*VII Konferencja Linie i stacje elektroenergetyczne*

PGE Dystrybucja

# Proces kablowania sieci SN a sposób pracy punktu neutralnego



*PGE Dystrybucja SA, Oddział Zamość*
*Stanisław Ciupak*

Wisła, 21 – 22 październik 2026 r.

# Geneza problemu

1. **Zmiana technologii budowy sieci SN – zamiast linii napowietrznych w zdecydowanej większości budujemy kablowe.**
2. **Realizacja programu PK 30 % - zakładającego osiągnięcie udziału co najmniej 30% sieci kablowej w ogólnej długości sieci SN.**
3. **Przyłączanie źródeł wytwórczych zarówno w głębi sieci SN jak również bezpośrednio do pól w rozdzielnicy SN – kable te są własnością podmiotów przyłączanych, ale prądowi pojemnościowemu „miedza” niestraszna, tylko sobie płynie zgodnie z prawami fizyki…**

# Co się dzieje, gdy dużo skablujemy sieci napowietrznej SN?

PGE Dystrybucja

**Odpowiedź na to pytanie doskonale obrazują wartości jednostkowe prądów pojemnościowych różnych rodzajów sieci SN:**

a) linia napowietrzna nieizolowana: 0,04 A/km

b) linia napowietrzna izolowana 70mm2: 0,32 A/km

c) linia kablowa XRUHAKxs 240mm2: 3,4 A/km

d) linia kablowa XRUHAKxs 120mm2: 2,6 A/km

# Co się dzieje, gdy dużo skablujemy sieci napowietrznej SN?

PGE Dystrybucja

**Analizując najczęściej występujący przypadek zastąpienia sieci nieizolowanej siecią kablową XRUHAKxs o przekroju 120 mm2 dochodzimy do wniosku następującego:**

**Zastąpienie każdego kilometra linii napowietrznej linią kablową powoduje wzrost generacji prądu pojemnościowego przez tenże kilometr 65 krotnie!**

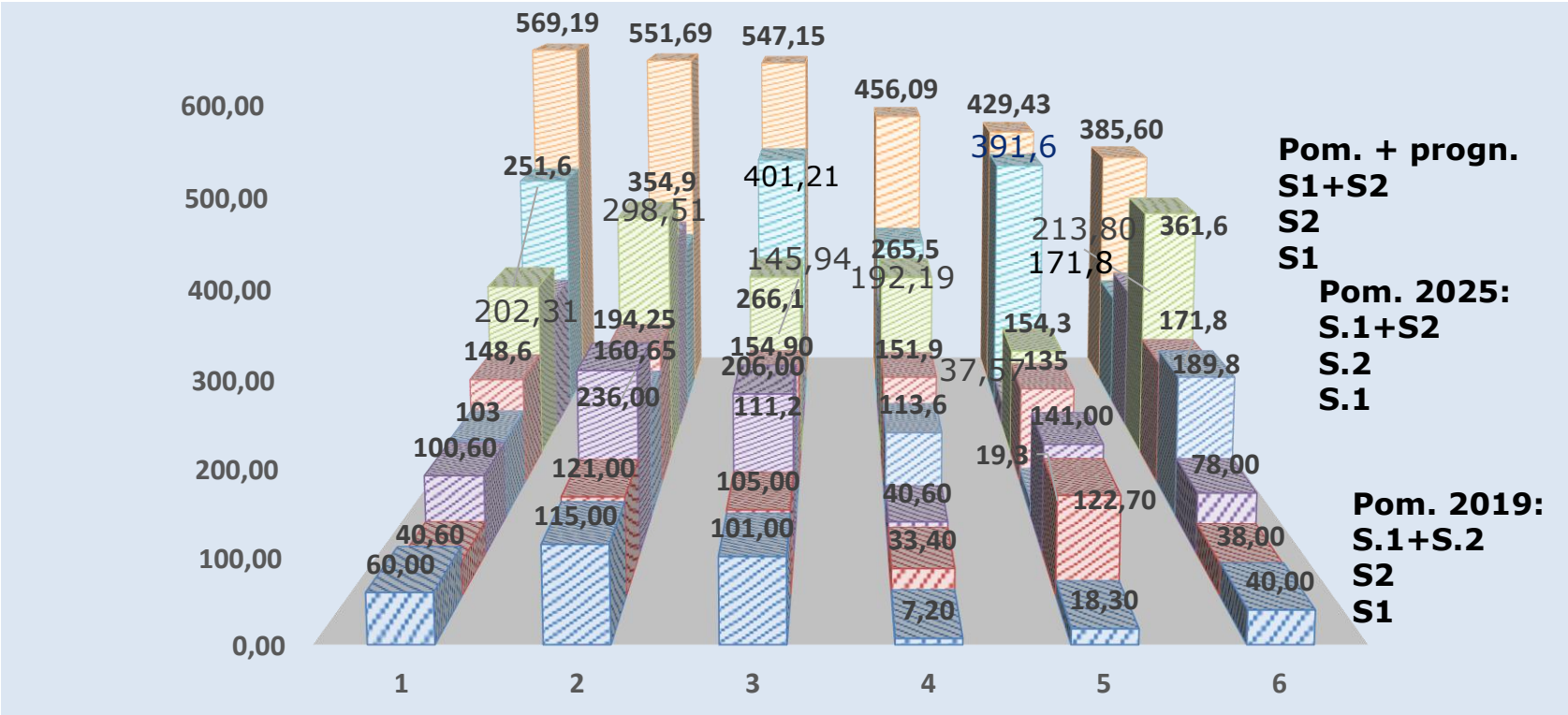
# Co się dzieje, gdy dużo skablujemy sieci napowietrznej SN? Trochę liczb….

PGE Dystrybucja

**Dane dla przykładowo wybranych stacji zawiera poniższa tabela:**

| St. WN/SN | Pom.2019 S. 1 [A] | Pom. 2019 S. 2 [A] | Pom.2019 S1+S2 [A] | Pom. 2025. S.1 [A] | Pom. 2025 S. 2 [A] | Pom. 2025 S1+s2 [A] | Pom + progn. S. 1 [A] | Pom + progn. S. 2 [A] | Pom. + progn. S1+S2 [A] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| GPZ 1 | 60,00 | 40,60 | 100,60 | 103,00 | 148,60 | 251,6 | 202,31 | 366,88 | 569,19 |
| GPZ 2 | 115,00 | 121,00 | 236,00 | 160,65 | 194,25 | 354,9 | 298,51 | 253,18 | 551,69 |
| GPZ 3 | 101,00 | 105,00 | 206,00 | 111,20 | 154,90 | 266,1 | 145,94 | 401,21 | 547,15 |
| GPZ 4 | 7,20 | 33,40 | 40,60 | 113,60 | 151,90 | 265,5 | 192,19 | 263,90 | 456,09 |
| GPZ 5 | 18,30 | 122,70 | 141,00 | 19,30 | 135,00 | 154,3 | 37,57 | 391,86 | 429,43 |
| GPZ 6 | 40,00 | 38,00 | 78,00 | 189,80 | 171,80 | 361,6 | 213,80 | 171,80 | 385,60 |

# Co się dzieje, gdy dużo skablujemy sieci napowietrznej SN? Trochę grafiki….

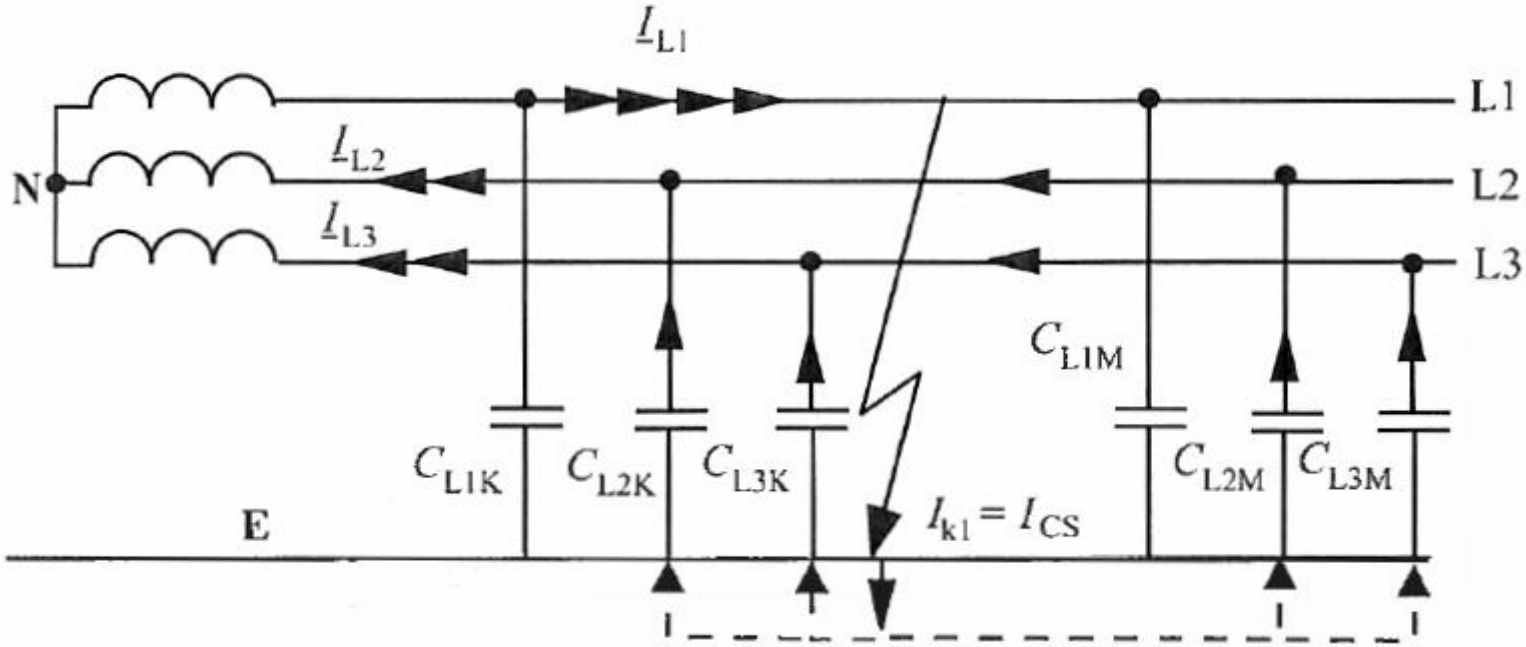


# Co się dzieje, gdy dużo skablujemy sieci napowietrznej SN? Komentarz do wykresu…

PGE Dystrybucja

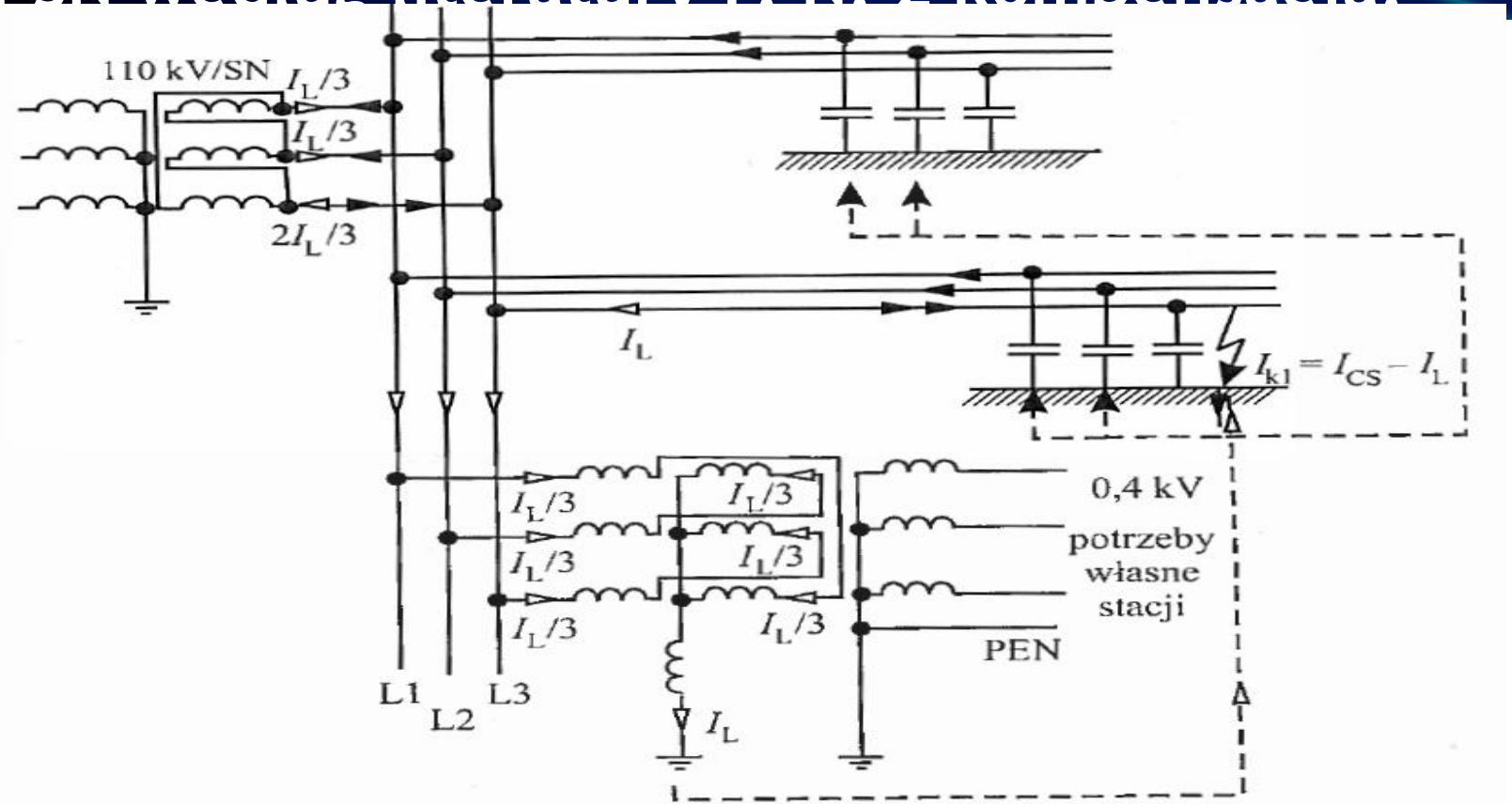
**Na wykresie przedstawiłem wartości prądów pojemnościowych dla sześciu stacji. Są to największe, prognozowane do osiągnięcia wielkości prądów pojemnościowych w kilkuletnim horyzoncie czasowym.**
**W przypadku stacji GPZ 5 prognozowana wartość dla sekcji 2 wynosi prawie 392 A, A na sekcji 1 zaledwie 38 A!**
**Wartość prądu na sekcji 2 jest bardzo duża. Zwracam jednak uwagę na duże dysproporcje pomiędzy Sekcjami.**
**W przypadku tejże stacji wynosi około 10 : 1! Jest to dość ważki problem, ponieważ zestawy kompensacyjne muszą dobierane na prąd sumaryczny tj. zestaw na każdej sekcji musi zapewnić skompensowanie sumarycznego prądu (z obu sekcji po załączeniu sprzęgła 15 kV). W wykonaniu nadążnym są dostępne dławiki o regulacji 10 : 1, ale prowadzi to do przewymiarowania urządzeń w sekcji o małym prądzie pojemnościowym.**
**Znaczące dysproporcje występują również na innych stacjach, aczkolwiek nie w tak drastycznym wymiarze.**

# Przegląd reżymów pracy punktów neutralnych sieci SN według literatury – P.N. izolowany.

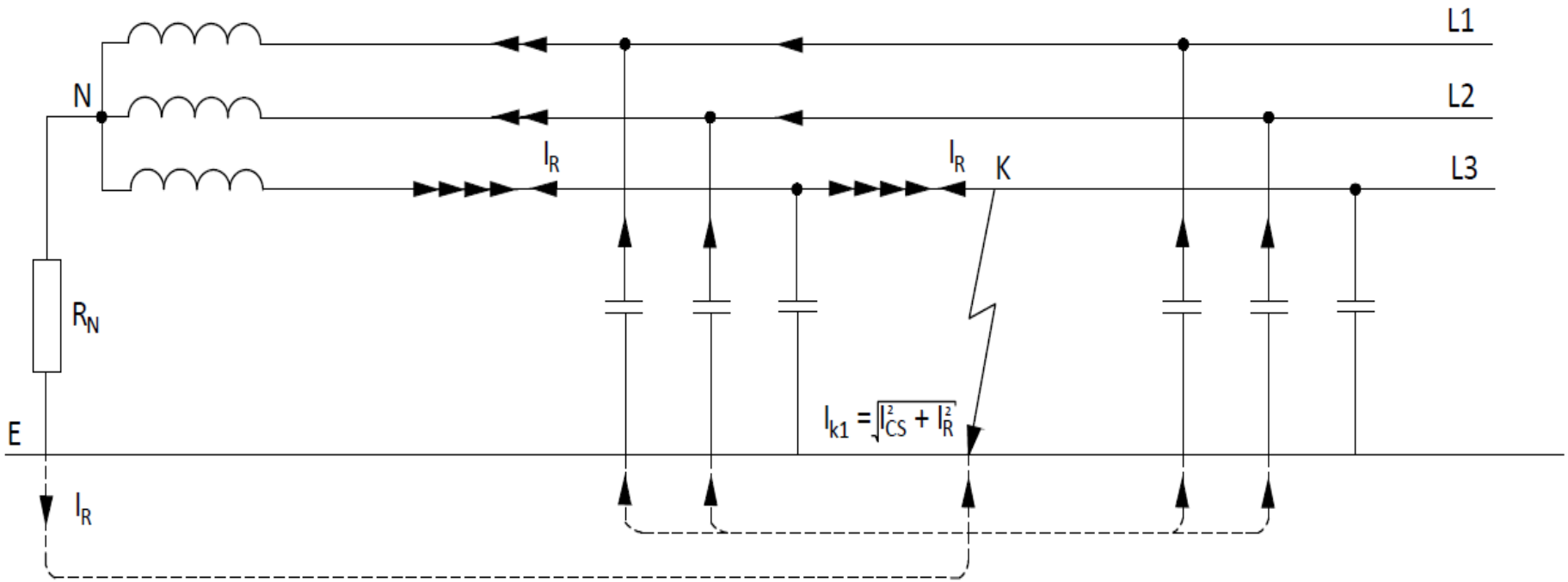



11.5. Podstawowe wyjaśnienie izolowanego p.n.

# Przegląd reżymów pracy punktów neutralnych sieci SN według literatury P. N. z kompensacją.



# Przegląd reżymów pracy P. N. sieci SN według literatury – uziemiony przez rezystor.



# Przegląd i właściwości reżymów pracy punktów neutralnych sieci SN według literatury

PGE Dystrybucja

Tablica 11.2. Szczegółowa ocena sposobów pracy punktu neutralnego sieci SN [12]

| Lp. | Parametr | Sposób pracy p.n. | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | izolowany | dławik +AWSCz | rezystor | równoległy |
| 1 | Koszty inwestycyjne | żadne | — dławik bez regulacji — małe,<br>— dławik regulowany — bardzo duże | małe | średnie |
| 2 | Wartość prądu ziemnozwarciowego | średnia | najmniejsza | największa | duża |
| 3 | Gaszenie zwarć łukowych | małe | najlepsze | całkowity brak | całkowity brak |
| 4 | Przepięcia ziemnozwarciowe | zdecydowanie największe | duże | małe | małe, takie jak w sieci o p.n. uziemionym przez rezystor |
| 5 | Prawdopodobieństwo zwarć wielokrotnych i rozwijających się | zdecydowanie największe | duże | małe | małe |
| 6 | Prawdopodobieństwo zwarć przerywanych i powtarzających się | duże | duże | żadne | żadne |

# Przegląd reżymów pracy punktów neutralnych sieci SN według literatury.

PGE Dystrybucja

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 7 | Wymagania w odniesieniu do rezystancji uziemień stacji SN/nn | przeciętne | najłagodniejsze | najostrzejsze | przeciętne |
| 8 | Wymagania w odniesieniu do uziemień słupów | bardzo łagodne | bardzo łagodne | duże | bardzo duże, trudne do spełnienia |
| 9 | Intensywność automatyki SPZ | średnia, zależy od wartości prądu ziemnozwarciowego | mała | duża | duża |
| 10 | Ocena zabezpieczeń ziemnozwarciowych | dobra | dobra, wadą jest konieczność eksploatowania AWSCz | dobra | dobra |
| 11 | Napięcie asymetrii naturalnej | przeciętne | największe | małe | małe |
| 12 | Działanie sygnalizatorów przepływu prądu ziemnozwarciowego | przeciętne | złe | dobre | dobre |
| 13 | Skłonność do ferrorezonansu | duża | mała | prawie żadna | prawie żadna |

# Przegląd reżymów pracy punktów neutralnych sieci SN według literatury

PGE Dystrybucja

| Lp. | Parametr | Sposób pracy p.n. | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | izolowany | dławik +AWSCz | rezystor | równoległy |
| 14 | Postępowanie przy braku działania zabezpieczeń w polach liniowych | sygnalizacja $U_o$, działanie dyspozytora | sygnalizacja $U_o$, działanie dyspozytora | 1. Wyłączenie transformatora zasilającego.<br>2. Wyłączenie pola transformatora uziemiającego (niezalecane).<br>3. Wyłączenie rezystora (niezalecane). | |
| 15 | Działanie zabezpieczeń podczas zwarć doziemnych na szynach zbiorczych i stronie SN transformatora 110 kV/SN | sygnalizacja $U_o$, działanie dyspozytora | sygnalizacja $U_o$, działanie dyspozytora | | |
| 16 | Wpływ błędu w pojemnościowym prądzie zwarcia doziemnego sieci na prawidłowość doboru parametrów urządzeń uziemiających | żaden | dławik nieregulowany – duży, dławik automatycznie regulowany – prawie żaden | mały | mały |

# Przegląd reżymów pracy punktów neutralnych sieci SN według literatury.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 17 | Wpływ błędu w pojemnościowym prądzie zwarcia doziemnego linii na prawidłowość doboru nastaw zabezpieczeń ziemnozwarciowych | nadprądowych – duży, – kierunkowych – mały | konduktancyjnych – żaden | konduktancyjnych – żaden, – zerowoprądowych i admitancyjnych – duży | konduktancyjnych – żaden – zerowoprąd. i admitancyjnych – duży |
| 18 | Wpływ uchybów filtrów składowej zerowej prądu podczas zwarć dwufazowych na warunki nastawcze zabezpieczeń zerowoprądowych | mały | nie stosuje się zabezpieczeń zerowoprądowych | duży | duży |
| 19 | Zagrożenie dla „żelaza” silników asynchronicznych o napięciu powyżej 1 kV | przy prądach do 10 A prawie żadne, powyżej zależne od czasu, zagrożenie minimalne | | znaczne, ale zależne od czasu zwarcia | |
| 20 | Zagrożenie dla żył powrotnych kabli polietylenowych od prądów ziemnozwarciowych | żadne | | może wystąpić przy rezystorach o dużych prądach znamionowych i dużych prądach ziemnozwarciowych | |

# Przegląd reżymów pracy P. N. sieci SN według literatury - komentarz.

PGE Dystrybucja

**Wskazany w punkcie 14 i 15 dla sieci z izolowanym PN sposób postępowania przy braku działania zabezpieczeń w polach odpływowych jako *„sygnalizacja Uo i działanie dyspozytora”* w praktyce jest nie do przyjęcia – nie można bowiem utrzymywać zwarcia doziemnego (zerwany przewód, drzewo na linii itp.) z uwagi na możliwe zagrożenie dla osób postronnych. Dyspozytor nie wie z jakim rodzajem uszkodzenia ma do czynienia. Nie bez znaczenia jest tu znaczna wartość prądu zwarcia. Ponadto wzrost napięcia względem ziemi o √3 na pozostałych dwóch, nierzadko skutkuje przerodzeniem się zwarcia doziemnego w podwójne zwarcie z ziemią i zwiększeniem zakresu uszkodzeń.**

# Przegląd reżymów pracy P. N. sieci SN według literatury - komentarz.

PGE Dystrybucja

**W praktyce pola transformatorów zasilających są wyposażone w zabezpieczenie Uo pobudzającego SPZ transformatora w cyklu WZ lub WZW. Dopiero po definitywnym wyłączeniu wyłącznika str. 15 kV transformatora, następuje „działanie dyspozytora". Polega ono zwykle na wyłączeniu zdalnym pól liniowych, podaniu napięcia na szyny 15 kV i łączeniu kolejno linii, aż trafi na tą z niesprawnym zabezpieczeniem.**
**Pole to pozostawia wyłączone, łączy pozostałe linie, tak aby jak najszybciej przywrócić zasilanie.**
**Prowadzona od kilku lat systematyczna wymiana zabezpieczeń w polach 15 kV spowodowała, że sytuacje działania zabezpieczeń rezerwowych są niezmiernie rzadkie.**
**Mogą się one również zdarzyć przy gwałtownych burzach, gdzie następujące po sobie doziemienia w wielu liniach „zsumują się" czas przekroczy wartość nastawioną nastawę (np. 4 s) powodując SPZ transformatora.**

# Historyczne próby uniknięcia wyłączeń doziemionych linii…

PGE Dystrybucja

**Znany mi jest pewien pomysł pilotażowy sprzed ponad 40 lat. Zastosowano tzw. DOZIEMNIK FAZOWY – z jednego pola sekcji 15 kV wyprowadzono most szynowy do wyłącznika w wykonaniu napowietrznym, zlokalizowanego obok budynku rozdz. 15 kV. Idea tegoż wyłącznika polegała na tym, że każdy biegun (faza) miał oddzielny napęd. Po zaistnieniu doziemienia, specjalny układ w polu Pomiaru Napięcia identyfikował fazę, na której nastąpiło doziemienie i następnie wysyłał impuls na załączenie cytowanego wyłącznika, ale tylko na fazie doziemionej. Skutkowało to tym, że prąd nie płynął do miejsca zawarcia. Jednak w praktyce „ujawniały się słabe miejsca w sieci", co często powodowało przeradzanie się zwarcia doziemnego w podwójne zwarcie z ziemią i działanie zabezpieczeń nadprądowych w dwóch polach liniowych. Dlatego też odstąpiono od wdrażania tego rozwiązania.**

# Sieci pracujące z kompensacją - rozwiązanie najczęściej stosowane - P. N. z kompensacją.

a) **Ze względu na dużą dynamikę zmian prądu pojemnościowego wynikających ze wzrostu udziału kabli jak również zmian układu pracy sieci, obecnie są rekomendowane dławiki tylko z KOMPESACJĄ NADĄŻNĄ.**
**Jest to rozwiązanie kosztowne, ale tylko ono daje możliwość dotrzymania wymaganego odchylenia prądu dławika (+/- 10%)**

b) **Stosowane są również rozwiązania mieszane – do istniejącego dławika można równolegle dołączyć dławik z kompensacją nadążna – uzyskujemy wówczas regulację kompensacji tylko „w górę”.**

# Alternatywa dla kompensacji - rezystor pierwotny.

PGE Dystrybucja

**a) Alternatywnym rozwiązaniem dla kompensacji jest zastosowanie rezystora pierwotnego.**

**b) Rozwiązanie to charakteryzuje się pewnym działaniem zabezpieczeń ziemnozwarciowych oraz niewielkim wpływem błędu pojemnościowego prądu zwarcia z ziemią linii na dobór nastaw zabezpieczeń ziemnozwarciowych.**
**Generalnie układ można uznać za dość prosty.**

**c) Słabymi stronami są:**
**- brak zdolności gaszenia zwarć łukowych, co skutkuje bardzo dużą ilością SPZ przy zasilaniu sieci napowietrznej, szczególnie w sezonie burzowym.**
**- najostrzejsze wymagania do uziemień stacji SN/nN**

**Generalnie rozwiązanie to jest dedykowane dla sieci kablowej.**

# Inna alternatywa dla kompensacji - P. N. izolowany

a) **Rozwiązaniem, które część Energetyków uważa za archaiczne, wręcz nie mające racji bytu jest izolowany PN.**
**W literaturze dominował pogląd, iż PN izolowany może być stosowany przy prądzie pojemnościowym do 60 A ze względu na przepięcia ziemnozwarciowe skutkujące dużą awaryjnością kabli i transformatorów…**

b) **W jednym z Oddziałów na przełomie lat 80/90 zrezygnowano z kompensacji na rzecz izolowanego PN. Powodem były dość zawodne, ówczesne zabezpieczenia ziemnozwarciowe oraz problemy z automatyką AWSCz. Była jednak wtedy inna struktura sieci SN – dominująca napowietrzna.**

c) **Struktura sieci się zmieniła, prądy wzrosły niemal do 300 A na sekcję, a system pozostał…**

# Inna alternatywa dla kompensacji – P. N. izolowany

**d) Życie zweryfikowało teoretyczne rozważania i nie obserwuje się zwiększonej awaryjności kabli i transformatorów…**

**b) Zaletą jest brak konieczności stosowania automatyki AWSCz.**

**e) Działanie zabezpieczeń ziemnozwarciowych, szczególnie nowych, cyfrowych jest praktycznie w pełni selektywne.**

**f) Są jednak i słabe strony:**
- **Duże wymagania do uziemień stacji SN/nN i słupów z**
- **Duża ilość działań automatyki SPZ w okresie letnim – sezonie burzowym. Skutkuje to w tym okresie 3 – krotnie większym wskaźnika MAIFI. Jak dotychczas wskaźnik ten nie jest brany pod uwagę przez URE do oceny jakościowej…**
  **Ale nie ma pewności co przyszłość przyniesie…**

# Konsekwencje kablowania - wymagania wobec uziemień w sieci SN - sieć z kompensacją

PGE Dystrybucja

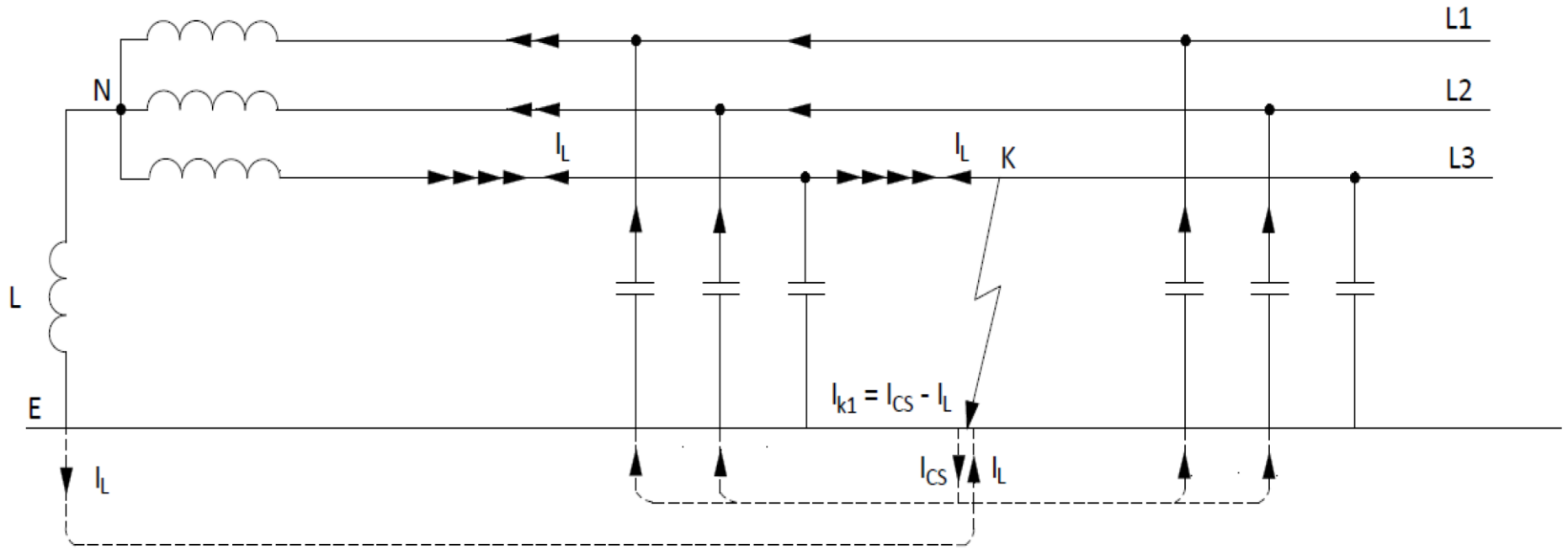
**a) Sieć z kompensacją.**

**Nie bez powodu przyjęto graniczną wartość tolerancji kompensacji +/- 10% prądu dławika (tolerancja wraz ze wzrostem prądu dławika powinna być coraz mniejsza), bo taka zmiana powoduje niewielkie odchylenie obliczonych rezystancji uziemień sieci SN, a to z kolei nie wpływa znacząco na ochronę przeciwporażeniową. Przy przekroczeniu większym niż 10%, mogą zostać przekroczone dopuszczalne napięcia rażenia.**

$$\%\ \text{rozstrojenia} = \frac{I_L - I_C}{I_C} \times 100$$

# Konsekwencje kablowania - wymagania wobec uziemień w sieci SN - sieć z kompensacją

## a) Uproszczony rozpływ prądów przy zwarciu doziemnym.



# Konsekwencje kablowania - wymagania wobec uziemień w sieci SN - sieć z kompensacją

PGE Dystrybucja

## a) Obliczenia wymaganej rezystancji uziemienia.

**Dane wyjściowe:**

- napięcie znamionowe linii napowietrzno-kablowej $U_n = 15$ kV
- prąd pojemnościowy sekcji 1 $I_{c1} = 340$ A
- prąd pojemnościowy sekcji 2 $I_{c2} = 340$ A
- nastawa dławika kompensującego w sekcji 1 $I_{komp1} = 350$ A
- nastawa dławika kompensującego w sekcji 2 $I_{komp2} = 350$ A
- prąd wymuszenia AWSC (automatyki wymuszania składowej czynnej prądu ziemnozwarciowego) $I_{AWSC} = 30$ A
- opóźnienie startu AWSC $t_{AWSC} = 1{,}0$ s
- czas zabezpieczenia ziemnozwarciowego z czasem zwłoki wyłącznika $t_z = 0{,}5$ s
- czas I przerwy SPZ $t_z = 0{,}5$ s
- czas II przerwy SPZ $t_z = 15$ s

# Konsekwencje kablowania - wymagania wobec uziemień w sieci SN - sieć z kompensacją

PGE Dystrybucja

## a) Obliczenia wymaganej rezystancji uziemienia.

**Wartość rezystancji uziemienia $R_U$ słupa oraz stacji elektroenergetycznej SN/nN zgodnie z PN-EN 50341-1:2013 „Elektroenergetyczne linie napowietrzne prądu przemiennego powyżej 1 kV – Część 1; Wymagania ogólne – specyfikacje wspólne", oraz PN-EN 50522:2011 „Uziemienia instalacji elektroenergetycznych prądu przemiennego o napięci wyższym od 1 kV" wynosi:**

$$R_E \leq \frac{2 * U_{Tp}}{r * I''_{k1}}$$

**Gdzie:**
**$R_E$ – wartość rezystancji uziemienia ochronnego stacji, słupa,**
**$U_{Tp}$ – wartość największego dopuszczalnego napięcia dotykowego rażeniowego,**
**r – współczynnik redukcyjny, r = 1**
**$I''_{k1}$ – prąd jednofazowego zwarcia z ziemią, prąd zwarcia doziemnego**

# Konsekwencje kablowania - wymagania wobec uziemień w sieci SN - sieć z kompesacją

**Maksymalny czas likwidacji zwarcia doziemnego w automatyce SPZ wynosi:**

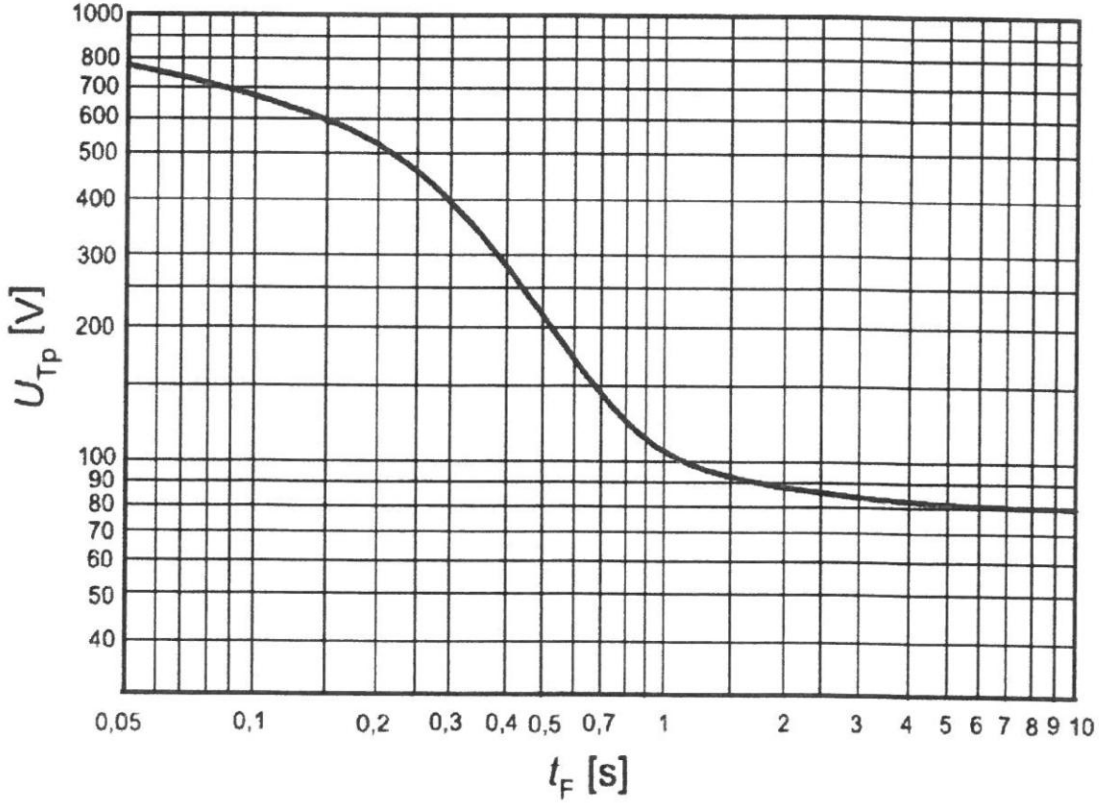
$$t = t_{AWSC} + t_z + t_{z\,(SPZ1)} + t_{z\,(SPZ2)} = 1{,}0 + 0{,}5 + 0{,}5 + 0{,}5 = 2{,}5\ s$$

**maksymalny prąd jednofazowego zwarcia z ziemią wynosi:**

$$I''_{k1} = \sqrt{I_{res}^2 + I_{AWSC}^2} = \sqrt{10{,}0^2 + 30{,}0^2} = 31{,}62\ A$$

**gdzie:**
**$I_{res}$ – wartość prądu resztkowego**
**$I_{AWSC}$ – wartość prądu wymuszenia AWSC**

# Konsekwencje kablowania - wymagania wobec uziemień w sieci SN - sieć z kompensacją




**Gdzie:**
**$U_{Tp}$ – największe dopuszczalne napięcie dotykowe rażeniowe**
**$t_F$ – czas rażenia**

# Konsekwencje kablowania - wymagania wobec uziemień w sieci SN sieć z kompensacją.

PGE Dystrybucja

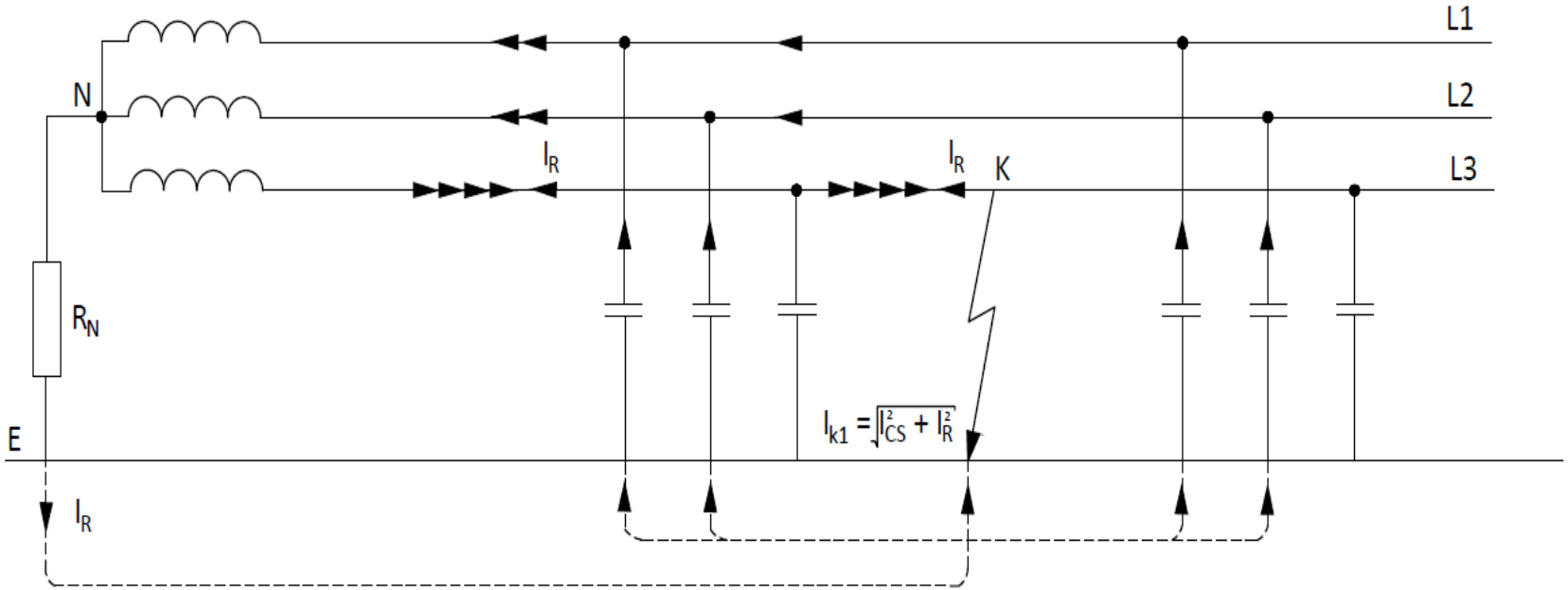
**Na podstawie PN-EN 50522 dopuszczalne napięcie dotykowe rażeniowe wynosi $U_{Tp}$ = 87,0 V przy czasie trwania zwarcia t = 2,5 s, ostatecznie:**

$$R_E \leq \frac{2 * U_{Tp}}{r * I''_{k1}} = \frac{2 * 87}{1 * 31,62} = 5,5\ \Omega$$

**Na tej podstawie dobrano rezystancję uziemienia słupa oraz stacji transformatorowej SN/nN o wartości $R_E$ = 5,5 Ω**

# Konsekwencje kablowania – wymagania wobec uziemień w sieci SN – sieć uziemiona przez rezystor

## Uproszczony rozpływ prądów, przy zwarciu doziemnym w sieci uziemionej przez rezystor



# Konsekwencje kablowania – wymagania wobec uziemień w sieci SN – sieć uziemiona przez rezystor

## Obliczenia wymaganej wartości uziemienia.

**Dane wyjściowe:**

- **napięcie znamionowe linii napowietrzno-kablowej** $U_n = 15$ kV
- **prąd pojemnościowy sekcji 1** $I_{c1} = 350$ A
- **prąd pojemnościowy sekcji 2** $I_{c2} = 350$ A
- **prąd rezystora uziemiającego** $I_r = 500$ A
- **czas działania zabezpieczenia ziemnozwarciowego z czasem zwłoki wyłącznika** $t_z = 0{,}4$ s

# Konsekwencje kablowania - wymagania wobec uziemień w sieci SN - sieć uziemiona przez rezystor.

## Obliczenia wymaganej wartości uziemienia.

**Maksymalny czas likwidacji zwarcia doziemnego wynosi:**

$$t_z = 0{,}4\ s$$

**Maksymalny prąd jednofazowego zwarcia z ziemia wynosi:**

$$I''_{k1} = \sqrt{I_r^2 + I_{c1}^2} = \sqrt{500^2 + 350^2} = 610{,}33\ A$$

**gdzie:**
**$I_r$ – wartość prądu rezystora uziemiającego**
**$I_{c1}$ – wartość prądu pojemnościowego sekcji 1**

# Konsekwencje kablowania - wymagania wobec uziemień w sieci SN - sieć uziemiona przez rezystor.

## Obliczenia wymaganej wartości uziemienia.

**Na podstawie PN-EN 50522 dopuszczalne napięcie dotykowe rażeniowe wynosi $U_{Tp}$ = 275 V przy czasie trwania zwarcia t = 0,4 s, ostatecznie:**

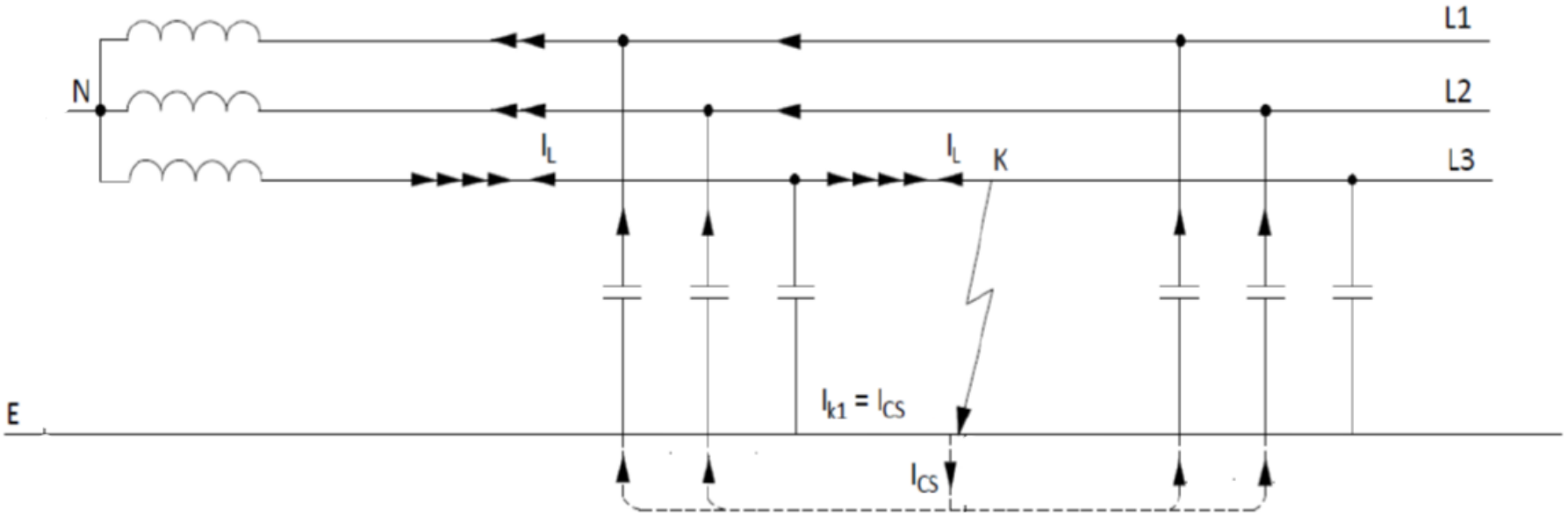
$$R_E \leq \frac{2 * U_{Tp}}{r * I''_{k1}} = \frac{2 * 275}{1 * 610,33} = 0,90\ \Omega$$

**Na tej podstawie dobrano rezystancję uziemienia słupa oraz stacji transformatorowej SN/nN o wartości $R_E$ = 0,90 Ω**

# Konsekwencje kablowania - wymagania wobec uziemień w sieci SN - sieć z PN izolowanym.

PGE Dystrybucja

## Uproszczony rozpływ prądów, przy zwarciu doziemnym w sieci z PN izolowanym



# Konsekwencje kablowania – wymagania wobec uziemień w sieci SN – sieć z PN izolowanym

## Obliczenia wymaganej wartości uziemienia.

**Dane wyjściowe:**

- **napięcie znamionowe linii napowietrzno-kablowej** $U_n = 15$ kV
- **prąd pojemnościowy sekcji 1** $I_{c1} = 350$ A
- **prąd pojemnościowy sekcji 2** $I_{c2} = 350$ A
- **czas działania zabezpieczenia ziemnozwarciowego z czasem zwłoki wyłącznika** $t_z = 0{,}4$ s

# Konsekwencje kablowania - wymagania wobec uziemień w sieci SN - sieć z PN izolowanym.

PGE Dystrybucja

## Obliczenia wymaganej wartości uziemienia.

**Maksymalny czas likwidacji zwarcia doziemnego wynosi:**

$$t_z = 0{,}4\ s$$

**Maksymalny prąd jednofazowego zwarcia z ziemia wynosi:**

$$I''_{k1} = Ic1 = 350\ A$$

**gdzie:**
**$I_{c1}$ – wartość prądu pojemnościowego sekcji 1**

# Konsekwencje kablowania - wymagania wobec uziemień w sieci SN - sieć z PN izolowanym.

PGE Dystrybucja

## Obliczenia wymaganej wartości uziemienia.

**Na podstawie PN-EN 50522 dopuszczalne napięcie dotykowe rażeniowe wynosi $U_{Tp}$ = 275 V przy czasie trwania zwarcia t = 0,4 s, ostatecznie:**

$$R_E \leq \frac{2 * U_{Tp}}{r * I''_{k1}} = \frac{2 * 275}{1 * 350} = 1,57\ \Omega$$

**Na tej podstawie dobrano rezystancję uziemienia słupa oraz stacji transformatorowej SN/nN o wartości $R_E = 1,57\Omega$**
**Wymagana w tym systemie wartość rezystancji uziemienia jest znacznie większa niż przy uziemieniu przez rezystor (0,90 Ω) , ale dalej trudna do uzyskania.**

# Podsumowanie

1. W stacjach pracujących z kompensacją i zasilających sieć SN z dużym udziałem sieci napowietrznej powinno się ten system utrzymać.
   Środki zaradcze na wzrosty prądów pojemnościowych:
   a) Wymiana dławika na większy z kompensacją nadążną
   b) Dobudowa do dławika już istniejącego, dławika z kompensacją nadążną

2. W stacjach zasilających sieć SN z niewielkim udziałem sieci napowietrznej wymiana układu kompensacyjnego na rezystor pierwotny.

**Trzeba jednak mieć na uwadze parametry uziemień – wymóg bardzo małych rezystancji, czasem niemożliwych do osiągnięcia. W takich przypadkach należy stosować uziemienia otokowe i do ich oceny – również pomiar napięć rażenia.**

# Podsumowanie c. d.

3. W stacjach pracujących z PN izolowanym i zasilających sieć SN z dużym udziałem sieci napowietrznej należałoby wykonać ekspertyzę co dalej w perspektywie wieloletniej? Kilka lat temu próbowaliśmy zlecić to zadanie w drodze postępowania otwartego podmiotowi dysponującemu odpowiednimi możliwościami. Zasadnicze pytanie brzmiało: jaka jest graniczna wartość prądu poj. do pracy z P. N. izolowanym?
   Były zainteresowane Politechniki, ale ostatecznie oferty nie wpłynęły.
   Argumentowano takie stanowisko brakiem doświadczeń w pracy PN izolowanego przy tak dużych prądach (mamy już GPZ-ty o prądach poj. zmierzonych prawie 200 A na jedną sekcję oraz 360 A sumarycznie.
   Uziemienia budowane i oceniane są jako otokowe i oceniane również poprzez pomiar napięć rażenia.
   A w literaturze pisano, że wartością graniczną jest 50 - 60 A…

Tak naprawdę jedyną słabą stroną tego systemu jest wysoki wskaźnik MAIFI (duża liczba działania automatyki SPZ w polach linii napowietrznych) w sezonie burzowym…

# Podsumowanie c. d.

4. Można również rozważyć dobudowanie stacji WN/SN lub też rozbudowę istniejących poprzez podział szyn na kolejne sekcje (np. 4) i wymianę transformatorów na trójuzwojeniowe (np. 110/15/15 kV).
   Są to jednak przedsięwzięcia bardzo kosztowne i trudne w realizacji.
   Ich zastosowanie ma sens, jeżeli idzie w parze z jeszcze jednym celem
   - potrzebą zwiększenia możliwości przyłączeniowych dla odbiorów i źródeł.

PGE Dystrybucja

# Dziękuję za uwagę.



**W prezentacji (slajdy 8 – 14) wykorzystałem fragmenty książki „Sieci średnich napięć. Automatyka zabezpieczeń i ochrona od porażeń” Pana Dr. Inż. Witolda Hoppela z Politechniki Poznańskiej**