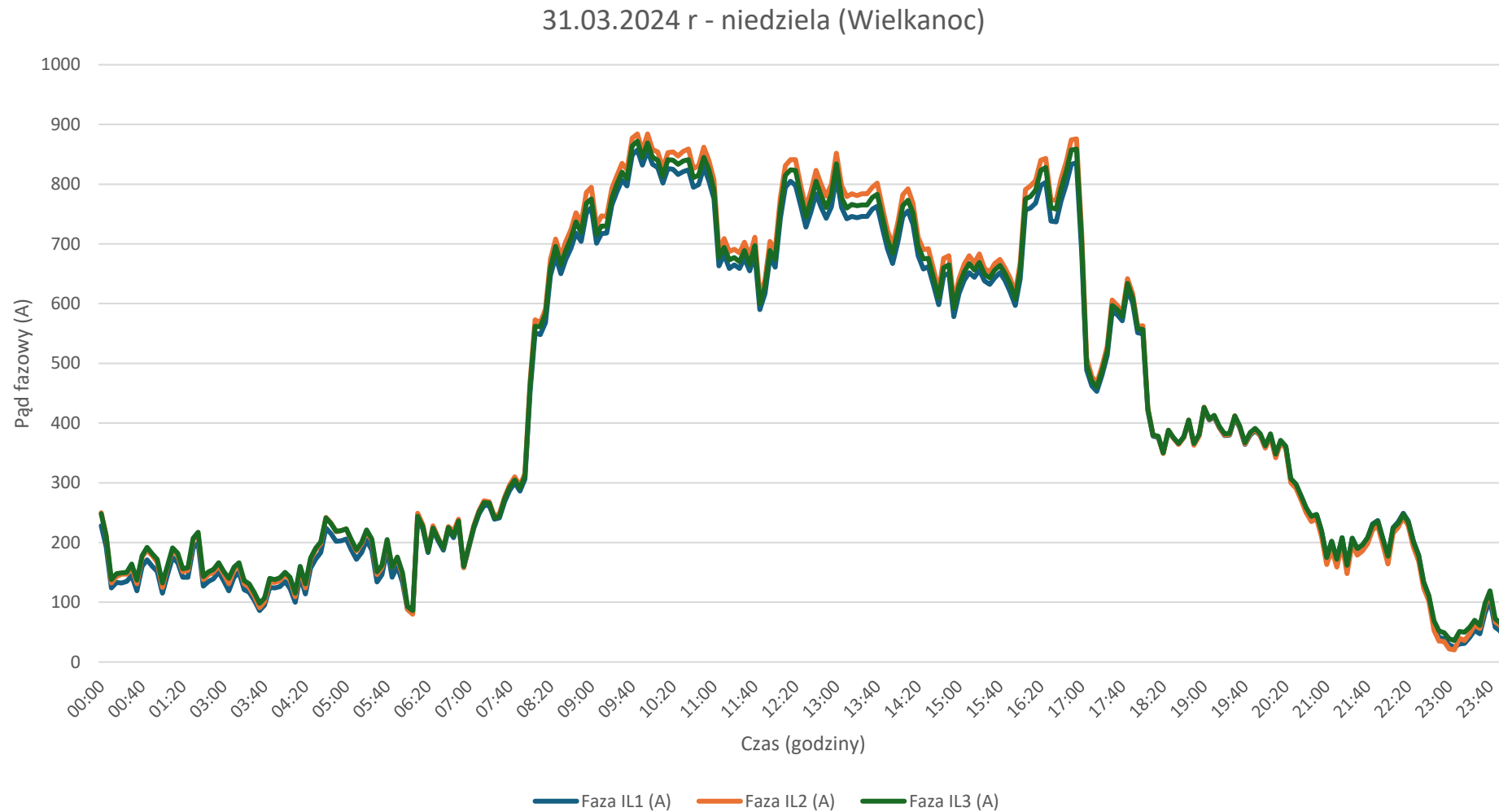
W przypadku przewodów stalowo-aluminiowych typu AFL, dopuszczalna temperatura pracy przewodów fazowych to +80°C.

Linie wyposażone w przewody fazowe typu HTLS (High Temperature Low Sag) umożliwiają pracę przewodów fazowych z temperaturą powyżej +150°C, co przekłada się na możliwość przesłania wyższej wartości prądu.

AFL 8-525 mm² 220 kV max. dop. temp. pracy **80°C**

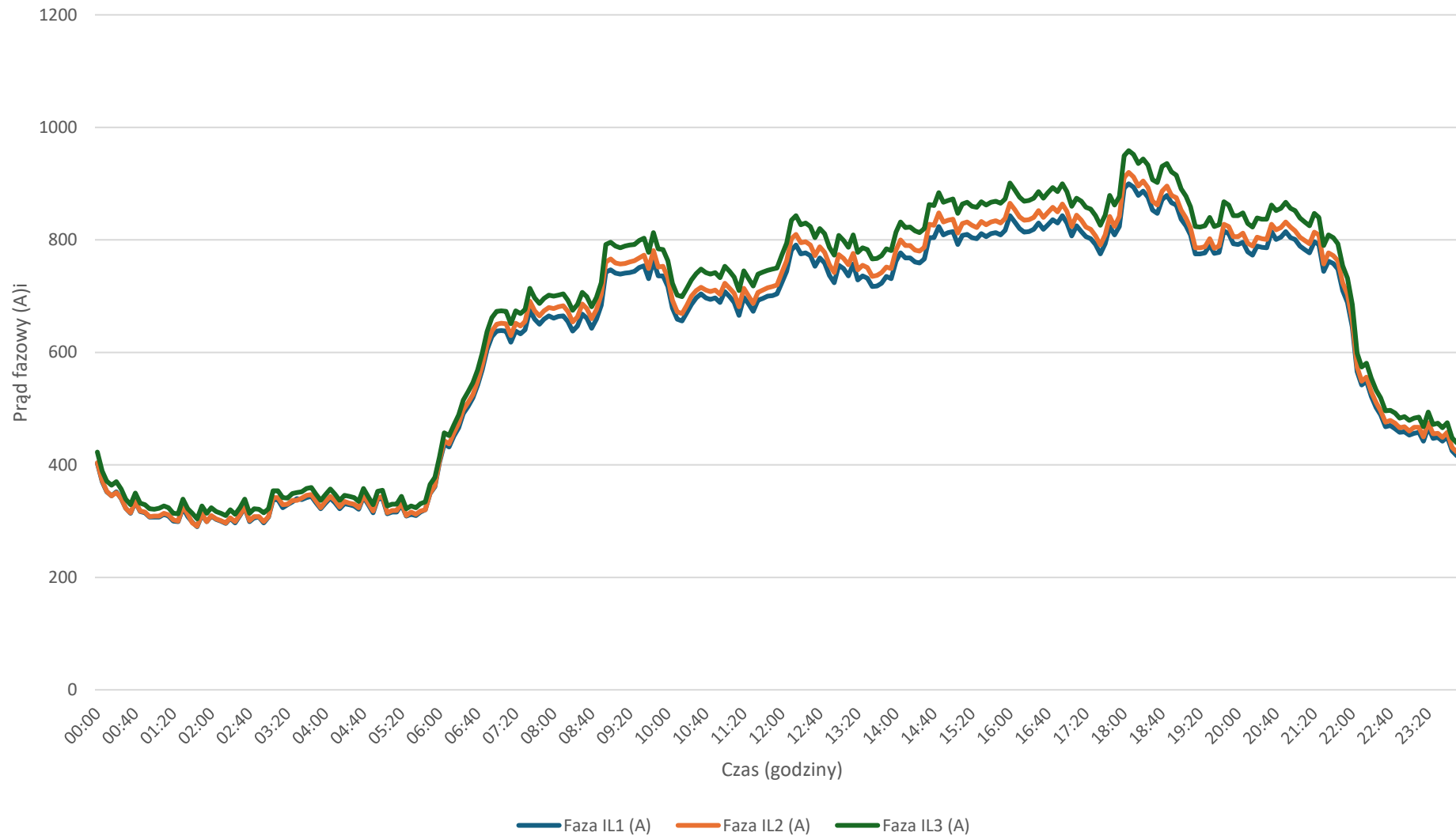


Obciążenia dobowe dla przykładowej linii L 400 kV zasilającej aglomerację warszawską



Obciążenia dobowe dla przykładowej linii L 400 kV zasilającej aglomerację warszawską

13.03.2024 r - wtorek (dzień roboczy)



Natężenia pola elektrycznego i magnetycznego

W Polsce obowiązują przepisy regulujące dopuszczalne poziomy pól elektromagnetycznych. Jest to rozporządzenie Ministra Zdrowia z 17 Grudnia 2019 r. z późniejszymi zmianami w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku.

Częstotliwość pola elektromagnetycznego, dla której określa się parametry fizyczne charakteryzujące oddziaływanie pola elektromagnetycznego na środowisko oraz dopuszczalne poziomy pola elektromagnetycznego, charakteryzowane przez dopuszczalne wartości parametrów fizycznych dla terenów przeznaczonych pod zabudowę mieszkaniową

Częstotliwość pola elektromagnetycznego		Parametr fizyczny		
		Składowa elektryczna E (V/m)	Składowa magnetyczna H (A/m)	Gęstość mocy S (W/m ²)
lp.	1	2	3	4
1	50 Hz	1000	60	ND

Oznaczenia:

ND – nie dotyczy.

Objaśnienia:

- 1) 50 Hz – częstotliwość sieci elektroenergetycznej;
- 2) parametry charakteryzujące oddziaływanie pola elektromagnetycznego na środowisko (kolumna 2 i 3 w tabeli 1) reprezentują graniczne wartości skuteczne natężenia pola elektrycznego E i magnetycznego H.

Zakresy częstotliwości pól elektromagnetycznych, dla których określa się parametry fizyczne charakteryzujące oddziaływanie pól elektromagnetycznych na środowisko oraz dopuszczalne poziomy pól elektromagnetycznych, charakteryzowane przez dopuszczalne wartości parametrów fizycznych dla miejsc dostępnych dla ludności

Zakres częstotliwości pola elektromagnetycznego		Parametr fizyczny		
		Składowa elektryczna E (V/m)	Składowa magnetyczna H (A/m)	Gęstość mocy S (W/m ²)
lp.	1	2	3	4
1	0 Hz	10000	2500	ND
2	od 0 Hz do 0,5 Hz	ND	2500	ND
3	od 0,5 Hz do 50 Hz	10000	60	ND

Natężenia pola elektrycznego i magnetycznego

Pole elektryczne – zależności podstawowe

Na wartość i rozkład natężenia pola elektrycznego w otoczeniu linii wpływa:

- **napięcie znamionowe linii,**
- odległość przewodów fazowych od ziemi,
- odległości między przewodami fazowymi różnych faz,
- układ przewodów fazowych, a w liniach dwutorowych - wzajemne usytuowanie przewodów tej samej fazy.

Ponadto na rozkład natężenia pola elektrycznego w pobliżu linii wpływają takie elementy środowiska jak drzewa, zabudowania, elementy infrastruktury.

Przy określonej sylwetce słupa natężenie pola elektrycznego w otoczeniu linii zależy od odległości przewodów fazowych do ziemi.

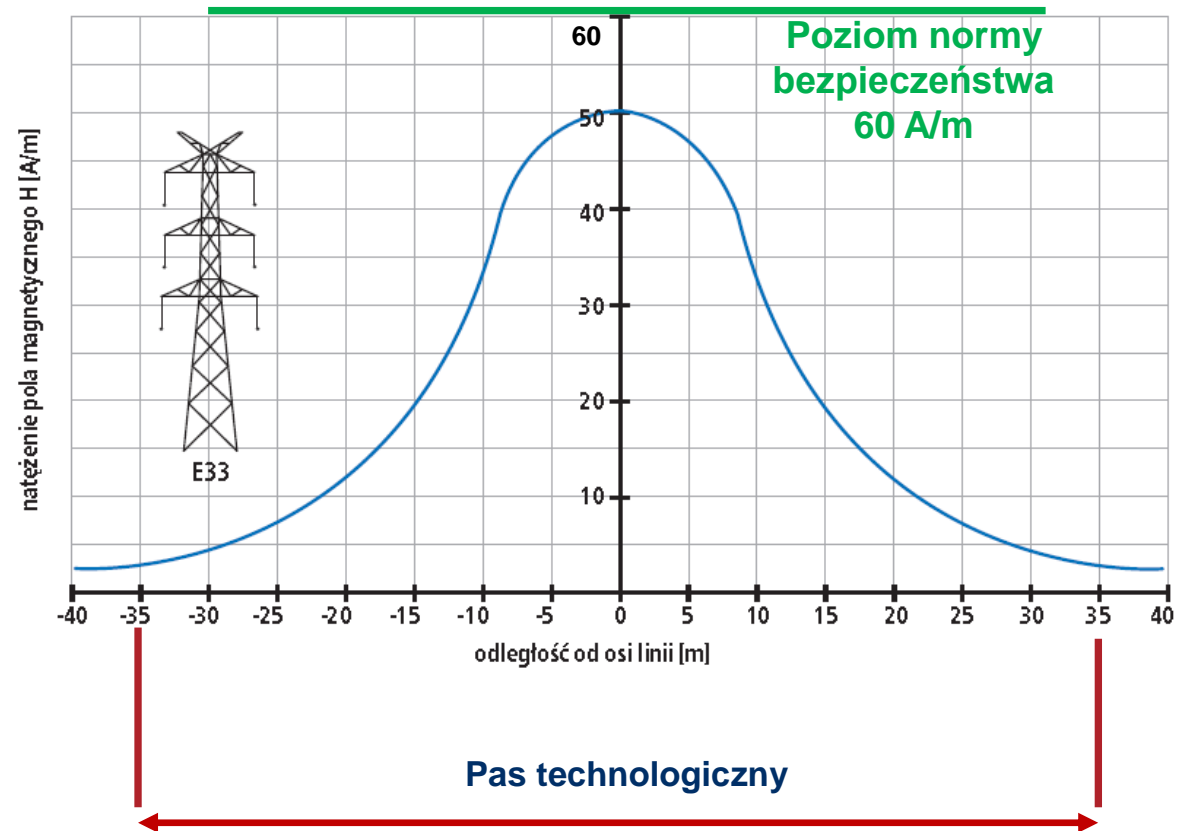
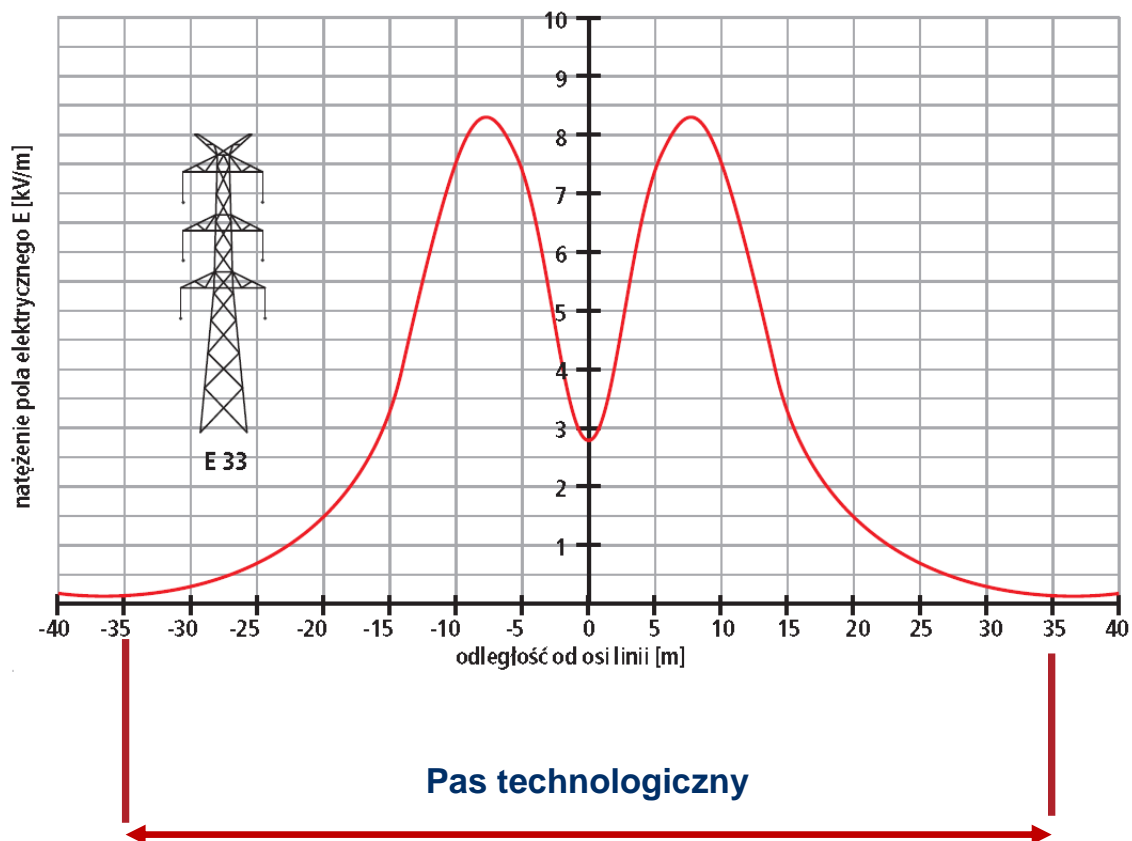
Natężenie wzrasta ze zmniejszaniem się odległości i największa jego wartość występuje najczęściej w środku przęsła.

Pole magnetyczne – zależności podstawowe

Na wartość i rozkład natężenia pola magnetycznego w otoczeniu linii wpływa:

- **prąd w przewodach fazowych,**
- odległość przewodów fazowych od ziemi,
- odległości między przewodami fazowymi różnych faz,
- układ przewodów fazowych, a w liniach dwutorowych - wzajemne usytuowanie przewodów tej samej fazy.

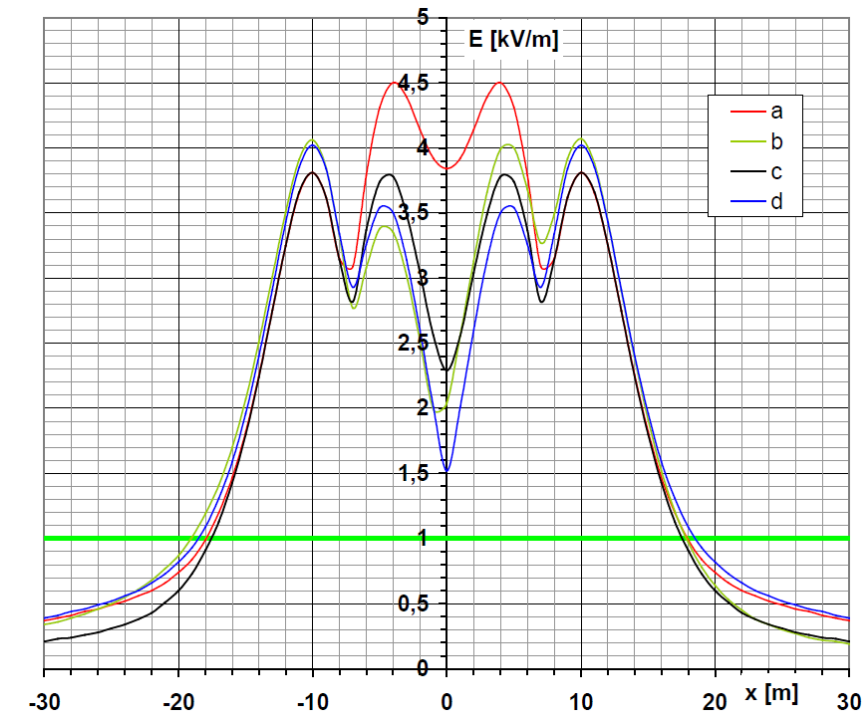
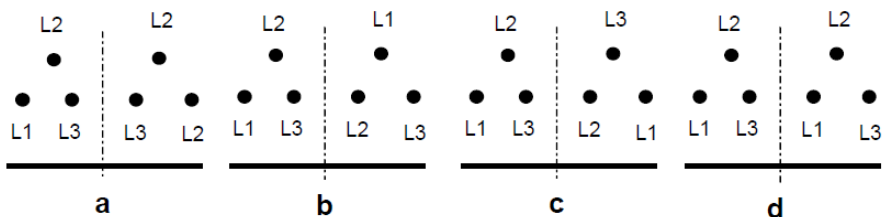
Przykładowy rozkład pola elektrycznego i magnetycznego dla dwutorowej linii 400 kV



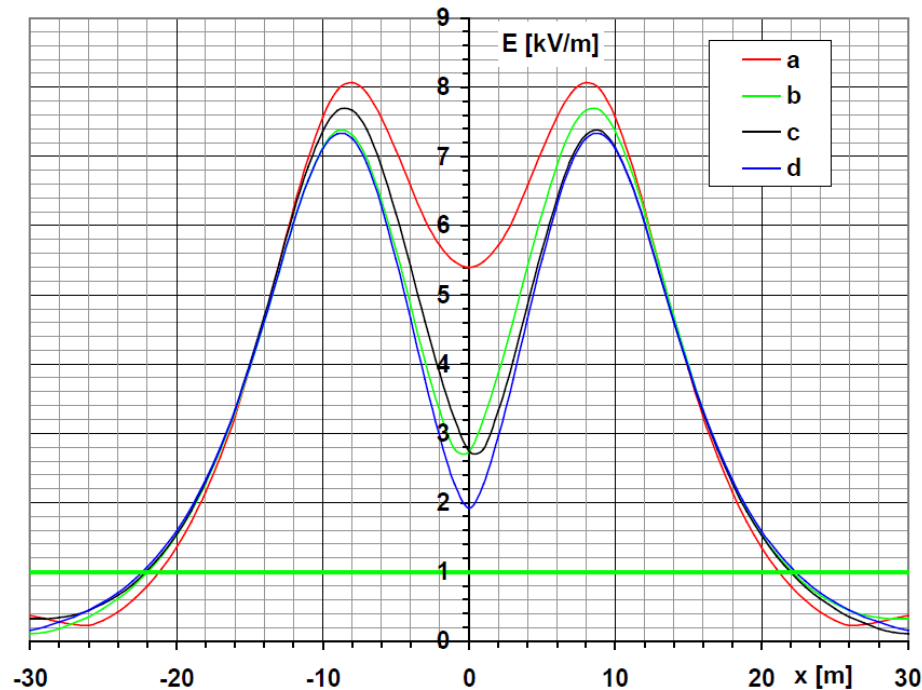
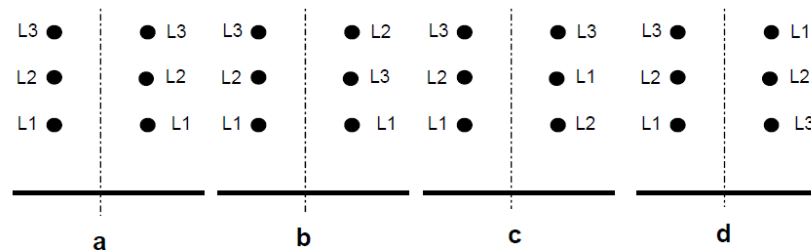
Wpływ układów faz na liniach NN – pole elektryczne

W liniach NN rozkład pola elektrycznego i magnetycznego zależy od wzajemnego układu faz (wzajemnej konfiguracji faz).

Układ faz wpływa na szerokość obszaru rozkładu pola elektrycznego.



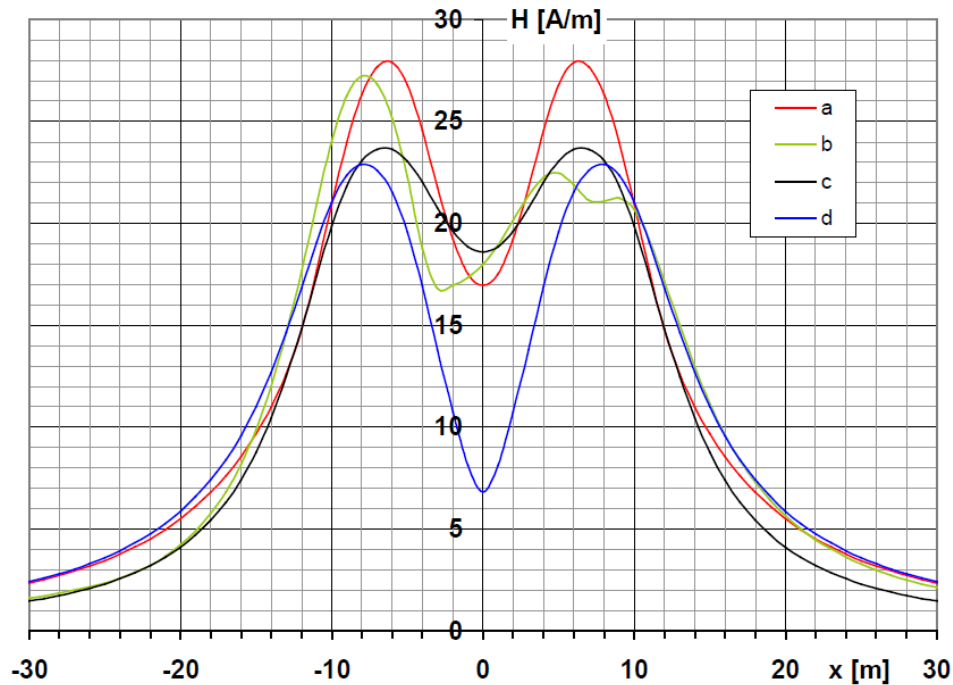
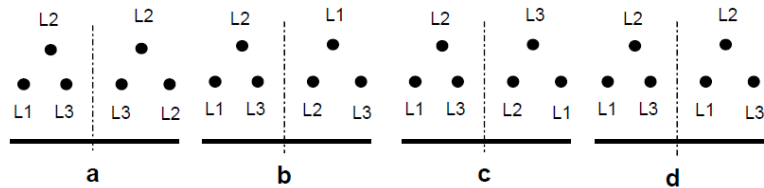
Przykładowe rozkłady natężenia pola elektrycznego w przekroju poprzecznym linii 220 kV na słupach M52P, przy różnych układach faz w torach o odległości najniższego przewodu fazowego od ziemi 6,5 m



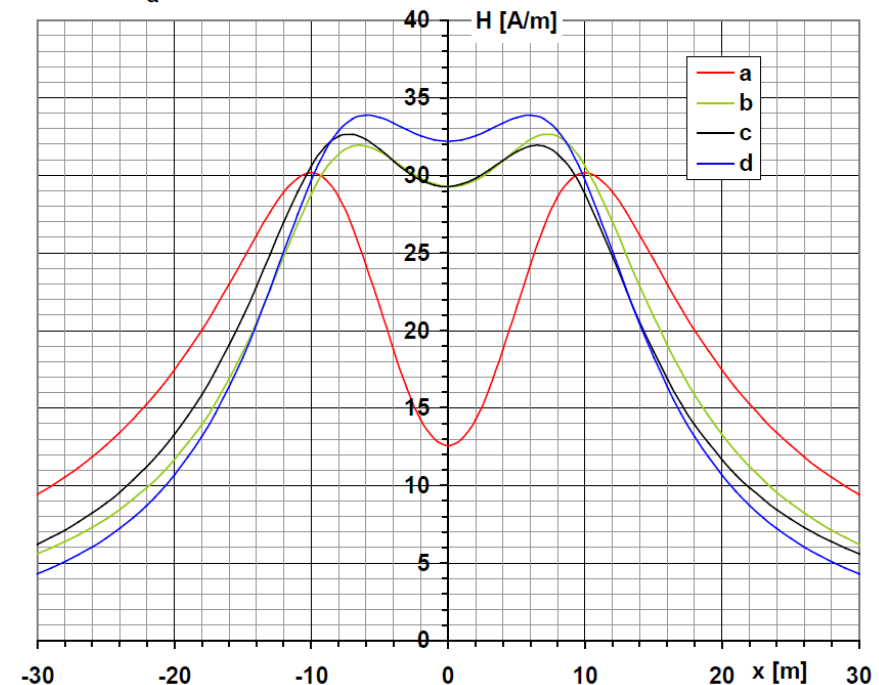
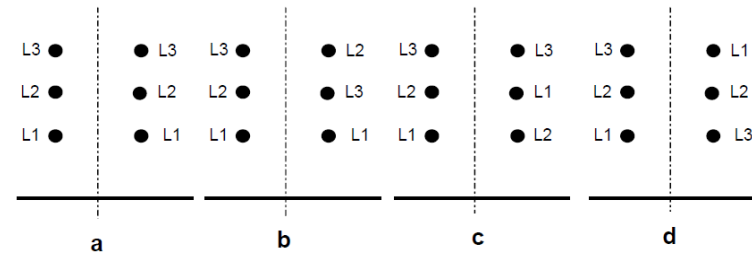
Przykładowe rozkłady natężenia pola elektrycznego w przekroju poprzecznym linii 400 kV na słupach Z52P, przy różnych układach faz w torach o odległości najniższego przewodu fazowego od ziemi 9 m

Wpływ układów faz na liniach NN – pole magnetyczne

Układ faz wpływa na szerokość obszaru rozkładu pola magnetycznego.



Przykładowe rozkłady natężenia pola magnetycznego w przekroju poprzecznym linii 220 kV na słupach M52P, przy różnych układach faz w torach i odległości najniższego przewodu fazowego od ziemi 6,5 m. Prąd w każdym przewodzie fazowym 1000 A.



Przykładowe rozkłady natężenia pola elektrycznego w przekroju poprzecznym linii 400 kV na słupach Z52P, przy różnych układach faz w torach i odległości najniższego przewodu fazowego od ziemi 9 m. Prąd w każdym przewodzie fazowym 2000 A.

Prądy zwarciove

Szczegółowe wymagania funkcjonalne dla systemu przesyłowego i jego poszczególnych elementów określa zgodnie z Prawem Energetycznym Instrukcja Ruchu i Eksploatacji Sieci Przesyłowej (IRiESP).

Dla ograniczenia skutków działania prądów zwarciovych dla zjawisk cieplnych (wydzielania się energii w miejscu zwarcia) niezbędne jest skracanie czasu trwania zwarcia w sieci.

Dla zdefiniowania rzeczywistego czasu trwania zwarcia należy uwzględnić:

- a) t_{wpd} – czas działania zabezpieczenia podstawowego chronionego elementu sieci,
- b) $t_{W.WYŁP}$ – czas własny wyłączenie wyłącznika,
- c) t_{wre} – czas działania zabezpieczenia rezerwowego (Lokalna Rezerwa Wyłącznikowa lub działanie zabezpieczeń na drugim końcu linii),
- d) $t_{w.wył.r}$ – czas własny wyłączenia wyłącznika (wyłączników) przez zabezpieczenie rezerwowe,
- e) $t_{wył.zw}$ – sumaryczny czas wyłączenia zwarcia (czas przyjęty do wykonania obliczeń, jest to zarazem maksymalny czas wyłączenia zwarcia na analizowanym elemencie).

Ustalenie czasu trwania zwarcia w celu wykonania obliczeń wytrzymałości konstrukcji powinno być przeprowadzone wg. poniższego wzoru:

$$t_{wył.zw} = t_{wpd} + t_{W.WYŁP} + t_{wre} + t_{w.wył.r}$$

Czasy likwidacji zwarć 3-fazowych, 3-fazowych z ziemią, 2-fazowych, 2-fazowych z ziemią, 1-fazowych z ziemią w systemie elektroenergetycznym, przez zabezpieczenia podstawowe, licząc od początku powstania zwarcia do czasu przerwania łuku nie powinny przekroczyć.

- a) 120 ms – dla sieci 400 kV,
- b) 120 ms – dla sieci 220 kV,
- c) 150 ms – dla sieci 110 kV.

Czas likwidacji zwarć przy działaniu zabezpieczeń rezerwowych w sieci 400 kV i 220 kV dedykowanych dla zabezpieczanego elementu sieci nie powinien przekraczać 500 ms.

Dziękujemy za uwagę

Bronisławów, 12 - 14 czerwca 2024 r.