

Załącznik do Zarządzenia nr 55/2023

Standard techniczny nr 43/2023
– praca punktu neutralnego sieci SN
w TAURON Dystrybucja S.A.
(wersja pierwsza)

Kraków, sierpień 2023 r.

Opracowali:	1. Maciej Lukaj	Centrala	Podpis przedstawiciela Zespołu:  Jerzy Scelina Podpisany przez: Scelina Jerzy
	2. Jerzy Scelina	Centrala	
	3. Jacek Floryn	Oddział we Wrocławiu	
	4. Aleksander Gawryał	Oddział w Tarnowie	
	5. Marcin Małkowski	Oddział w Bielsku-Białej	
	6. Andrzej Jakubas	Oddział w Częstochowie	
Sprawdził:	Zdzisław Koszkuł	Kierownik Biura Standaryzacji	 Zdzisław Koszkuł Podpisany przez: Koszkuł Zdzisław

Sprawdził pod względem formalno- prawnym:	Małgorzata Lisiak - Wańczyk	Radca Prawny	 Małgorzata Lisiak-Wańczyk Podpisany przez: Lisiak-Wańczyk Małgorzata
--	--------------------------------	--------------	---

Sprawdziła:	Izabela Gajecka	Dyrektor Departamentu Inwestycji i Rozwoju Sieci	 Izabela Gajecka Podpisany przez: Gajecka Izabela
-------------	-----------------	---	--

Zaakceptował:	Maciej Mróz	Wiceprezes Zarządu ds. Operatora	 Maciej Mróz Podpisany przez: Mróz Maciej
---------------	-------------	-------------------------------------	--

Odpowiedzialny za aktualizację:	Biuro Standaryzacji		
------------------------------------	---------------------	--	--

Spis treści

1	Podstawa opracowania	4
2	Cel opracowania	4
3	Zakres stosowania	4
4	Opis zmian	4
5	Definicje	4
6	Sposoby pracy punktu neutralnego sieci SN	6
7	Charakterystyka i parametry urządzeń realizujących pracę punktu neutralnego	19
8	Oznakowanie	33
9	Dokumentacja techniczna	33
10	Obszary potencjalnych korzyści spodziewanych w wyniku wprowadzenia zmian i modyfikacji układu pracy sieci	35
11	Ochrona przed porażeniem	38
12	Uwagi końcowe	39
13	Wykaz załączników	39

1 Podstawa opracowania

Podstawą Standardu są:

- normy i dokumenty związane wg Załącznika nr 1 do Standardu,
- powszechnie uznane zasady wiedzy technicznej.

2 Cel opracowania

Celem opracowania jest wprowadzenie zunifikowanych rozwiązań technicznych oraz stosowanie jednolitych zasad budowy sieci dystrybucyjnej TAURON Dystrybucja S.A.

3 Zakres stosowania

- 3.1 Standard techniczny nr 43/2023 - praca punktu neutralnego sieci SN w TAURON Dystrybucja S.A. (dalej: Standard) zawiera podstawowe wymagania techniczne, które powinny spełniać urządzenia realizujące pracę punktu neutralnego sieci SN.
- 3.2 Standard obowiązuje od dnia jego wprowadzenia stosownym Zarządzeniem Prezesa Zarządu TAURON Dystrybucja S.A. (dalej: TD S.A.) i należy stosować w przypadkach: budowy nowych lub przebudowy istniejących punktów neutralnych sieci SN.
- 3.3 W przypadkach remontu istniejących urządzeń pracujących w punktach neutralnych sieci SN, dopuszcza się stosować zasady, które zostały zastosowane przy budowie tych urządzeń.
- 3.4 Rozwiązania odbiegające od wymagań zawartych w Standardzie powinny uzyskać akceptację komórki merytorycznie odpowiedzialnej za obszar standaryzacji w TD S.A., zgodnie z obowiązującymi w tym zakresie procedurami.
- 3.5 Do zmiany treści Załączników do Standardu upoważniony jest Dyrektor Departamentu Inwestycji i Rozwoju Sieci, o ile zmiany te nie stoją w sprzeczności z przepisami prawa oraz obowiązującymi regulacjami wewnętrznymi i wewnątrzkorporacyjnymi.
Wskazane wyżej zmiany Załączników nie stanowią zmiany Standardu. Projekty zmian Załączników opracowuje i przedstawia wyżej przywołanemu Dyrektorowi Departamentu, Kierownik lub upoważniony przez niego pracownik komórki merytorycznie odpowiedzialnej za obszar standaryzacji. Osoby te są zobowiązane przekazać zmienione i zaakceptowane Załączniki do Biura Zarządu celem ich opublikowania w TAURONECIE.
- 3.6 W sprawach, w których przed dniem wejścia w życie Standardu zawarto umowę lub wydano warunki przyłączenia - albo w inny sposób powołano się na dotychczas obowiązujące zasady, stosuje się te dotychczasowe zasady, chyba, że strony umówią się na zastosowanie Standardu.
- 3.7 W przypadkach, w których Standard odwołuje się do treści innych Standardów technicznych, a Standardy te uległy zmianie (zmiana numeru, tytułu, układu jednostek redakcyjnych, treści), należy stosować odpowiednie wymagania określone w aktualnych i obowiązujących Standardach technicznych.
- 3.8 Jeżeli wymagania Standardu są bardziej rygorystyczne aniżeli wymagania wynikające z przepisów powszechnie obowiązujących i norm, to należy stosować się do wymagań Standardu.

4 Opis zmian

Wersja pierwsza.

Wszelkie kolejne zmiany treści Standardu oraz jego Załączników rejestrowane będą w Karcie aktualizacji dla Standardu stanowiącej odrębny dokument i przechowywanej w komórce merytorycznie odpowiedzialnej za obszar standaryzacji.

5 Definicje

AC (ang. alternating current) – prąd przemienny.

ARL – automatyczna regulacja prądu dławika.

AWSCz - automatyka wymuszenia składowej czynnej. Automatyka stosowana w sieci SN kompensowanej, której celem jest wymuszenie dodatkowej wartości składowej czynnej prądu ziemnozwarciowego podczas zwarcia doziemnego, w celu poprawy działania zabezpieczeń ziemnozwarciowych.

DC (ang. direct current) – prąd stały.

Dławik kompensujący – dławik gaszący (cewka Petersena) służący do kompensacji pojemnościowych prądów ziemnozwarciowych, włączony pomiędzy punkt neutralny transformatora uziemiającego, a ziemię.

DTR – dokumentacja techniczno–ruchowa urządzenia.

EAZ – elektroenergetyczna automatyka zabezpieczeniowa.

GPZ – główny punkt zasilający (stacja elektroenergetyczna 110kV/SN, 110kV/SN/SN).

Master-Slave - zespół współpracujących ze sobą urządzeń, z których jedno pełni rolę nadrzędną (zarządzającą), a pozostałe są urządzeniami podrzędnymi (zarządzanymi).

Napięcie niskie (nN) – napięcie nie wyższe niż 1 kV.

Napięcie średnie (SN) – napięcie wyższe od 1kV i niższe niż 110 kV (6 kV, 10, kV, 15, kV, 20 kV, 30 kV).

Odłącznik – łącznik mechaniczny, który w stanie otwarcia tworzy przerwę izolacyjną.

ON AN - najprostszy układ chłodzenia transformatora o symbolu ONAN "Oil Natural i Air Natural". W chłodzeniu wykorzystuje się naturalny, konwekcyjny przepływ gorącego oleju, a gorący olej oddaje ciepło do atmosfery poprzez naturalne przewodzenie kadzi z radiatorami.

PCB - **Polichlorowane bifenyle** (ang. *polychlorinated biphenyls*, PCBs) grupa halogenowych organicznych związków chemicznych, pochodnych bifenylu. W Polsce ich stosowanie jest zabronione od 30 czerwca 2010.

Punkt neutralny sieci - punkt symetrycznego układu napięć, który w normalnych warunkach ma zerowy potencjał.

Regulator prądu kompensującego – regulator nastawiający automatycznie na dławiku kompensującym zadaną wartość indukcyjności dopasowaną do aktualnej pojemności sieci SN.

Rezystor uziemiający – rezystor włączany na stałe pomiędzy punkt neutralny transformatora uziemiającego, a ziemię celem wymuszenia odpowiedniego prądu umożliwiającego niezwłoczne wyłączenie doziemionej linii oraz zapewniający tłumienie przepięć wywołanych przepływem prądu ziemnozwarciowego. Sieć z rezystorem nazywa się siecią z punktem neutralnym uziemionym przez rezystancję.

Rezystor wymuszający – rezystor pierwotny lub wtórny włączany w obwód prądu ziemnozwarciowego w automatyce AWSCz w celu wymuszenia składowej czynnej prądu ziemnozwarciowego w celu poprawy warunków działania zabezpieczeń ziemnozwarciowych w trakcie doziemienia w sieci SN.

Samoczynne ponowne załączenie (SPZ) – automatyka, której działanie polega na samoczynnym załączeniu wyłącznika linii po upływie odpowiednio dobranego czasu, po przejściu tego wyłącznika w stan wyłączenia spowodowanego zadziałaniem zabezpieczenia.

Sieć z izolowanym punktem neutralnym – system (elektryczny), w którym punkty neutralne transformatorów, generatorów i transformatorów uziemiających celowo nie są połączone z ziemią, za wyjątkiem połączeń o wysokiej impedancji wykonanych dla celów sygnalizacji, pomiarów i ochrony.

Sieć kompensowana – system (elektryczny), w którym przynajmniej jeden punkt neutralny transformatora lub transformatora uziemiającego jest uziemiony przez dławik kompensujący, a wypadkowa indukcyjność wszystkich dławików kompensujących jest zasadniczo dostrojona do pojemności doziemnej sieci dla częstotliwości pracy.

Sieć z punktem neutralnym uziemionym przez rezystancję – system (elektryczny), w którym przynajmniej jeden punkt neutralny transformatora uziemiającego jest uziemiony przez rezystancję tak dobraną, że zapewnia dostateczne tłumienie przepięć ziemnozwarciowych i niezawodne działanie urządzeń zabezpieczających.

SSiN – system sterowania i nadzoru np. SCADA.

Standard COMTRADE (ang. Common format for Transient Data Exchange for power system) – międzynarodowy format zapisu elektroenergetycznych przebiegów chwilowych pochodzących z rejestratorów zakłóceń.

Stopień ochrony (IP) – stopień ochrony zapewniany przez obudowę, przed dostępem do niebezpiecznych części, przedostaniem wody i/lub ciał stałych i potwierdzony badaniami wg. odpowiednich norm.

System SCADA (SCADA) – (ang: Supervisory Control And Data Acquisition) – system informatyczny nadzorujący przebieg procesu technologicznego lub produkcyjnego. Jego główne funkcje obejmują zbieranie aktualnych danych (pomiarów), ich wizualizację, sterowanie procesem, alarmowanie oraz archiwizację danych.

SZR – samoczynne załączenie rezerwy.

TPW, TPW1, TPW2 – transformator potrzeb własnych SN/nN.

Transformator uziemiający – transformator SN/nN, najczęściej również posiadający uzwojenie potrzeb własnych nN, z wyprowadzonym punktem neutralnym umożliwiającym podłączenie dławika kompensującego lub/i rezystora, reaktancji celem realizacji określonego sposobu pracy punktu neutralnego sieci SN. Stosowany jest ze względu na brak punktu neutralnego po stronie SN transformatora 110/SN – połączenie uzwojenia SN w trójkąt.

Uzwojenie górnego napięcia (GN) – uzwojenie transformatora mające najwyższe napięcie znamionowe.

Uzwojenie dolnego napięcia (DN) – uzwojenie transformatora mające najniższe napięcie znamionowe.

Wyłącznik - łącznik elektryczny mechanizmowy zdolny do załączania, przewodzenia i wyłączania prądów w normalnych warunkach pracy obwodu oraz prądu przeciążeniowego lub prądu zwarciovego.

ZNyn11 – grupa połączeń transformatora uziemiającego (potrzeb własnych). Gdzie: **Z** – uzwojenie średniego napięcia połączone w zygzak, **N** – wyprowadzony punkt neutralny średniego napięcia, **y** – uzwojenie niskiego napięcia połączone w gwiazdę, **n** – wyprowadzony punkt neutralny niskiego napięcia, **11** – przesunięcie wektorów napięcia pomiędzy fazami średniego i niskiego napięcia transformatora.

Pojęcia zdefiniowane mają znaczenie zgodne z definicją (analogicznie) zarówno użyte w liczbie pojedynczej, jak i mnogiej, w dowolnym przypadku gramatycznym, wielką lub małą literą.

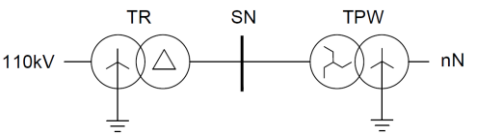
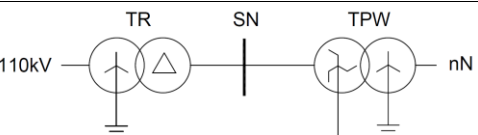
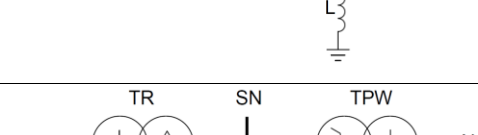
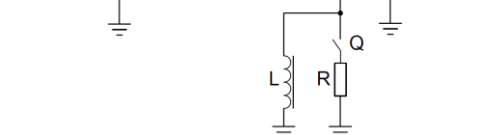
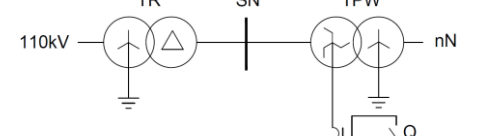
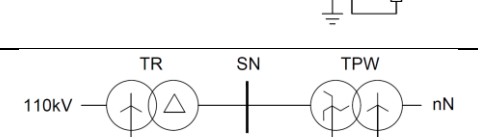
Wszelkie wzory, zależności matematyczne, zmienne, parametry zawarte w Standardzie wykorzystano na podstawie dostępnej literatury i opracowań zleconych, przedstawionych w Załączniku nr 2 do Standardu.

6 Sposoby pracy punktu neutralnego sieci SN

6.1 Wiadomości ogólne

Różnorodność stosowanych rozwiązań pracy punktu neutralnego sieci średniego napięcia wynikała między innymi z aktualnego stanu wiedzy na temat zjawisk występujących przy zwarciach doziemnych. Na układ pracy punktu neutralnego sieci wpłynął również rozwój zabezpieczeń ziemnozwarciowych, tj. zastąpienie zabezpieczeń analogowych zabezpieczeniami cyfrowymi, których charakterystyki są bardziej precyzyjne. Dodatkowo zabezpieczenia te pozwoliły na opracowanie i wdrożenie nowych kryteriów działania, a co za tym idzie skuteczniejszą (selektywną i czułą) eliminację zakłóceń w sieci. Duży wpływ na zmiany koncepcji pracy punktu neutralnego sieci średniego napięcia miały zmiany przepisów dotyczących ochrony przed porażeniem w sieci średniego i niskiego napięcia.

Najczęściej spotykane w Polsce sposoby pracy punktu pracy neutralnego sieci SN to:

Izolowany	
Uziemiony przez dławik kompensujący bez AWSCz	
Uziemiony przez dławik kompensujący z AWSCz. Rezystor zabudowany po stronie pierwotnej.	
Uziemiony przez dławik kompensujący z AWSCz i rezystorem przyłączonym do uzwojenia pomocniczego dławika	
Uziemiony przez dławik kompensujący – odłączany w czasie zwarcia (dekompensacja)	
Uziemiony przez rezystor	
Uziemiony przez rezystor oraz dławik kompensujący	

gdzie:

- L – dławik kompensacyjny,
- R – rezystor wymuszający,
- TPW – transformator uziemiający (transformator potrzeb własnych),
- TR – transformator mocy 110kV/SN,

Q – styk na rysunku jest symbolicznym oznaczeniem załączenia rezystora, wyłączeniem dławika podczas zwarcia. Brak styku oznacza, że rezystor/dławik pracuje ze stałym wymuszeniem.

Przedmiotem Standardu są zagadnienia związane z charakterystyką sieci i z doбором urządzeń realizujących:

- punkt neutralny pracujący jako izolowany,
- punkt neutralny pracujący jako uziemiony przez dławik kompensujący z automatyką AWSCz,
- punkt neutralny pracujący jako uziemiony przez rezystor.

Podstawowym powodem budowania sieci SN z różnymi sposobami pracy punktu neutralnego jest:

- optymalizacja prądów zwarć doziemnych z jednej strony z uwagi na zagrożenie porażeniowe w sieci SN oraz sieci nN zasilanej ze stacji transformatorowych SN/nN, a z drugiej z uwagi na pewność działania zabezpieczeń
- poprawna i pewna identyfikacja i eliminacja zwarć doziemnych w sieci SN,
- akceptowalny poziom przepięć ziemnozwarciowych.

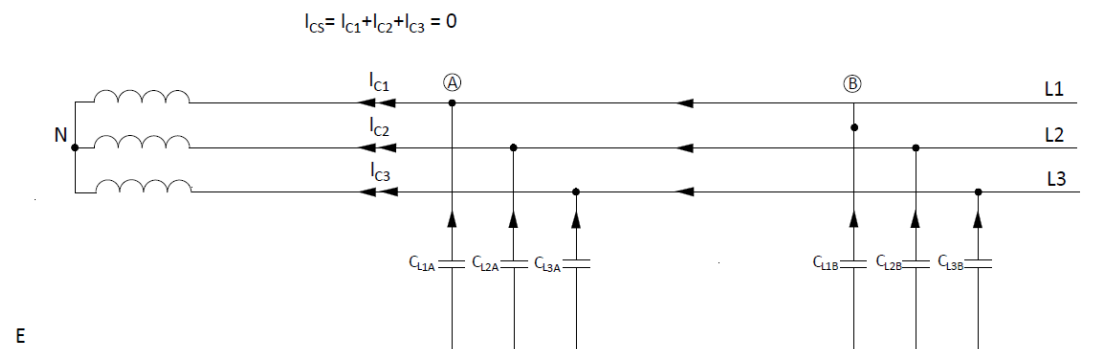
Przy wyborze sposobu pracy punktu neutralnego sieci SN należy brać pod uwagę następujące czynniki:

- wymagany poziom ochrony przed porażeniem i poziom przepięć w stacjach SN/nN oraz wzdłuż trasy linii SN,
- skuteczne i selektywne wyłączanie zwarć doziemnych,
- planowany rozwój sieci,
- koszty inwestycji i eksploatacji,
- ciągłość zasilania (rezerwowanie),
- ograniczenie rozmiarów uszkodzeń, zwłaszcza kabli i maszyn wirujących,
- zagrożenie uszkodzenia żył powrotnych kabli w sieciach o skłonnościach do powstawania zwarć podwójnych,
- aktualny stan ochrony przed porażeniem w istniejącej sieci SN podlegającej zmianom konfiguracji przy wprowadzeniu zmiany sposobu pracy punktu neutralnego

6.2 Izolowany punkt neutralny sieci SN

Zaletą rozwiązania jest minimalizacja kosztów inwestycyjnych i późniejszych kosztów eksploatacyjnych. Z punktu widzenia układu pracy jest to rozwiązanie bardzo proste, z uwagi na brak urządzeń przyłączanych do punktu neutralnego sieci.

6.2.1 Uproszczony rozpływ prądów w sieci izolowanej w warunkach normalnej pracy wynikający z ładowania pojemności linii przedstawiono na poniższym rysunku:



W warunkach normalnych pracy przewody fazowe sieci znajdują się względem ziemi pod napięciem fazowym i z przewodów linii, z każdej fazy, do ziemi płynie prąd pojemnościowy o wartości:

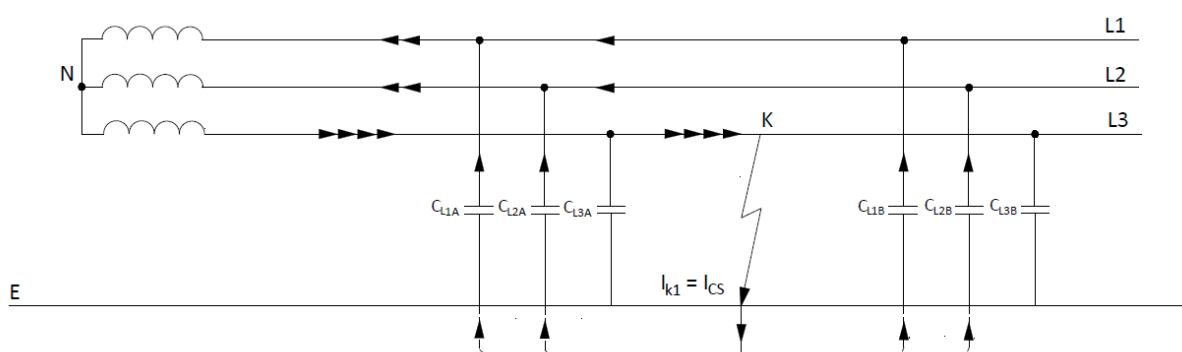
$$I_{C1} = \omega C_{L1} U_{L1} \quad I_{C2} = \omega C_{L2} U_{L2} \quad I_{C3} = \omega C_{L3} U_{L3}$$

gdzie:

- I_{C1}, I_{C2}, I_{C3} – prąd pojemnościowy fazy L1, L2, L3,
- U_{L1}, U_{L2}, U_{L3} – napięcie fazy L1, L2, L3,
- ω – pulsacja ($2\pi f$),
- C_{L1}, C_{L2}, C_{L3} – pojemność między fazą, a ziemią w fazie L1, L2, L3.

Ponieważ prądy I_{C1}, I_{C2}, I_{C3} są przesunięte między sobą o 120 stopni, sumaryczna wartość prądu pojemnościowego I_{CS} wynosi zero.

6.2.2 Uproszczony rozptył prądów¹, przy zwarcu doziemnym w sieci izolowanej przedstawiono na poniższym rysunku:



W przypadku zwarcia z ziemią jednej z faz, układ symetryczny zostaje naruszony. Potencjał fazy zwartej z ziemią będzie równy zero, natomiast do ziemi popłynie prąd o wartości:

$$I_{k1} = I_{CS} = 3I_C = \omega C_S U_L$$

gdzie:

- I_{k1} – wartość ustalona prądu ziemnozwarciowego w miejscu zwarcia,
- $I_{CS} = 3I_C$ – pojemnościowy prąd zwarcia (doziemny) całej sieci SN,
- $C_S = 3C_L$ – pojemność zastępcza sieci.

6.2.3 W przypadku zwarcia z ziemią w sieci izolowanej, w zależności od budowy sieci i miejsca wystąpienia zwarcia, prąd uziomowy I_E wynosi wg [2]²:

Rodzaj sieci średniego napięcia. Miejsce zwarcia	Prąd uwzględniany przy obliczeniach napięcia uziomowego i napięć dotykowych rażenia	
	Sieć kablowa	Sieć napowietrzna
Sieć z izolowanym punktem neutralnym		
W rozdzielni sieciowej SN i w stacji odbiorczej SN/nN	$I_E = r_E I_{CS}$	$I_E = I_{CS}$
W stacji GPZ	$I_{EGPZ} = r_E I_{CS}$	$I_{EGPZ} = I_{CS}$

gdzie:

¹ Na rysunku pominięto asymetrię, upływność i rezystancję przejścia w miejscu doziemienia.

² Oznaczenie odwołania do dokumentów wyspecyfikowanych w Załączniku nr 1 do Standardu

$$r_E = \frac{I_E}{3I_0} = \frac{3I_0 - I_{EW}}{3I_0} \text{ lub } \frac{I_E}{I_{CS}} = \frac{I_{CS} - I_{EW}}{I_{CS}}$$

- r_E – współczynnik redukcyjny, stosowany pod warunkiem zachowania ciągłości żył powrotnych kabli od punktu zasilania (od GPZ) do danej stacji (do miejsca wyznaczania prądu uziomowego),
- I_E – prąd uziomowy,
- I_{EGPZ} – prąd uziomowy w GPZ,
- I_{EW} – prąd w żyłce powrotnej / ekranie kabla SN,
- I_{CS} – pojemnościowy prąd zwarcia całej sieci SN,
- I_0 – składowa zerowa prądu zwarcia linii.

Zaleca się przyjmowanie współczynników redukcyjnych r_E w zależności od materiału i przekroju żyły powrotnej kabla zgodnie z poniższą tabelą wg [1]:

r_E	Przekrój żyły powrotnej S (mm ²)	Materiał
0,25	50	Cu
0,40 ÷ 0,55	25	
0,60	Kable tradycyjne z izolacją papierową i powłoką ołowianą	

- 6.2.4 W przypadku zwarcia z ziemią, w zależności od jego charakteru, w sieci SN występują przebiegi ziemnozwarciowe, określane wartością współczynnika przebiegu k_p :
- w chwili wystąpienia doziemienia: $k_p \approx 2,5$,
 - przy doziemieniu z łukiem przerywanym: $k_p \approx 3,5 \div \approx 4,0$.

- 6.2.5 Nie zaleca się stosować tego sposobu pracy punktu neutralnego z uwagi na:
- brak możliwości samoistnego gaszenia zwarć doziemnych,
 - możliwość występowania niekorzystnych zjawisk ferorezonansowych,
 - wyższą niż w innych sieciach skłonność do zwarć podwójnych i wielokrotnych,
 - wysoką intensywność zwarć doziemnych w liniach napowietrznych, co powoduje częste działanie automatyki SPZ (niekorzystne dla odbiorców wrażliwych, przedwczesne zużywanie się aparatury łączeniowej).

Biorąc powyższe pod uwagę, stosowanie izolowanego punktu neutralnego sieci SN uzasadnione jest w mało rozległych sieciach napowietrznych i napowietrzno-kablowych. Przekroczenie prądu ziemnozwarciowego powyżej wartości 30 A wg [1], powinno skłaniać do przeprowadzenia analizy zasadności zmiany sposobu pracy punktu neutralnego sieci SN.

Decyzja o wybranym sposobie pracy punktu neutralnego sieci wymaga dla każdego przypadku indywidualnej analizy uwzględniającej m.in.:

- istniejącą strukturę sieci SN,
- zamierzenia rozwojowe sieci SN,
- zagrożenia porażeniowe i przebiegiowe w sieci SN i nN,
- aspekty ruchowe.

6.3 Punkt neutralny sieci SN uziemiony przez dławik kompensujący

- 6.3.1 Sieć skompensowana to sieć, w której punkt neutralny sieci SN uziemiony jest przez jednofazowy dławik kompensujący, włączany pomiędzy punkt zerowy transformatora uziemiającego po stronie SN, a ziemię.

Głównym celem kompensacji jest potrzeba maksymalnego – uzasadnionego – skompensowania wartości prądu pojemnościowego sieci, w efekcie czego następuje możliwość samogaszenia łuku podczas zwarć doziemnych z możliwością samoistnej

odbudowy przerwy izolacyjnej bez konieczności działania automatyki SPZ powodującej niepożądane przerwy w zasilaniu odbiorców.

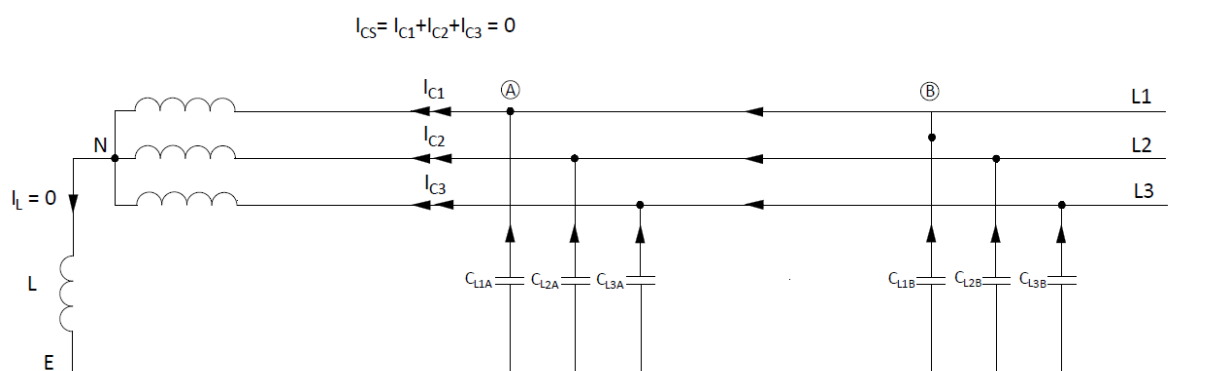
Ten rodzaj pracy punktu neutralnego sieci zalecany jest do sieci napowietrznych i napowietrzno-kablowych z przewagą sieci napowietrznych.

- 6.3.2 W celu dostrojenia dławika kompensującego do prądu pojemnościowego sieci, wyposaża się go w regulację zaczepową skokową lub płynną.

Stosuje się dwie metody kompensacji:

- kompensację z dławikiem regulowanym ręcznie. W tej metodzie przy każdej zmianie zaczepu na dławiku, wymagane jest wyłączenie pola transformatora uziemiającego,
- kompensację nadążną z automatyczną regulacją indukcyjności dławika, reagującą na zmiany pojemności kompensowanej sieci SN.

- 6.3.3 Uproszczony rozptył prądów w sieci kompensowanej w warunkach normalnych pracy³ (bez doziemienia) wynikający z ładowania pojemności linii przedstawiono na poniższym rysunku:



W warunkach normalnych pracy przewody fazowe sieci znajdują się względem ziemi pod napięciem fazowym i z przewodów linii, z każdej fazy, do ziemi płynie prąd pojemnościowy o wartości:

$$I_{C1} = \omega C_{L1} U_{L1} \quad I_{C2} = \omega C_{L2} U_{L2} \quad I_{C3} = \omega C_{L3} U_{L3}$$

Prąd dławika kompensacyjnego I_L wynosi zero z uwagi na brak napięcia U_0 (brak doziemienia).

$$I_L = \frac{1}{\omega L} U_0 = 0 \quad U_0 = 0$$

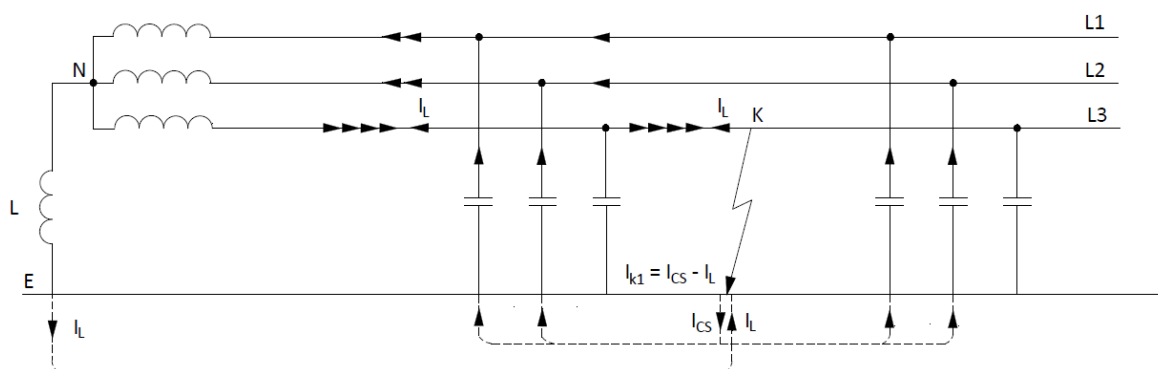
gdzie:

- I_{C1}, I_{C2}, I_{C3} – prąd pojemnościowy fazy L1, L2, L3,
- I_L – prąd płynący przez dławik (prąd kompensacji),
- U_{L1}, U_{L2}, U_{L3} – napięcie fazy L1, L2, L3,
- ω – pulsacja ($2\pi f$),
- C_{L1}, C_{L2}, C_{L3} – pojemność między fazą, a ziemią w fazie L1, L2, L3,
- L – indukcyjność dławika kompensacyjnego.

Ponieważ prądy I_{C1}, I_{C2}, I_{C3} są przesunięte między sobą o 120 stopni, sumaryczna wartość prądu pojemnościowego I_{CS} wynosi zero.

³ Na rysunku pominięto asymetrię, upływność.

- 6.3.4 Uproszczony rozptyw prądów⁴, przy zwarcu doziemnym w sieci kompensowanej przedstawiono na poniższym rysunku:



Ustalona wartość prądu w miejscu wystąpienia zwarcia z ziemią wynosi:

$$I_{k1} = I_{CS} - I_L$$

gdzie:

I_L – prąd płynący przez dławik (prąd kompensacji).

Po wystąpieniu zwarcia doziemnego obwód dławika kompensującego wymusza przepływ prądu I_L będącego w przeciwfazie w stosunku do prądu pojemnościowego sieci w miejscu zwarcia I_{CS} . W miejscu zwarcia prąd I_L dodaje się wektorowo do pojemnościowego prądu ziemnozwarciowego sieci I_{CS} .

- 6.3.5 W praktyce transformatory 110kV/SN w stacjach GPZ mają po stronie SN uzwojenia połączone w trójkąt. Z tego powodu do włączenia dławika kompensującego należy stosować dodatkowy transformator, tzw. transformator uziemiający, z uzwojeniem SN posiadającym punkt gwiazdowy. W tym celu stosuje się układ z transformatorem uziemiającym o grupie połączeń ZNyn11 (uzwojenie pierwotne połączone w zygzak celem uzyskania małej impedancji dla składowej zerowej). Z ww. transformatora zasilane są również potrzeby własne stacji WN/SN. Taki układ połączeń powoduje, że w transformatorze zasilającym po stronie SN składowa zerowa ma wartość zero natomiast w transformatorze uziemiającym w każdej fazie po stronie SN płynie prąd równy 1/3 prądu kompensacji I_L , co sumarycznie daje prąd dławika równy prądowi kompensacji I_L .
- 6.3.6 Parametry techniczne dławika kompensującego powinny być tak określone, aby jego praca była możliwa dla normalnego i awaryjnego układu sieci SN.
- Dlatego też, wyznaczając te parametry, w pierwszej kolejności należy wyznaczyć minimalną i maksymalną wartość pojemnościowego prądu zwarcia doziemnego analizowanej sieci. Przy wyznaczaniu minimalnej wartości prąd zwarcia doziemnego należy przyjmować wartość I_{CS} określoną dla normalnego układu pracy sieci pomniejszoną o wartość prądu pojemnościowego linii o największym jego udziale w prądzie I_{CS} . Wartość ta, powinna być wyznaczana dla sieci zasilanej z jednej sekcji rozdzielnic SN.
- Przy wyznaczaniu maksymalnej wartości prądu zwarcia doziemnego należy przyjmować wartość I_{CS} określoną dla normalnego układu pracy sieci z uwzględnieniem układów awaryjnych i przewidywanym jej rozwojem. Wartość ta, powinna być wyznaczana dla sieci zasilanej z dwóch sekcji rozdzielnic SN.
- 6.3.7 Optymalnie, sieć skompensowana powinna być stale dostrojona do rezonansu prądowego w obwodzie ziemnozwarciowym. Ma to miejsce przy spełnieniu warunku: $I_L = I_{CS}$.

⁴ Na rysunku pominięto asymetrię, upływność i rezystancję przejścia w miejscu doziemienia.

Jednakże, w tym przypadku występują duże wartości przepięć oraz zerowa wartość prądu resztkowego ($I_L - I_{CS} \approx 0$), przez co, praktycznie niemożliwa staje się lokalizacja zwarć i selektywne ich wyłączanie przez automatykę EAZ.

Dlatego też dąży się do rozstrojenia kompensacji ziemnozwarciowej wprowadzając pojęcie współczynnika kompensacji:

$$K = \frac{I_L}{I_{CS}}$$

oraz procentowego rozstrojenia kompensacji:

$$s = (K - 1) \cdot 100\%.$$

Z praktyki wynika, że wartość współczynnika K należy przyjmować z zakresu $K = 1,05 \div 1,2$, przy czym, mniejszym wartością prądów pojemnościowych sieci, powinny odpowiadać większe wartości współczynnika K.

Tak przyjętym wartościom współczynnika K, odpowiada wartość procentowego rozstrojenia kompensacji w zakresie: $s = 5\% \div 20\%$.

Wg powyższego, wartość prądu dławika należy wyznaczać wg zależności:

$$I_L = K \cdot I_{CS} = (1,05 \div 1,2) \cdot I_{CS}.$$

- 6.3.8 Warunkiem korzystania z zalet sieci skompensowanych jest właściwe dostrojenie dławików i odpowiedni podział sieci na obszary galwanicznie oddzielone w układzie normalnym pracy sieci, w których pojemnościowy prąd ziemnozwarciowy nie powinien przekraczać wartości $I_{CS} = 100 \div 200$ A, przy czym skuteczne gaszenie przemijających zwarć doziemnych można osiągnąć gdy spełniony jest warunek:

$$I_L - I_{CS} \leq 30 \text{ A dla sieci o napięciu znamionowy sieci od 6 kV do 30 kV}$$

Przy przekroczeniu wartości I_{CS} , przy której nie będzie spełniony powyższy warunek należy liczyć się z ryzykiem, że zjawisko samogaśnięcia zwarć doziemnych nie będzie następować. W tym wypadku należy rozważyć przejście na pracę punktu neutralnego uziemionego przez rezystancję.

- 6.3.9 Z uwagi na zmiany prądu pojemnościowego na skutek nasycania sieci odbiorami nieliniowymi zaleca się stosowanie dławików z płynną regulacją prądu kompensującego, umożliwiającą zachowanie ww. warunku. Regulacja zaczepowa powinna być stosowana tylko w sieciach gdzie zmiana konfiguracji sieci występuje rzadko lub jej rozwój jest bardzo powolny. Decyzję o przyjętym rozwiązaniu podejmuje Oddział na podstawie analizy dynamiki zmian i zakresu zmienności pojemności sieci oraz w oparciu o prognozy rozwojowe dla danego obszaru.

- 6.3.10 Wartość mocy kompensacji dławika oraz transformatora uziemiającego określa się wg wzoru:

$$P_N = \frac{1,05 \cdot U_n}{\sqrt{3}} \cdot I_L$$

- 6.3.11 Przykłady obliczeniowe:

a) Dla przyjętych wartości: $U_n = 20$ kV, $I_{CS} = 200$ A, $K = 1,1$:

- wartość prądu dławika: $I_L = 1,1 \cdot 200 \text{ A} = 220 \text{ A}$,
- procentowe rozstrojenie kompensacji: $s = (1,1 - 1) \cdot 100\% = 10\%$,
- warunek skutecznego gaszenia przemijających zwarć doziemnych:
($220 \text{ A} - 200 \text{ A}$) = $20 \text{ A} \leq 30 \text{ A}$ (warunek spełniony),
- wartość mocy kompensacji: $P_N = \frac{1,05 \cdot 20000 \text{ V}}{\sqrt{3}} \cdot 220 \text{ A} = 2667 \text{ kVA}$.

b) Dla przyjętych wartości: $U_n = 15$ kV, $I_L = 300$ A, $K = 1,05$:

- dopuszczalna wartość prądu pojemnościowego sieci: $I_{CS} = 300 \text{ A} / 1,05 = 286 \text{ A}$,

- procentowe rozstrojenie kompensacji: $s = (1.05 - 1) \cdot 100\% = 5\%$,
- warunek skutecznego gaszenia przemijających zwarć doziemnych: $(300 \text{ A} - 286 \text{ A}) = 14 \text{ A} \leq 30 \text{ A}$ (warunek spełniony),
- wartość mocy kompensacji: $P_N = \frac{1.05 \cdot 15000 \text{ V}}{\sqrt{3}} \cdot 300 \text{ A} = 2728 \text{ kVA}$.

c) Dla przyjętych wartości: $U_n = 15 \text{ kV}$, $I_{CS} = 250 \text{ A}$, $s = 15\%$:

- współczynnik kompensacji: $K = 15\%/100\% + 1 = 1,15$,
- wymagana wartość prądu dławika: $I_L = 1,15 \cdot 250 \text{ A} = 287,5 \text{ A}$,
- warunek skutecznego gaszenia przemijających zwarć doziemnych: $(287,5 \text{ A} - 250 \text{ A}) = 37,5 \text{ A} \leq 30 \text{ A}$ (warunek niespełniony).

Należy obniżyć wartość procentowego rozstrojenia kompensacji, do wartości $s = 10\%$, wówczas:

- współczynnik kompensacji: $K = 10\%/100\% + 1 = 1,1$,
- wymagana wartość prądu dławika: $I_L = 1,1 \cdot 250 \text{ A} = 275 \text{ A}$,
- warunek skutecznego gaszenia przemijających zwarć doziemnych: $(275 \text{ A} - 250 \text{ A}) = 25 \text{ A} \leq 30 \text{ A}$ (warunek spełniony),
- wartość mocy kompensacji: $P_N = \frac{1.05 \cdot 15000 \text{ V}}{\sqrt{3}} \cdot 275 \text{ A} = 2501 \text{ kVA}$

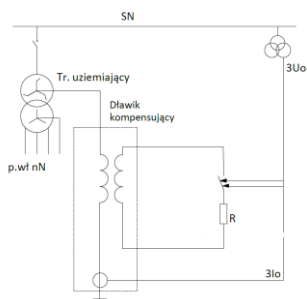
6.3.12 W przypadku zwarcia z ziemią, w zależności od jego charakteru, w sieci SN występują przebiegi ziemnozwarciowe, określane wartością współczynnika przebiegów k_p :

- w chwili wystąpienia doziemienia: $k_p \approx 2,5$,
- przy doziemieniu z łukiem przerywanym: $k_p \approx 2,9$.

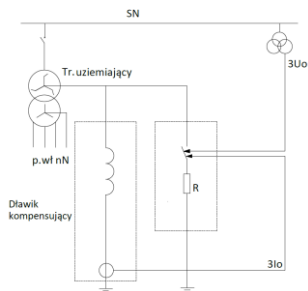
6.3.13 W sieciach pracujących z punktem neutralnym uziemionym przez dławik, dla zapewnienia odpowiednich warunków pracy zabezpieczeń ziemnozwarciowych, wymusza się przez określony czas przepływ dodatkowej składowej czynnej w doziemnym prądzie zwarcia (automatyka AWSCz) lub przerywa się na określony czas przepływ prądu kompensującego (dekompensacja).

Wymuszanie składowej czynnej uzyskuje się za pomocą rezystora wymuszającego przyłączanego do:

6.3.13.1 Dodatkowego uzwojenia niskiego napięcia dławika kompensującego (zestaw: transformator uziemiający, dławik kompensujący) - zalecane.



6.3.13.2 Punktu gwiazdowego transformatora uziemiającego, równolegle do dławika kompensacyjnego (zestaw: transformator uziemiający, dławik oraz rezystor).



- 6.3.14 W sieciach pracujących z punktem neutralnym uziemionym przez dławik z zabudowaną automatyką AWSCz, w przypadku zwarcia z ziemią, w zależności od budowy sieci i miejsca wystąpienia zwarcia, prąd uziomowy I_E wynosi:

Rodzaj sieci średniego napięcia Miejsce zwarcia	Prąd uwzględniany przy obliczeniach napięcia uziomowego i napięć dotykowych rażenia	
	Sieć kablowa	Sieć napowietrzna
Sieć skompensowana z AWSCz		
W rozdzielni sieciowej SN bez dławika i w stacji odbiorczej SN/nN	$I_E = r_E I_{res}$	$I_E = I_{res}$
W stacji GPZ z zainstalowanym dławikiem	$I_{EGPZ} = r_E I_{CS}$	$I_{EGPZ} = I_{CS}$

gdzie:

$$r_E = \frac{I_E}{3I_0} = \frac{3I_0 - I_{EW}}{3I_0} \text{ lub } \frac{I_E}{I_{CS}} = \frac{I_{CS} - I_{EW}}{I_{CS}}$$

- r_E – współczynnik redukcyjny, stosowany pod warunkiem zachowania ciągłości żył powrotnych kabli od punktu zasilania (od GPZ) do danej stacji (do miejsca wyznaczania prądu uziomowego),
- I_E – prąd uziomowy,
- I_{EGPZ} – prąd uziomowy w GPZ,
- I_{res} – prąd resztkowy wynikający ze stopnia kompensacji, powiększony o dodatkową składową czynną wnoszoną przez AWSCz,
- I_{EW} – prąd w żyłę powrotnej / ekranie kabla SN,
- I_{CS} – pojemnościowy prąd zwarcia całej sieci SN,
- I_0 – składowa zerowa prądu zwarcia linii.

- 6.3.15 W sieci SN, w której punkt neutralny uziemiony jest przez dławik kompensujący zaleca się zastosować urządzenia kompensacji nadążnej z układem wymuszenia składowej czynnej (AWSCz) po stronie wtórnej. Kompensacja nadążna zalecana jest w układach, w których następuje dynamiczna zmiana pojemności sieci SN, na skutek dokonywania w niej częstych zmian podziałów. W takim przypadku dławik kompensujący powinien posiadać możliwość automatycznej regulacji prądu kompensacji. Dławiki kompensujące należy przyłączać do punktów neutralnych transformatorów uziemiających. Transformatory uziemiające powinny posiadać uzwojenia dodatkowe na napięcie 400/230V dla zasilania potrzeb własnych stacji WN/SN.
- 6.3.16 Zaleca się stosować zespół z kompensacją nadążną i automatycznym pomiarem wartości prądu pojemnościowego kompensowanej sieci (transformator, regulator prądu kompensującego, dławik kompensujący, przekładnik prądowy punktu neutralnego sieci, rezystor wtórny wymuszający do automatyki AWSCz).
- 6.3.17 Zespoły kompensacji nadążnej należy tak dobierać, aby zakres regulacji pojedynczego zespołu obejmował sumaryczny prąd pojemnościowy obu sekcji rozdzielni SN stacji, przy załączonym sprzęgle SN. Jednocześnie ww. zespoły muszą być zaprojektowane w oparciu o urządzenia typowe oraz uwzględniać możliwości techniczne ich zabudowy. Podczas łączenia sekcji rozdzielni SN pracujących z odrębnymi układami kompensacji dochodzi do pracy równoległej dwóch dławików, każdy z odrębnym układem regulacji. W takim przypadku układ powinien posiadać zdolność do automatycznego dostrojenia pracy dławików do nowego układu pracy sieci SN.
- 6.3.18 Każdy zespół kompensacyjny powinien umożliwiać dobudowę w przyszłości dławika stałego. Może to być zrealizowane np. poprzez rezerwę miejsca.
- 6.3.19 Zestawienie urządzeń wchodzących w skład zespołu kompensacyjnego:

- a. Transformator uziemiający/potrzeb własnych o mocy potrzeb własnych dobranej przez projektanta (uwzględniającej całkowite obciążenie potrzeb własnych stacji) oraz mocy kompensacji dostosowanej do prądu kompensującego dławika.
- b. Dławik kompensujący z modułem sterującym, z regulacją płynną lub krokową realizowaną z użyciem napędu elektrycznego.
- c. Regulator prądu kompensującego wraz z układem sterowania.
- d. Przekładnik prądowy punktu neutralnego sieci.
- e. Rezystor wymuszający wraz z układem automatyki AWSCz.
- f. Połączenie konektorowe lub za pośrednictwem odłącznika jednobiegunowego z napędem ręcznym pomiędzy punktem neutralnym transformatora a dławikiem.
- g. Wyłącznik SN lub stycznik nN w zależności od zastosowanego rezystora AWSCz (rezystor pierwotny, wtórny).
- h. Układ komunikacji ze sterownikiem telemechaniki i w kanale inżynierskim.

6.3.20 Stanowiska zespołów uziemiających (transformator uziemiający, dławik, rezystor) zaleca się wykonywać jako wewnętrzne, w wydzielonych pomieszczeniach budynków stacyjnych, przy czym każde stanowisko powinno się znajdować w oddzielnym pomieszczeniu. Zaleca się stosować urządzenia z izolacją suchą (żywiczną). W przypadku zastosowania urządzeń z izolacją olejową pod każdym zespołem uziemiającym należy przewidzieć szczelną misę lub odpowiednio wyprofilowaną podłogę zdolną pomieścić olej znajdujący się w urządzeniach. Ściany, drzwi, przepusty powinny spełniać wymagania ochrony przeciwpożarowej i stanowić strefy oddzielenia pożarowego. Zaleca się stosować połączenia pomiędzy urządzeniami jako pełnoizolowane. W przypadku instalacji napowietrznej należy przewidzieć dedykowaną misę olejową. Dla stanowiska napowietrznego połączenia pomiędzy urządzeniami należy stosować jako pełnoizolowane lub izolowane z zastosowaniem przewodów izolowanych SN oraz osłon izolacyjnych na przepustach izolatorowych. Wszystkie urządzenia należy dobrać do układu normalnego sieci SN, biorąc pod uwagę rozwój sieci i ew. możliwe stany awaryjne (np. praca równoległa dławików). Transformatory uziemiające, należy przyłączać do szyn zbiorczych rozdzielnic SN poprzez pole SN. Wyposażenie i zabezpieczenia pola SN zgodnie ze Standardami technicznymi [T1] i [T6]. Wymagania dla rozdzielnic SN pierwotnego rozdziału określono w Standardzie technicznym [T6].

6.3.21 Szczegółowe wymagania dla zabudowy stanowisk transformatorów, dławików, rezystorów uziemiających w sieci SN przedstawiono w Standardzie technicznym [T2].

6.3.22 Szczegółowe wymagania dla pomieszczenia transformatorów potrzeb własnych, gospodarki wodno-ściekowej określono w Standardzie technicznym [T2].

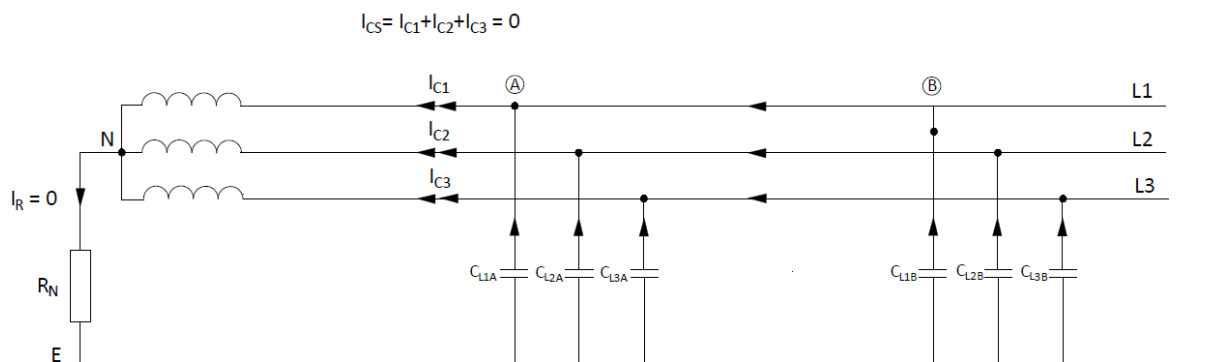
6.3.23 Szczegółowe wymagania dla automatyki AWSCz określono w Standardach technicznych [T1] i [T5].

6.4 Punkt neutralny sieci SN uziemiony przez rezystor uziemiający

6.4.1 Uziemiony przez rezystor punkt neutralny sieci SN spotyka się najczęściej w sieciach kablowych, szczególnie miejskich i w sieciach kablowo – napowietrznych z przewagą sieci kablowych.

Cechą charakterystyczną sieci uziemionej przez rezystor jest występowanie największego prądu ziemnozwarciowego w stosunku do sieci izolowanej i skompensowanej. Wiąże się to z podwyższonym zagrożeniem porażeniowym (szczególnie w sieciach napowietrznych). Ze względu na zastosowanie prostych i pewnych w działaniu zabezpieczeń nadprądowo – zwłoczných możliwe jest skrócenie czasu ich działania (zazwyczaj 0,1 – 0,4 s), a zatem częściowe skompensowanie zagrożenia związanego ze wzrostem napięć rażniowych. Dobór rezystora do sieci uziemionej przez rezystor należy zawsze rozpatrywać w kontekście spełnienia wymagań ochrony przed porażeniem dla tego typu sieci.

6.4.2 Uproszczony rozpływ prądów w sieci uziemionej przez rezystor w warunkach normalnych pracy⁵ (bez doziemienia), wynikający z ładowania pojemności linii przedstawiono na poniższym rysunku:



W warunkach normalnych pracy przewody fazowe sieci znajdują się względem ziemi pod napięciem fazowym i z przewodów linii, z każdej fazy, do ziemi płynie prąd pojemnościowy o wartości:

$$I_{C1} = \omega C_{L1} U_{L1} \quad I_{C2} = \omega C_{L2} U_{L2} \quad I_{C3} = \omega C_{L3} U_{L3}$$

Prąd rezystora uziemiającego I_R wynosi zero z uwagi na brak napięcia U_0 (brak doziemienia).

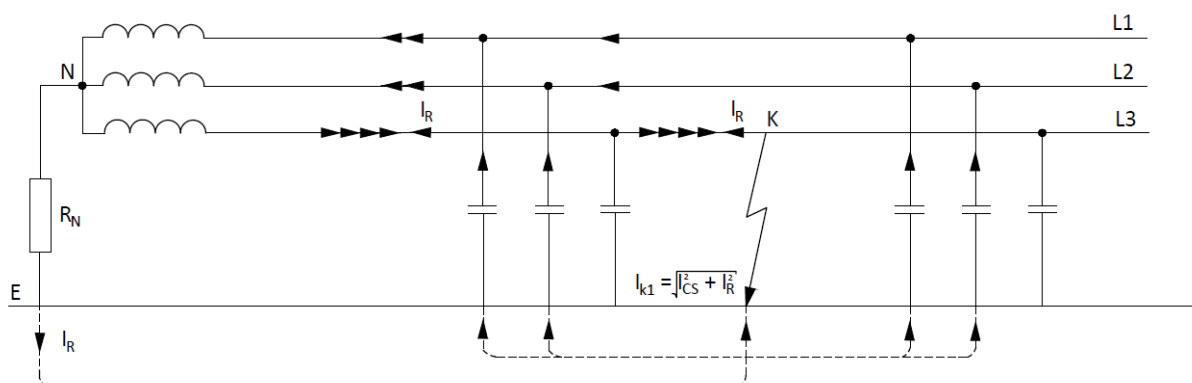
$$I_R = \frac{1}{R_N} U_0 = 0 \quad U_0 = 0$$

gdzie:

- I_{C1}, I_{C2}, I_{C3} – prąd pojemnościowy fazy L1, L2, L3,
- I_R – prąd płynący przez rezystor uziemiający,
- U_{L1}, U_{L2}, U_{L3} – napięcie fazy L1, L2, L3,
- ω – pulsacja ($2\pi f$),
- C_{L1}, C_{L2}, C_{L3} – pojemność między fazą, a ziemią w fazie L1, L2, L3,
- R_N – rezystancja rezystora uziemiającego.

Ponieważ prądy I_{C1}, I_{C2}, I_{C3} są przesunięte między sobą o 120 stopni, sumaryczna wartość prądu pojemnościowego I_{CS} wynosi zero.

6.4.3 Uproszczony rozpływ prądów przy zwarciu doziemnym w sieci SN uziemionej przez rezystor⁶ przedstawiono na poniższym rysunku:



⁵ Na rysunku pominięto asymetrię, upływność.

⁶ Na rysunku pominięto asymetrię, upływność i rezystancję przejścia w miejscu doziemienia

Prądy w uzwojeniu transformatora uziemiającego stanowią 1/3 prądu rezystora co ma znaczenie przy doborze transformatora uziemiającego oraz odpowiednich zabezpieczeń.

Ustalona wartość prądu w miejscu wystąpienia zwarcia z ziemią wynosi:

$$I_{k1} = \sqrt{(I_{CS})^2 + I_R^2}$$

gdzie:

I_R – prąd płynący przez rezystor.

Po wystąpieniu zwarcia doziemnego obwód rezystora uziemiającego wymusza przepływ prądu I_R będącego w fazie z napięciem fazowym fazy dotkniętej doziemieniem. W miejscu zwarcia prąd I_R dodaje się wektorowo do pojemnościowego prądu ziemnozwarciowego sieci I_{CS} .

- 6.4.4 W przypadku zwarcia z ziemią, w zależności od budowy sieci i miejsca wystąpienia zwarcia, prąd uziomowy I_E wynosi:

Rodzaj sieci średniego napięcia. Miejsce zwarcia	Prąd uwzględniany przy obliczeniach napięcia uziomowego i napięć dotykowych rażenia	
	Sieć kablowa	Sieć napowietrzna
Sieć uziemiona przez rezystor		
W rozdzielni sieciowej SN bez rezystora i w stacji odbiorczej SN/nN	$I_E = r_E \sqrt{I_R^2 + I_{CS}^2}$	$I_E = \sqrt{I_R^2 + I_{CS}^2}$
W stacji GPZ z zainstalowanym rezystorem	$I_{EGPZ} = r_E I_{CS}$	$I_{EGPZ} = I_{CS}$

$$r_E = \frac{I_E}{3I_0} = \frac{3I_0 - I_{EW}}{3I_0} \text{ lub } \frac{I_{CS} - I_{EW}}{I_{CS}}$$

r_E – współczynnik redukcyjny, stosowany pod warunkiem zachowania ciągłości żył powrotnych kabli od punktu zasilania (od GPZ) do danej stacji (do miejsca wyznaczania prądu uziomowego),

I_E – prąd uziomowy,

I_{EGPZ} – prąd uziomowy w GPZ,

I_{EW} – prąd w żyłę powrotnej / ekranie kabla SN,

I_{CS} – pojemnościowy prąd zwarcia całej sieci SN,

I_R – prąd płynący przez rezystor,

I_0 – składowa zerowa prądu zwarcia linii.

- 6.4.5 W przypadku zwarcia z ziemią, w zależności od jego charakteru, w sieci SN występują przebiegi ziemnozwarciowe, określane wartością współczynnika przebiegów k_p :

- w chwili wystąpienia doziemienia: $k_p \approx 2,1$,
- przy doziemieniu z łukiem przerywanym: $k_p \approx 2,2$.

- 6.4.6 W sieci z punktem neutralnym uziemionym przez rezystor nie obserwuje się zwarć powrotnych, a praktycznie każde doziemienie zakończony jest wyłączeniem uszkodzonej linii.

- 6.4.7 Zastosowanie rezystora przyczynia się do skutecznego tłumienia przebiegów ziemnozwarciowych, przez co w zdecydowany sposób zmniejszona jest degradacja izolacji urządzeń, a w szczególności kabli.

- 6.4.8 Przy zastosowaniu rezystora uziemiającego warunkiem podstawowym jest, aby wymuszony przez rezystor prąd $I_R \geq I_{CS}$, a biorąc pod uwagę wpływ prądu rezystora na ograniczenie przebiegów należy stosować zasadę $I_R \geq 1,2 \cdot I_{CS}$.

- 6.4.9 Ten rodzaj pracy punktu neutralnego sieci SN zalecany jest dla sieci kablowej (lub kablowej z niewielkim udziałem sieci napowietrznej), w której nie zachodzi samoistna regeneracja

izolacji kabli. Szczególnie dotyczy to obszarów miejskich o dużym uzbrojeniu podziemnym oraz obszarów o małej rezystywności gruntów.

6.4.10 Zaleca się symetryzację parametrów rezystorów i transformatorów uziemiających pracujących w poszczególnych sekcjach rozdzielni SN.

6.4.11 Dla sieci kablowych SN, rezystory przyłączane do punktu zerowego transformatora potrzeb własnych każdej sekcji z rozdzielni SN zaleca się dobierać tak, aby wartość prądu doziemnego w czasie metalicznego zwarcia do uziomu stacji nie przekraczała $I_{k1} = 500$ A. W każdym przypadku doboru rezystora należy dokonać sprawdzenia spełnienia warunków ochrony przed porażeniem.

Wg dotychczasowej praktyki optymalna wartość prądu ziemnozwarciowego płynącego przez rezystor powinna spełniać zależność:

$$I_R \geq 1,2 \cdot I_{CS}.$$

6.4.12 Wartość rezystancji rezystora określa się wg wzoru:

$$R_N = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot I_R}$$

gdzie:

U_n – napięcie nominalne sieci,

R_N – wymagana wartość rezystancji rezystora uziemiającego,

I_R – prąd ziemnozwarciowy przepływający przez rezystor.

6.4.13 Wartość mocy rzeczywistej transformatora uziemiającego określa się wg wzoru:

$$P_N = \frac{1,05 \cdot U_n \cdot I_R}{\sqrt{3}}$$

6.4.14 Przykłady obliczeniowe:

a) Dla przyjętych wartości: $U_n = 20$ kV, $I_{CS} = 300$ A:

– wymagana wartość prądu rezystora: $I_R = 1,4 \cdot 300$ A = 420 A,

– wymagana wartość rezystancji rezystora: $R_N = \frac{20000 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 420 \text{ A}} = 27,5 \text{ } \Omega$,

– wymagana wartość mocy rzeczywistej transformatora uziemiającego:

$$P_N = \frac{1,05 \cdot 20000 \text{ V}}{\sqrt{3}} \cdot 420 \text{ A} = 5092 \text{ kVA}.$$

b) Dla przyjętych wartości: $U_n = 20$ kV, $I_{k1} = 500$ A, $I_R = 1,2 \cdot I_{CS}$:

– dopuszczalna, maksymalna wartość prądu pojemnościowego sieci:

$$I_{CS} = \frac{I_{k1}}{\sqrt{1,2^2 + 1}} = \frac{500 \text{ A}}{\sqrt{1,2^2 + 1}} = 320 \text{ A},$$

– dopuszczalna, maksymalna wartość prądu rezystora:

$$I_R = 1,2 \cdot 320 \text{ A} = 384 \text{ A},$$

– wymagana wartość rezystancji rezystora:

$$R_N = \frac{20000 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 384 \text{ A}} = 30 \text{ } \Omega,$$

– wymagana wartość mocy rzeczywistej transformatora uziemiającego:

$$P_N = \frac{1,05 \cdot 20000 \text{ V}}{\sqrt{3}} \cdot 384 \text{ A} = 4656 \text{ kVA}.$$

7 Charakterystyka i parametry urządzeń realizujących pracę punktu neutralnego.

7.1 Środowiskowe warunki pracy

- 7.1.1 Wszystkie urządzenia realizujące pracę punktu neutralnego sieci SN powinny być przystosowane do pracy w warunkach środowiskowych określonych wg poniższych tabel:
- zabudowa napowietrzna:

Lp.	Wyszczególnienie	Wymagane
1	Maksymalna temperatura otoczenia	40 °C
2	Średnia temperatura otoczenia mierzona w okresie 24 godzin nie przekracza	35 °C
3	Minimalna temperatura otoczenia	-30 °C
4	Wysokość pracy nad poziomem morza	≤ 1000 m
5	Poziom izokerauniczny nie wyższy niż (liczba dni burzowych)	27 dni/rok
6	Poziom nasłonecznienia	≤ 1000 W/m ²
7	Strefa zabrudzeniowa wg normy [N8]	II lub III

- zabudowa wewnątrzowa:

Lp.	Wyszczególnienie	Wymagane
1	Maksymalna temperatura otoczenia	40 °C
2	Średnia temperatura otoczenia mierzona w okresie 24 godzin nie przekracza	35 °C
3	Minimalna temperatura otoczenia	-5 °C
4	Wysokość pracy nad poziomem morza	≤ 1000 m
5	Średnia wartości wilgotności względnej, mierzona w okresie 24 godzin	≤ 95%
6	Poziom nasłonecznienia	≤ 1000 W/m ²
7	Strefa zabrudzeniowa wg normy [N8]	II lub III

Wybór odpowiedniej strefy zabrudzeniowej powinien być realizowany przez komórkę merytoryczną odpowiedzialną za dobór transformatorów rozdzielczych SN/nN, odpowiednio do warunków zabrudzeniowych w planowanej lokalizacji transformatora.

7.2 Parametry urządzeń realizujących pracę izolowanego punktu neutralnego SN.

- 7.2.1 Transformator potrzeb własnych dobrać zgodnie ze Standardem technicznym [T3].

7.3 Parametry urządzeń realizujących pracę punktu neutralnego SN uziemionego przez dławik kompensujący z automatyką AWSCz.

- 7.3.1 Transformator uziemiający SN/nN spełniający rolę transformatora potrzeb własnych, współpracujący z dławikiem i rezystorem AWSCz.

- 7.3.1.1 Transformatory uziemiające, należy przyłączać do szyn zbiorczych rozdzielnic SN poprzez pole SN. Transformator uziemiający powinien mieć grupę połączeń ZNyn11 oraz wielkość mocy kompensacyjnej równą lub większą od mocy kompensacyjnej dławika kompensacyjnego.

- 7.3.1.2 Transformator oraz wszystkie części, materiały i podzespoły użyte do jego budowy muszą być fabrycznie nowe i wyprodukowane nie wcześniej niż 12 miesięcy, licząc od daty dostawy, a w przypadku izolatorów porcelanowych termin ten nie może przekraczać 24 miesięcy.

- 7.3.1.3 Transformatory powinny być wykonane w sposób umożliwiający czyszczenie w technologii pod napięciem.

7.3.1.4 Transformatory uziemiające powinny spełniać wymagania określone w Standardzie oraz wymagania jakościowe określone w Załączniku nr 2 do Standardu. Transformatory uziemiające powinny spełniać wymagania norm określonych w pkt 2.2. Załącznika nr 1 do Standardu, tj.:

- transformatory olejowe normy [N13],
 - transformatory suche norm [N13] i [N18],
- oraz innych norm dotyczących zastosowanego wyposażenia i osprzętu.

7.3.1.5 Transformatory uziemiające powinny spełniać parametry techniczne i konstrukcyjne wg. poniższej tabeli:

L.p.	Wyszczególnienie	Wymaganie				
1	Transformator o przekładni	6,3/0,42 kV	10,5/0,42 kV	15,75/0,42 kV	21,0/0,42 kV	31,5/0,42 kV
2	Napięcie znamionowe uzwojenia górnego napięcia GN	6,3 kV	10,5 kV	15,75 kV	21 kV	31,5 kV
3	Napięcie znamionowe uzwojenia dolnego napięcia DN	0,42 kV				
4	Napięcie zwarcia	4,5 % ÷ 6% z tolerancją +-10%				
5	Minimalny poziom izolacji	LI60 AC20/AC3	LI75 AC28/AC3	LI95, AC38/AC3	LI125, AC50/AC3	LI170 AC70/AC3
6	Poziom ciśnienia akustycznego	≤ 55 dB				
7	Zakres regulacji napięcia	± 7,5 %				
8	Regulacja napięcia transformatora w stanie beznapięciowym	7-mio stopniowa ±3 x 2,5%				
9	Układ połączeń	ZNyn11				
10	Moc potrzeb własnych	≥ 100 kVA				
11	Prąd kompensacyjny dławika	-	-	30 A - 300 A	30 A - 300 A	-
12	Moc kompensacji	-	-	273 kVA – 2728 kVA	364 kVA – 3638 kVA	-

7.3.1.6 Wymagania techniczne i konstrukcyjne:

- a. Typ transformatora: trójfazowy, olejowy lub suchy, uziemiający, hermetyczny do zabudowy wewnętrznej lub napowietrznej.
- b. Moc ciągła uzwojenia potrzeb własnych: uwzględniająca całkowite obciążenie potrzeb własnych stacji z uwzględnieniem ew. potrzeb rozwojowych.
- c. Moc kompensacyjna powinna być określana na podstawie prądu dławika i nie może być mniejsza od mocy kompensacyjnej dławika.

- d. Prąd kompensacyjny transformatora potrzeb własnych powinien być określany na podstawie wartości maksymalnej prądu dławika i nie może być od niego mniejszy.
- e. Moc kompensacyjna 2-godzinna transformatora uziemiającego powinna być, co najmniej równa mocy kompensacyjnej 2-godzinnej dławika kompensującego.
- f. Moc potrzeb własnych (min 100 kVA) należy określić w oparciu o bilans mocy dla urządzeń potrzeb własnych.
- g. IP należy określić w oparciu o warunki i miejsce zabudowy transformatora.
- h. Transformator powinien być chłodzony powietrzem w sposób naturalny – typu ONAN dla transformatora olejowego lub AN dla transformatora suchego, przystosowany do pracy w warunkach napowietrznych i wewnątrzowych.
- i. Wszystkie powierzchnie zewnętrzne, kadź, pokrywę transformatora należy zabezpieczyć przed korozją poprzez cynkowanie metodą zanurzeniową lub za pomocą ochronnych systemów malarskich dla kategorii korozyjności atmosfery C5 zgodnie z normą [N2] w pkt 2.2. Załącznika nr 1 do Standardu. Powłoka cynkowa kadzi powinna być wykonana zgodnie z normą [N26]. W przypadku systemów malarskich, zabezpieczenia antykorozyjne należy wykonać poprzez pomalowanie kadzi farbą gruntową, a następnie farbą nawierzchniową odporną na szkodliwe działanie oleju elektroizolacyjnego i wpływy atmosferyczne, w kolorze RAL 7033, zgodnie z normą [N1] w pkt 2.2. Załącznika nr 1 do Standardu. Powierzchnie wewnętrzne malowane farbą olejoodporną.
- j. Pokrywa kadzi połączona z kadzią transformatora poprzez skręcanie. Niedopuszczalne jest łączenie pokrywy z kadzią za pomocą spawania.
- k. Dwie tabliczki z danymi znamionowymi wykonane z: mosiądzu lub aluminium, albo z blachy nierdzewnej. Napisy powinny być trwale wytłoczone i czytelne przez cały okres eksploatacji transformatora tj., co najmniej 35 lat. Numer fabryczny należy dodatkowo wytłoczyć w widocznym miejscu na pokrywie kadzi transformatora. Tabliczka znamionowa zgodnie z Standardem technicznym [T3].
- l. Transformator wyposażony w podwozie z kółkami umożliwiającymi transport w kierunku wzdłużnym i poprzecznym. Podkładki antywibracyjne - po jednej pod każde koło.
- m. Uchwyty transportowe zamontowane na pokrywie transformatora powinny umożliwiać rozładunek z wykorzystaniem typowego sprzętu przeładunkowego. Uchwyty transportowe powinny umożliwiać ciągnięcie i podnoszenie oraz zabezpieczenie transformatora w czasie transportu. Uchwyty transportowe zamocowane na pokrywie transformatorów i umożliwiające wykonywanie prac przeładunkowych bez ryzyka uszkodzenia izolatorów przepustowych i ew. i wskaźnika poziomu oleju.
- n. Uzwojenia GN i DN należy wykonać z miedzi elektrolitycznej.
- o. Tory prądowe GN należy wyprowadzić na pokrywę transformatora z wykorzystaniem ceramicznych izolatorów przepustowych lub izolatorów dostosowanych do połączeń konektorowych.
- p. Wymagania dotyczące izolatorów przepustowych oraz osprzętu:
 - izolatory przepustowe GN, DN, 1N i 2N w całej dostawie jednego typu,
 - preferuje się izolatory przepustowe GN - pod głowice kablowe konektorowe ze stożkiem typu C. Izolatory dostosowane do połączeń konektorowych wykonanych jako rozłączane wtykowe tzn. posiadające zewnętrzne gniazdo stożkowe, umożliwiające podłączenie kabla zakończonego głowicą konektorową typu C ze stożkiem wewnętrznym. Głowice konektorowe zgodne ze Standardem technicznym [T4],
 - dopuszcza się izolatory przepustowe porcelanowe z masy ceramicznej o parametrach nie gorszych niż masa C-130 i drodze upływu dla II lub III strefy zabrudzeniowej,
 - izolatory przepustowe GN i 1N mają być o wymiarach zgodnych z normami [N9], [N19] w pkt 2.2. Załącznika nr 1 do Standardu,

- na ceramicznych izolatorach przepustowych nie należy instalować iskierników,
 - dopuszcza się systemy typu Connex lub równoważne z możliwością zakładania uziemiaczy przenośnych,
 - w przypadku podłączenia transformatora wyposażonego w tory prądowe GN zakończone ceramicznymi izolatorami przepustowymi, należy wykorzystywać zaciski, umożliwiające bezpośrednie podłączenie kabli, bez stosowania końcówek zaprasowanych lub śrub na izolatorach,
 - izolatory przepustowe DN oraz 2N – porcelanowe wykonane z masy ceramicznej o parametrach min C-130, wykonane zgodnie z normą [N10] w pkt 2.2. Załącznika nr 1 do Standardu, wyposażone w zaciski, z wyjściem poziomym lub pionowym, w zależności od potrzeb. Zacisk punktu neutralnego transformatora powinien umożliwiać podłączenie bednarki stalowej ocynkowanej,
 - tory prądowe DN należy wyprowadzić na pokrywę transformatora,
 - zaciski transformatorowe po stronie nN do podłączenia bezpośredniego kabli (bez końcówek kablowych) typu np. TOGA lub dostosowane do podłączenia szynowego. Zaciski powinny być dobrane do mocy transformatora i posiadać gniazda zaciskowe o odpowiednio dobranych rozmiarach, umożliwiające ich montaż na transformatorze. Zaciski powinny być wykonane metodą kucia matrycowego. Izolatory powinny być zgodne z normą [N10] w pkt 2.2. Załącznika nr 1 do Standardu,
 - oznakowanie dla zacisków GN, DN i N oraz dla zacisków uziemiających powinno być wykonane z mosiądzu, miedzi lub aluminium i przytwierdzone trwale do konstrukcji transformatora. Umieszczone na pokrywie oznakowanie zacisków GN, DN, 1N i 2N, powinno być zgodne z dokumentacją transformatora,
 - dwa zaciski M12 usytuowane na pokrywie kadzi, przeznaczone do uziemienia żył powrotnych kabli SN,
 - dwa zaciski M12 uziemiające usytuowane w dolnej części transformatora, przeznaczone do uziemienia transformatora,
 - przy zaciskach uziemiających powinien być trwale przytwierdzony do konstrukcji symbol uziemienia,
 - osłony zacisków transformatorowych GN przed skutkami zwarć wywołanych ingerencją zwierząt. Osłony powinny być wykonane z samogasnącego i elastycznego tworzywa, odpornego na działanie promieniowania UV i zewnętrznych czynników środowiskowych,
 - osłony zacisków transformatorowych DN przed skutkami zwarć wywołanych ingerencją zwierząt. Osłony powinny być wykonane z samogasnącego i elastycznego tworzywa, odpornego na działanie promieniowania UV i zewnętrznych czynników środowiskowych.
- q. Zaciski neutralne, do których są przyłączone urządzenia do kompensacji lub rezystory uziemiające, należy chronić ogranicznikami przepięć zainstalowanymi tak blisko chronionych zacisków, jak to jest możliwe.
- r. Stanowisko transformatora lub transformator należy wyposażać w konstrukcje do montażu ograniczników strony SN, nN i punktu neutralnego po stronie SN.
- s. Przełącznik zaczepów umieszczony po stronie GN. Beznapięciowy 7-pozycyjny, z napędem ręcznym, z możliwością blokowania położenia na każdym zaczepie oraz trwałym oznakowaniem w postaci: +7,5%, +5%, +2,5%, 0, -2,5%, -5%, -7,5%.

7.3.1.7 Dodatkowe wymagania techniczne i konstrukcyjne dla transformatorów olejowych i ich stanowisk:

- a. Zaleca się stosowanie kadzi transformatora bez konserwatora w wykonaniu hermetycznym, zamkniętym, bez poduszki gazowej pod pokrywą kadzi, wyposażoną w ciśnieniowy zawór bezpieczeństwa. Dopuszcza się transformatory z konserwatorem.
- b. Transformator olejowy ma być napełniony mineralnym olejem elektroizolacyjnym (wcześniej nieużywanym), nieinhibitowanym, nie zawierającym PCB oraz siarki

korozyjnej, spełniającym wymagania norm [N20], [N21], [N22], [N24], [N25] w pkt 2.2. Załącznika nr 1 do Standardu.

- c. Transformator olejowy należy wyposażać w:
- przekąźnik gazowo-przepływowy Buchholza (dla transformatora z konserwatorem) lub zabezpieczenie od wzrostu ciśnienia w kadzi (dla transformatora bez konserwatora),
 - wskaźnik poziomu oleju wyposażony w styki sygnałowe, mechaniczny z pływakiem, zabudowany na pokrywie transformatora w osłonie zabezpieczającej przed uszkodzeniem mechanicznym, z wyraźnie widocznym poziomem oleju,
 - termometr dwukontaktowy wyposażony w styki sygnałowe,
 - zawór spustowy,
 - odwilżacz.
- d. Stanowisko transformatora olejowego powinno posiadać szczelną misę olejową prefabrykowaną lub wyprofilowaną podłogę (zgodnie ze Standardem technicznym [T2]) zdolną pomieścić 100% oleju transformatora oraz zespołu kompensacyjnego (projektowanych urządzeń potrzeb własnych) oraz ew. przyszłościowej rozbudowy.
- e. Instalację odprowadzenia wód opadowych ze stanowisk transformatorów potrzeb własnych zlokalizowanych na zewnątrz, włączyć w istniejącą instalację odwodnienia terenu (zgodnie ze Standardem technicznym [T2]) lub przygotować do włączenia w realizowaną w późniejszym terminie instalację odwodnienia.

7.3.1.8 Transformatory uziemiające o parametrach technicznych określonych w niniejszej specyfikacji muszą przejść z wynikiem pozytywnym badania (próby) zgodnie z normą [N13] w pkt 2.2. Załącznika nr 1 do Standardu:

- badania typu,
- badania wyrobu.

W przypadku transformatora olejowego, w protokole badań transformatora należy umieścić wpis o rodzaju zastosowanego oleju oraz o spełnieniu przez ww. olej wymagań normy [N22] w pkt 2.2. Załącznika nr 1 do Standardu.

7.3.2 Wymagania dla układu kompensacji

7.3.2.1 Automatyka wymuszenia składowej czynnej AWSCz

Automatykę AWSCz realizować zgodnie ze Standardami technicznymi [T1] i [T5].

7.3.2.2 Wymagania dla regulatora prądu kompensującego

- a. Umiejscowienie regulatora ustalić z komórkami merytorycznymi TD S.A. odpowiedzialnymi za EAZ na etapie projektu.
- b. W miejscu, gdzie zabudowane będą regulatory dławika, zabudować przełączniki trybu regulacji dławików (automatyczna, ręczna) oraz przyciski do ręcznej regulacji dławików.
- c. Sygnały i pomiary wymieniane pomiędzy regulatorem, a SCADA powinny być zgodne ze Standardem technicznym [T7].
- d. Zrealizować łącze do SCADA i w kanale inżynierskim z regulatorami.
- e. Regulator wykonany, jako urządzenie dedykowane, wyposażone w oprogramowanie z zaimplementowanymi fabrycznie logikami działania zgodnie ze Standardem technicznym [T1]. Nie dopuszcza się stosowania sterowników PLC.
- f. Możliwość sterowania, odczytu prądu dławika oraz regulacji przy zadanym stopniu skompensowania sieci SN przy współpracy z dławikiem kompensującym nadążnym o płynnej (na zasadzie ruchomego rdzenia) lub krokowej regulacji.

g. Parametry zasilania

L.p.	Wyszczególnienie	Wymaganie
1	Nominalne napięcie zasilania U_p	110 – 220 V DC
2	Zakres napięcia zasilania	$0,8 \div 1,1 U_p$
3	Częstotliwość znamionowa	50Hz

- h. Wymagany stopień ochrony zapewniony przez obudowy – co najmniej IP 20. IP dopasowany do miejsca zabudowy regulatora.
- i. Regulator powinien posiadać wewnętrzny zegar czasu rzeczywistego, odporny na zaniki napięcia pomocniczego, z układem synchronizacji czasu.
- j. Wszystkie parametry regulatora, nastawy i konfiguracja powinny być zapisane w pamięci nieulotnej.
- k. Regulator powinien posiadać wyświetlacz graficzny umożliwiający przegląd podstawowych wielkości pomiarowych związanych z procesem regulacji takich jak: krzywa rezonansowa, prąd pojemnościowy, prąd dławika I_d [A], napięcie U_0 [kV], stopień rozstrojenia względnego (%) lub bezwzględnego [A] oraz dodatkowe informacje o stanie pracy regulatora.
- l. Regulator powinien być wyposażony w rejestrator wielkości regulowanych oraz rejestrator zakłóceń z możliwością zapisu przebiegów analogowych oraz stanów wejść i wyjść (zaleca się rejestrację w formacie Comtrade).
- m. Regulator powinien sygnalizować stany awaryjne układu (dławik – regulator) oraz procesy regulacji np. przy pomocy diod LED.
- n. Umożliwiający regulację automatyczną, ręczną lokalną i zdalną z systemu telemechaniki.
- o. Regulator powinien być wyposażony w porty:
- dla komunikacji lokalnej serwisowej z PC,
 - interfejs do połączenia koncentratora telemechaniki, z zastosowaniem możliwych następujących protokołów komunikacyjnych IEC-60870-5-103, IEC-60870-5-104, IEC 61850 lub DNP 3.0., umożliwiający zdalne sterowanie, blokowanie, odczyt pomiarów i stanów alarmowych regulatora.
 - interfejs światłowodowy, ethernetowy bądź łącze RS 485 na potrzeby łącza inżynierskiego realizowanego z wykorzystaniem adresów IP oraz do podłączenia PC.
- p. Opcja programowa umożliwiająca pracę w konfiguracji Master-Slave. Praca Master-Slave powinna uwzględniać stany wyłączników w polach: sprzęgła oraz TPW1 i TPW2. Regulator powinien się blokować w przypadku wyłączzonego wyłącznika lub otwartego odłącznika szynowego przynależnego pola.
- q. Możliwość pracy regulatora uwzględniająca dławiki stałe. Możliwość wprowadzenia do regulatora wartości prądu dławika stałego o dowolnej wartości, która zostanie uwzględniona w procesie regulacji.
- r. Menu regulatora oraz oprogramowanie do konfiguracji i dokumentacja w języku polskim.
- s. Liczba wejść i wyjść dwustanowych z możliwością ich dowolnej konfiguracji, powinna być ustalona na etapie projektowania.
- t. Parametry regulacyjne powinny być zadawane lokalnie z regulatora lub przez łącze inżynierskie, regulator powinien posiadać wewnętrzną logikę umożliwiającą swobodne programowanie przez użytkownika funkcji automatyk, przyporządkowanych wejściom/wyjściom oraz wskaźnikom LED oraz komunikatów.

- u. Pomiar napięcia i prądu realizowany analogowo w wielkościach wtórnych (5A oraz 100V dla znamionowego zakresu pomiarowego) lub cyfrowo.
- v. Umożliwiać regulację dławikiem w zakresie nastawialnym co najmniej $10 \div 100\% I_L$,
- w. Umożliwiać realizację automatyki AWS Cz,
- x. Przy pracy równoległej sekcji stacji, w której zamontowano dwa systemy regulacji winny się one komunikować ze sobą współpracując z obydwoma łącznikami pól potrzeb własnych, łącznikiem sprzęgłowym, oraz systemem nadrzędnym.
- y. Dokumentacja techniczno-ruchowa, menu, oprogramowanie oraz protokoły pomiarowe dławików kompensujących oraz regulatorów – w języku polskim.

7.3.2.3 Wymagania dla dławika kompensującego nadążnego

7.3.2.3.1 Wymagania ogólne

- a. Dławik suchy lub olejowy dostosowany do automatycznej i ręcznej regulacji reaktancji, z napędem silnikowym.
- b. Dławik kompensujący oraz materiały, podzespoły użyte do jego budowy i montażu powinny być fabrycznie nowe tj. powinny być wyprodukowane nie wcześniej niż 12 miesięcy, licząc od daty dostawy.
- c. Dławik kompensujący powinien spełniać wymagania normy [N13], [N17] w pkt 2.1. Załącznika nr 1 do Standardu i posiadać dokumenty jakości określone w Załączniku nr 2 do Standardu.
- d. Dławiki o parametrach technicznych określonych w niniejszej specyfikacji muszą przejść z wynikiem pozytywnym badania (próby):
 - typu zgodnie z normą [N13] i [N17] w pkt 2.1. Załącznika nr 1 do Standardu,
 - wyrobu zgodnie z normą [N13], [N17] w pkt 2.1. Załącznika nr 1 do Standardu i dla dławików suchych [N18] w pkt 2.1. Załącznika nr 1 do Standardu.
- e. Dławiki powinny posiadać IP obudowy wg normy [N23] w pkt 2.1. Załącznika nr 1 do Standardu, dostosowane do miejsca zabudowy dławika.
- f. Dławiki powinny umożliwiać czyszczenie w technologii prac pod napięciem.
- g. Dławiki powinny spełniać wymagania przepisów i norm w zakresie ochrony środowiska, ze szczególnym uwzględnieniem promieniowania elektromagnetycznego.
- h. Materiały użyte do produkcji dławika (w tym również olej) nie mogą zawierać związków PCB.

7.3.2.3.2 Wymagania konstrukcyjne

- a. Uzwojenia wykonane z miedzi elektrolitycznej.
- b. Zaciski umożliwiające przyszłościowe przyłączenie dławika stałego.
- c. Rdzeń wykonany z blachy transformatorowej zimnowalcowanej (w dławikach suchych pokryta izolacją nieorganiczną).
- d. Powierzchnie zewnętrzne: kadzi dławika, pokrywy, konserwatora, połączeń rurowych mają posiadać zabezpieczenie antykorozyjne klasy C5-I, sklasyfikowane zgodnie z normą [N2] w pkt 2.1. Załącznika nr 1 do Standardu.
- e. Powierzchnie wewnętrzne malowane farbą olejoodporną.
- f. Pokrywa kadzi połączona z kadzią dławika poprzez skręcanie.
- g. Dławik olejowy napełniony olejem elektroizolacyjnym, nieinhibitowanym, nie zawierającym PCB oraz siarki spełniającym wymagania norm [N20], [N21], [N22], [N24], [N25] w pkt 2.1. Załącznika nr 1 do Standardu.

- h. Sposób mocowania i podłączenia rezystora AWSCz do dławika zgodnie z zaleceniami producenta.
- i. W podwoziu dławika kółka zamocowane w sposób umożliwiające wzdluzny i poprzeczny kierunek transportu dławika, umożliwiające zastosowanie wibroizolatorów zamiast kółek.
- j. Uchwyty rozładunkowe powinny zapewniać możliwość rozładunku przy wykorzystaniu powszechnego i dostępnego sprzętu przeładunkowego.
- k. Tabliczka znamionowa trwale przymocowana do kadzi dławika.

7.3.2.3.3 Wymagania dotyczące izolatorów przepustowych:

- a. Izolatory przepustowe GN i 1N – konektorowe z interfejsem C zgodne z normą [N9] w pkt 2.1. Załącznika nr 1 do Standardu, dopuszcza się systemy typu Connex lub równoważne lub izolatory przepustowe porcelanowe zgodne z normami [N9], [N19] w pkt 2.1. Załącznika nr 1 do Standardu.
- b. Izolatory przepustowe GN i 1N powinny spełniać wymagania norm [N9], [N19] w pkt 2.1. Załącznika nr 1 do Standardu.
- c. Izolatory przepustowe punktu neutralnego 1N – porcelanowe z końcówką śrubową M12.
- d. Przepusty DN porcelanowe zgodne z normą [N10] w pkt 2.1. Załącznika nr 1 do Standardu.

7.3.2.3.4 Parametry techniczne dławika kompensującego

L.p.	Wyszczególnienie	Wymaganie
1	Napięcie nominalne sieci	15 kV lub 20 kV
2	Górne napięcie dławika (GN)	9093 V (15,75/V ³ kV) lub 12124 V (21/V ³ kV)
3	Minimalny poziom izolacji zacisków GN	LI95, AC38 lub LI125, AC50
4	Minimalny poziom izolacji zacisków DN	AC3
5	Poziom izolacji - najwyższe napięcie urządzenia	17,5 kV lub 24 kV
6	Częstotliwość	50 Hz

- a. Dławik kompensujący jednofazowy.
- b. Moc kompensacji; wynikająca z przyjętego prądu kompensacji wraz z rezerwą na rozbudowę sieci SN.
- c. Olej izolacyjny – wolny od PCB.
- d. Rodzaj obciążenia: 2 godz. (KB 2h) znamionowym prądem kompensacyjnym.
- e. Prąd kompensacyjny i czas pracy dławika wg poniższej tabeli:

Położenie przełącznika zaczepów	Prąd kompensacyjny w % prądu znamionowego	Czas pracy w godzinach
1	100	2
2	87,5	4

Położenie przełącznika zaczepów	Prąd kompensacyjny w % prądu znamionowego	Czas pracy w godzinach
3	75	8
4	62,5	Praca ciągła
5	50	Praca ciągła

- f. Zakres regulacji prądu dławika:
- zakres regulacji prądu od 0,1 do 1,0 prądu znamionowego (w stanie napięciowym, pod obciążeniem),
 - pożądana maksymalna wartość prądu kompensacji dławika – dobrana przez projektanta, dostosowana do warunków sieci SN, określonych przez TD S.A. (z min. 50% rezerwy).
- g. Uzwojenie dodatkowe (wtórne) po stornie DN:
- napięcie znamionowe uzwojenia dodatkowego: 500 V $\pm$ 10%,
 - obciążalność prądowa – nie mniejsza niż 500 A w ciągu 90 sekund.
- h. Uzwojenie pomiarowe:
- napięcie znamionowe uzwojenia pomiarowego – 100 V $\pm$ 10%,
 - znamionowa obciążalność prądowa – 3 A.
- i. Przekładnik prądowy zgodny z normą [N30] w pkt 2.1. Załącznika nr 1 do Standardu:
- przekładnia – odpowiednio do zakresu prądu / 5 A,
 - moc – nie mniejsza niż 15 VA. Znamionową wartość mocy wtórnej przekładnika należy określić na podstawie obliczeń technicznych dla konkretnej aplikacji.
 - klasa – nie mniejsza niż 1, FS10.
- j. Sposób chłodzenia – ONAN (dławik olejowy, przystosowany do pracy krótkotrwałej, chłodzony powietrzem, naturalnie) lub AN (dławik suchy).

7.3.2.3.5 Wyposażenie

- a. Armatura do oleju:
- zawór do napełniania i opróżniania kadzi,
 - zawór do pobierania próbek oleju.
- b. Wskaźnik poziomu oleju wyposażony w styki sygnałowe.
- c. Termometr mierzący temperaturę oleju, dwukontaktowy wyposażony w styki sygnałowe.
- d. Zabezpieczenia gazowo-przepływowe (zabezpieczenia Buchholza) w przypadku urządzenia olejowego z konserwatorem lub zabezpieczenie od wzrostu ciśnienia w kadzi w przypadku dławika bez konserwatora.
- e. Odwilżacz.
- f. Dwa zaciski M12 do uziemienia żył powrotnych kabli SN.
- g. Dwa zaciski M12 w dolnej części dławika do uziemienia dławika.
- h. Wyposażony w regulator kompensacji ziemnozwarciowej zgodnie z pkt 7.3.2.2.

7.3.2.4 Wymagania dla rezystora wymuszającego automatyki AWSCz

7.3.2.4.1 Rezystor pierwotny

Rezystor pierwotny powinien być stosowany w uzasadnionych przypadkach i po uzgodnieniu z komórką odpowiedzialną za standaryzację w TD S.A.

I. Charakterystyka techniczna

a. Rezystor jednofazowy, suchy lub olejowy.

b. Parametry techniczne rezystora pierwotnego:

Lp.	Wyszczególnienie	Wymaganie
1	Napięcie nominalne sieci U_n	15 kV, 20 kV
2	Znamionowe napięcie pracy rezystora U_{pracy}	$U_n/\sqrt{3}$
3	Znamionowa rezystancja $R \pm 5\%$	Odpowiednia do wymuszenia wymaganego prądu w sieci 15 kV lub 20 kV przy pełnym doziemieniu - $R =$ U_{pracy}/I_z
4	Znamionowy prąd zwarcia rezystora I_z	20 - 40 A
5	Częstotliwość znamionowa f	50 Hz
6	Czas przepływu prądu nominalnego przez rezystor minimum	60 sekund
7	Wytrzymałość cieplna rezystora w układzie AWSCz powinna umożliwiać wykonanie	10 cykli AWSCz w ciągu 5 minut oraz 30 cykli AWSCz w ciągu 60 minut
8	Chłodzenie	AN lub ONAN
9	Izolacja zacisków GN	LI95 AC38 (15 kV) lub L125 AC50 (20 kV)
10	IP	dostosowane do miejsca zabudowy rezystora

c. Znamionowy prąd zwarcia rezystora I_z - wartość dostosowana do warunków sieci. Opcjonalnie można stosować rezystor na różne wartości prądu – wykonanie z odczepami.

d. Czas załączenia rezystora w cyklu AWSC nie może być dłuższy niż 4 s (zakłada się zwarcie doziemne metaliczne).

e. Czas zwarcia: zgodnie z wymaganiami Oddziału. Standardowo 10 s w dwóch cyklach po 5 s.

f. Znamionowe napięcie wytrzymywane o częstotliwości sieciowej przez 1 min: Zgodnie z normą [N16] w pkt 2.3. Załącznika nr 1 do Standardu dla U_n sieci.

g. Znamionowe napięcie wytrzymywane udarowe piorunowe 1,2/50 μ s: Zgodni z normą [N17] w pkt 2.3. Załącznika nr 1 do Standardu dla U_n sieci.

h. Izolacja dla II lub III strefy zabrudzeniowej zgodnie z normą [N1].

II. Budowa rezystora wymuszającego pierwotnego.

a. Obudowa rezystora wykonana z blach ocynkowanych malowanych proszkowo lub z blach nierdzewnych, w przypadku potrzeby rezystor wyposażony w koła jezdne umożliwiające transport w kierunku poprzecznym i wzdłużnym (zabudowa samodzielna).

b. Kolor – zgodnie z wymaganiami TD S.A.

- c. Przyłącze po stronie GN wykonane jako przepust (stożek typu C) do głowicy konektorowej SN zgodnej ze Standardem technicznym [T4] lub jako przepust porcelanowy. Przepusty zgodne z normami [N2], [N8] w pkt 2.3. Załącznika nr 1 do Standardu,
- d. Zespół łączeniowy złożony z wyłącznika próżniowego jednofazowego przystosowanego do parametrów rezystora, przy wymuszeniu pierwotnym. Rezystor należy wyposażyć w skrzynkę sterowniczą ze sterownikiem kontroli pracy łącznika.
- e. Przekładnik prądowy o mocy wynikającej z obliczeń i prądzie znamionowym wtórnym strony wtórnej 5 A. Przekładnik prądowy zgodny z normą [N12] w pkt 2.3. Załącznika nr 1 do Standardu.
- f. Przepust po stronie DN, porcelanowy do podłączenia uziemiania roboczego rezystora z końcówką M12. Przepust zgodny z normą [N3] w pkt 2.3. Załącznika nr 1 do Standardu.
- g. Jako opcja w zależności od potrzeb: możliwość załączania zdefiniowanych prądów zwarcia np. za pomocą odpowiednich zwór.

7.3.2.4.2 Rezystor wymuszający wtórny

Rezystor wymuszający wtórny jest rozwiązaniem zalecanym w sieci TD S.A.

I. Charakterystyka techniczna

a. Parametry techniczne rezystora wtórnego:

Lp.	Wyszczególnienie	Wymaganie
1	Napięcie nominalne ⁷	500 V
2	Napięcie pomocnicze	220 VDC
3	Rodzaj pracy	nie mniej niż 60 s
4	Wytrzymałość cieplna rezystora w układzie AWSCz powinna umożliwiać	wykonanie 10 cykli AWSCz w ciągu 5 minut oraz 30 cykli AWSCz w ciągu 60 minut
5	Rezystancja w temperaturze 20 0C	1,0 $\Omega \pm 5\%$
6	Prąd nominalny IR	500 A dla rezystancji 1 Ω
7	Częstotliwość robocza f	50 Hz
8	Rodzaj chłodzenia	AN
9	IP	dostosowane do miejsca zabudowy rezystora

- b. Rezystor jednofazowy, suchy.
- c. Umieszczony w obudowie szafowej wolnostojącej lub przy dławiku kompensującym.
- d. Czas załączenia rezystora w cyklu AWSC nie może być dłuższy niż 4 s (zakłada się zwarcie doziemne metaliczne).
- e. Czas zwarcia: Zgodnie z wymaganiami Oddziału. Standardowo 10 s w dwóch cyklach po 5 s.

⁷ Napięcie pracy rezystora na uzwojeniu wtórnym dławika.

- f. Rezystor powinien spełniać wymagania normy [N11] oraz norm [N4], [N5], [N9] w pkt 2.3. Załącznika nr 1 do Standardu.
- g. Izolacja dla II lub III strefy zabrudzeniowej zgodnie z normą [N1] w pkt 2.3. Załącznika nr 1 do Standardu.
- h. Wymagania dla stycznika załączającego rezystor:
 - próżniowa komora gaszeniowa,
 - prąd znamionowy: min 630 A,
 - napięcie łączeniowe: 690 V AC,
 - napięcie sterownicze: 220 V DC,
 - stycznik wyposażony w układ zapadkowy, uniemożliwiający przejście stycznika w stan spoczynku.
 - powinien spełniać wymagania normy [N11] w pkt 2.3. Załącznika nr 1 do Standardu.

II. Budowa rezystora wymuszającego wtórnego.

- a. Obudowa rezystora wykonana z blach ocynkowanych malowanych proszkowo lub z blach nierdzewnych,
- b. W przypadku potrzeby rezystor wyposażony w koła jezdne umożliwiające transport w kierunku poprzecznym i wzdłużnym (zabudowa wolnostojąca).
- c. Kolor – zgodnie z wymaganiami TD S.A.
- d. Przepusty nN z zaciskami do przyłączenia dławika kompensacyjnego. Dopuszcza się przepusty porcelanowe. Przepusty zgodne z normą [N8] w pkt 2.3. Załącznika nr 1 do Standardu.
- e. Zacisk do podłączenia uziemiania ochronnego rezystora z końcówką M12. Przepust zgodny z normą [N3] w pkt 2.3. Załącznika nr 1 do Standardu.
- f. Zespół łączeniowy złożony ze stycznika nN przy wymuszeniu wtórnym.
- g. Jako opcja w zależności od potrzeb: możliwość załączania zdefiniowanych prądów zwarcia np. za pomocą odpowiednich zwór.

7.4 Parametry urządzeń realizujących pracę punktu neutralnego uziemionego przez rezystor.

7.4.1 Do uziemienia punktu neutralnego przez rezystor, należy stosować transformatory uziemające omówione w pkt 7.3.1 z wyłączeniem pkt 11 i 12 tabeli 7.3.1.5.

7.4.2 Dodatkowe parametry dla transformatora uziemającego współpracującego z rezystorem:

L.p.	Wyszczególnienie	Wymaganie				
1	Transformator o przekładni	6,3/0,42 kV	10,5/0,42 kV	15,75/0,42 kV	21,0/0,42 kV	31,5/0,42 kV
2	Prąd rezystora	100 A - 500 A				
3	Moc rzeczywista	364 kVA – 1819 kVA	606 kVA – 3031 kVA	909 kVA – 4547 kVA	1212 kVA – 6062 kVA	1819 kVA – 9093 kVA

7.4.3 Rezystor powinien mieć odpowiednią wytrzymałość cieplną, dopasowaną do warunków pracy w miejscu zainstalowania.

7.4.4 Wymagania techniczne dla rezystora pierwotnie uziemającego.

a. Parametry techniczne rezystora:

L.p.	Wyszczególnienie	Wymaganie				
1	Napięcie nominalne sieci U_n	6 kV	10 kV	15 kV	20 kV	30 kV
2	Napięcie znamionowe GN	6,3 kV	10,5 kV	15,75 kV	21 kV	31,5 kV
3	Poziom izolacji zacisków GN	LI60 AC20	LI75 AC28	LI95 AC38	LI125 AC50	LI170 AC70
4	Znamionowe napięci pracy rezystora	$U_{pracy} = U_n/\sqrt{3}$				
5	Znamionowy prąd zwarcia rezystora	zgodnie z warunkami sieci i warunku $I_R \geq 1,2 I_{cs}$				
6	Znamionowa rezystancja rezystora	$R = U_{pracy}/I_z$ ($R \pm 5\%$)				
7	Częstotliwość znamionowa	50 Hz				
8	Cykl pracy	Czas obciążenia znamionowym prądem zwarcia 5 s Przerwa (bez obciążenia prądem zwarcia) 30 s				
9	Dopuszczalna liczba cykli pracy następujących bezpośrednio po sobie	2				
10	Rodzaj chłodzenia	AN				
11	IP	dostosowane do miejsca zabudowy rezystora				
12	Prąd wtórny przekładnika punktu zerowego	5 A ⁸				

b. Rezystor jednofazowy, suchy.

- c. Izolacja dla II i III strefy zabrudzeniowej zgodnie z normą [N1] w pkt 2.3. Załącznika nr 1 do Standardu.
- d. Znamionowe napięcie wytrzymywane o częstotliwości sieciowej przez 1 min: Zgodnie z normą [N15] w pkt 2.3. Załącznika nr 1 do Standardu dla U_n sieci.
- e. Znamionowe napięcie wytrzymywane udarowe piorunowe 1,2/50 μ s: Zgodnie z norma [N15] w pkt 2.3. Załącznika nr 1 do Standardu dla U_n sieci.

7.4.5 Budowa rezystora uziemiającego.

- a. Obudowa rezystora wykonana z blach ocynkowanych malowanych proszkowo lub z blach nierdzewnych.
- b. W przypadku potrzeby rezystor wyposażony w koła jezdne umożliwiające transport w kierunku poprzecznym i podłużnym.
- c. Kolor – zgodnie z wymaganiami TD S.A.

⁸ W przypadkach uzasadnionych obliczeniami technicznymi dopuszcza się wartość 1A.

- d. Przyłącze po stronie GN wykonane jako przepust (stożek typu C) do głowicy konektorowej SN lub jako przepust porcelanowy. Przepust zgodny z normami [N2], [N8] w pkt 2.3. Załącznika nr 1 do Standardu.
- e. Przepust po stronie DN porcelanowy z końcówką po śrubę M12. Przepust zgodny z normą [N3] w pkt 2.3. Załącznika nr 1 do Standardu.
- f. Przekładnik prądowy o mocy wynikającej z obliczeń: strona pierwotna włączony szeregowo w obwód rezystora, strona wtórna o prądzie znamionowym 5 A. Przekładnik prądowy zgodny z normą [N12] w pkt 2.3. Załącznika nr 1 do Standardu.
- g. Na obudowie zacisk uziemiający, ochronny służący do podłączenia odbudowy do uziemienia.
- h. Jako opcja w zależności od potrzeb:
 - możliwość załączania zdefiniowanych prądów zwarcia np. za pomocą odpowiednich zwór.

8 Oznakowanie

- 8.1 Wszystkie znaki oraz napisy informacyjne, ostrzegawcze lub znamionowe powinny być wykonane w sposób zapewniający czytelność w czasie całego okresu eksploatacji urządzenia (np. wykonane technologią grawerowania lub wytłaczania) i przymocowane w sposób trwały, uniemożliwiający ich demontaż bez użycia narzędzi.
- 8.2 Wszelkie napisy na urządzeniu i w dokumentacji technicznej powinny być w języku polskim.
- 8.3 Numer fabryczny urządzenia powinien być wytłoczony na tabliczce znamionowej oraz na pokrywie np. dławika.
- 8.4 Umieszczone na pokrywie oznakowanie zacisków po stronie GN i DN, powinno być zgodne z dokumentacją urządzenia. Ponadto przy zaciskach uziemiających powinien być symbol uziemienia lub napis „zacisk uziemiający”.
- 8.5 Na urządzeniach olejowych powinien być napis „nie zawiera materiałów z PCB” lub inny o podobnym znaczeniu umieszczony pod tabliczkami znamionowymi.

9 Dokumentacja techniczna

9.8 Dławik kompensujący

- 9.8.1 Wszelka dokumentacja techniczna ma być napisana w języku polskim lub przetłumaczona na język polski.
- 9.8.2 Dokumenty jakości zgodnie z Załącznikiem nr 2 do Standardu.
- 9.8.3 Karty katalogowe dławika powinny zawierać podstawowe dane techniczne, rysunki gabarytowe z wymiarami, specyfikację wyposażenia wraz z oznaczeniem poszczególnych elementów wyposażenia na rysunkach. Opis budowy dławika.
- 9.8.4 Protokół z pomiarów dostarczany z każdym dławikiem, zawierający m.in. wyniki pomiarów z badania wyrobu i ew. badań specjalnych dławika.
- 9.8.5 W przypadku dławika olejowego, rodzaj, typ oraz pełne dane elektryczne i fizyko-chemiczne zastosowanego oleju izolacyjnego, a także warunki i wymagania określające możliwość mieszania zastosowanego oleju z innymi olejami.
- 9.8.6 Dokumentacja Techniczno-Ruchowa (DTR) powinna zawierać:
 - a. podstawowe dane techniczne, masę całkowitą, masę części wyjmowanej, masę lub objętość oleju, rysunki gabarytowe oraz specyfikację wyposażenia,
 - b. rysunki i opisy montażu i demontażu dławika oraz jego elementów,

- c. ogólny opis podstawowych podzespołów,
- d. parametry techniczne dławika,
- e. instrukcję użytkowania zawierającą dane ogólne, w tym opis funkcjonalny urządzenia,
- f. instrukcję eksploatacji zawierającą wykaz czynności eksploatacyjnych, procedury zalecane przy naprawach,
- g. określenie szczegółowych wytycznych zabudowy dławika w pomieszczeniach zamkniętych ze szczególnym uwzględnieniem wymagań wentylacji,
- h. wykaz wymaganych przez producenta sprawdzeń, prób oraz badań technicznych przed załączeniem dławika pod napięcie i wymaganych parametrów tych sprawdzeń,
- i. rysunek poglądowy, przedstawiający miejsce zamontowania oraz treść wszelkich opisów i oznaczeń zamontowanych na zewnątrz dławika, wraz z opisem sposobu ich mocowania lub technologii wykonania, jeżeli są wykonane bezpośrednio na obudowie dławika.

9.9 Transformator uziemiający/potrzeb własnych

- 9.9.1 Wszelka dokumentacja techniczna ma być napisana w języku polskim lub przetłumaczona na język polski.
- 9.9.2 Dokumenty jakości zgodnie z Załącznikiem nr 2 do Standardu.
- 9.9.3 Karty katalogowe transformatora uziemiającego/potrzeb własnych powinny zawierać podstawowe dane techniczne, rysunki gabarytowe z wymiarami, specyfikację wyposażenia wraz z oznaczeniem poszczególnych pozycji na rysunkach. Opis budowy transformatora.
- 9.9.4 Protokół z pomiarów dostarczany z każdym transformatorem, zawierający m.in. wyniki pomiarów z badania wyrobu i ew. badań specjalnych transformatora.
- 9.9.5 W przypadku transformatora olejowego, rodzaj, typ oraz pełne dane elektryczne i fizyko-chemiczne zastosowanego oleju izolacyjnego, a także warunki i wymagania określające możliwość mieszania zastosowanego oleju z innymi olejami.
- 9.9.6 Dokumentacja Techniczno-Ruchowa (DTR) powinna zawierać:
 - a. podstawowe dane techniczne, masę całkowitą, masę części wyjmowanej, masę lub objętość oleju, rysunki gabarytowe oraz specyfikację wyposażenia,
 - b. rysunki i opisy montażu, demontażu transformatora oraz jego elementów,
 - c. parametry techniczne transformatora,
 - d. ogólny opis podstawowych podzespołów,
 - e. instrukcję użytkowania zawierającą dane ogólne, w tym opis funkcjonalny urządzenia,
 - f. instrukcję eksploatacji zawierającą wykaz czynności eksploatacyjnych, procedury zalecane przy naprawach,
 - g. określenie szczegółowych wytycznych dotyczących ustawienia transformatora w pomieszczeniach zamkniętych ze szczególnym uwzględnieniem wymagań wentylacji,
 - h. wykaz wymaganych przez producenta sprawdzeń, prób oraz badań technicznych przed załączeniem transformatora pod napięcie i wymaganych parametrów tych sprawdzeń,
 - i. rysunek poglądowy, przedstawiający miejsce zamontowania oraz treść wszelkich opisów i oznaczeń zamontowanych na zewnątrz transformatora, wraz z opisem sposobu ich mocowania lub technologii wykonania, jeżeli są wykonane bezpośrednio na obudowie transformatora.
- 9.9.7 Dokumentacja techniczna transformatora powinna być zgodna z Standardem technicznym [T3] z wyłączeniem wymagań, które nie dotyczą transformatorów uziemiających.

9.10 Rezystor wymuszający / uziemiający

- 9.10.1 Wszelka dokumentacja techniczna ma być napisana w języku polskim lub przetłumaczona na język polski.
- 9.10.2 Dokumenty jakości zgodnie z Załącznikiem nr 2 do Standardu.
- 9.10.3 Karty katalogowe rezystora powinny zawierać podstawowe dane techniczne, rysunki gabarytowe z wymiarami, specyfikację wyposażenia wraz z oznaczeniem poszczególnych pozycji na rysunkach. Opis budowy rezystora.
- 9.10.4 Protokół z pomiarów dostarczany z każdym rezystorem, zawierający m.in. wyniki pomiarów z badania wyrobu i ew. badań specjalnych rezystora.
- 9.10.5 Dokumentacja Techniczno-Ruchowa (DTR) powinna zawierać:
- podstawowe dane techniczne, masę całkowitą, rysunki gabarytowe oraz specyfikację wyposażenia,
 - rysunki i opisy montażu, demontażu rezystora oraz jego elementów,
 - parametry techniczne rezystora,
 - ogólny opis podstawowych podzespołów,
 - instrukcję użytkowania zawierającą dane ogólne, w tym opis funkcjonalny urządzenia,
 - instrukcję eksploatacji zawierającą wykaz czynności eksploatacyjnych, procedury zalecane przy naprawach,
 - wykaz wymaganych przez producenta sprawdzeń, prób oraz badań technicznych przed załączeniem rezystora pod napięcie i wymaganych parametrów tych sprawdzeń.

9.11 Regulator prądu kompensującego

- 9.11.1 Wszelka dokumentacja techniczna ma być napisana w języku polskim lub przetłumaczona na język polski.
- 9.11.2 Dokumenty jakości zgodnie z Załącznikiem nr 2 do Standardu.
- 9.11.3 Karty katalogowe regulatora powinny zawierać podstawowe dane techniczne, rysunki gabarytowe z wymiarami, specyfikację wyposażenia wraz z oznaczeniem poszczególnych pozycji na rysunkach. Opis budowy regulatora. Schemat ideowy i elektryczny układu regulacji
- 9.11.4 Dokumentacja Techniczno-Ruchowa (DTR) powinna zawierać:
- podstawowe dane techniczne, masę całkowitą, rysunki gabarytowe oraz specyfikację wyposażenia,
 - rysunki i opisy montażu, demontażu regulatora oraz jego elementów,
 - parametry techniczne,
 - ogólny opis podstawowych podzespołów,
 - instrukcję użytkowania zawierającą dane ogólne, w tym opis funkcjonalny urządzenia,
 - instrukcję eksploatacji zawierającą wykaz czynności eksploatacyjnych, procedury zalecane przy naprawach,
 - wykaz wymaganych przez producenta sprawdzeń, prób oraz badań technicznych przed załączeniem regulatora pod napięcie i wymaganych parametrów tych sprawdzeń.

10 Obszary potencjalnych korzyści spodziewanych w wyniku wprowadzenia zmian i modyfikacji układu pracy sieci.

Procesem w sposób istotny determinującym wybór (konieczność zmiany) sposobu pracy punktu neutralnego sieci SN, jest radykalny wzrost pojemności sieci. Zjawiskiem tym objęte

są sieci na terenach, gdzie występuje wzrost aktywności przemysłowej, realizuje się przyłączenia wymagające nowych linii kablowych SN oraz, gdzie realizowane są programy kablowania sieci przechodzących przez obszary leśne. Wzrost pojemności sieci mógłby być powstrzymany jedynie w wyniku podziału sieci na mniejsze i budowę kolejnych stacji zasilających (GPZ), co wydaje się chociażby z punktu widzenia ekonomicznego nierealne. Prognozowanie przyrostu pojemności poszczególnych sieci jest trudne, gdyż prognoza ta musiałaby być oparta o przewidywanie realizacji przyłączeń na danym obszarze. Realizacja jednego przyłączenia powoduje niekiedy podwojenie pojemności istniejącej sieci. Rosnące pojemności sieci będą pozostawiać coraz mniejszą „swobodę” w zakresie wyboru sposobu pracy punktu neutralnego sieci. Biorąc powyższe pod uwagę oraz właściwości poszczególnych sieci, w szczególności zaś łatwość aplikacji automatyki w głębi sieci, przewiduje się trend przechodzenia w wielu przypadkach sieci skompensowanych lub pracujących z izolowanym punktem neutralnym do pracy z punktem neutralnym uziemionym przez rezystor. Wystąpią też przypadki uzasadniające zmianę sposobu pracy punktu neutralnego z izolowanego na kompensację z automatyką AWS Cz. Źródło [2].

10.1 Zmiana sposobu pracy punktu neutralnego z kompensacji na uziemienie przez rezystor uziemiający

10.1.1. Zmiana sposobu pracy punktu neutralnego z kompensacji na uziemienie przez rezystor może doprowadzić do:

- poprawy pracy zabezpieczeń ziemnozwarciowych,
- rezerwowania zabezpieczeń ziemnozwarciowych pól liniowych, transformatorów zasilających i sprzęgieł w polach transformatorów uziemiających,
- wyeliminowania zwarc podwójnych i zjawisk lawinowych,
- ograniczenia przepięć ziemnozwarciowych,
- zwiększenia skuteczności pracy automatyk w głębi sieci,
- umożliwienia realizacji automatyk restytucyjnych,
- w zasadzie brak konieczności kontrolowania poziomu pojemności całej sieci – pojemność poszczególnych linii wciąż jest istotna z punktu widzenia nastawień zabezpieczeń ziemnozwarciowych,
- stworzenia możliwości samoczynnej identyfikacji i eliminacji zwarc doziemnych na mostach szynowych/kablowych łączących transformatory zasilające z rozdzielnicą oraz wyłączania zwarc jednofazowych na szynach rozdzielni SN,
- w sieciach mieszanych zwiększenia ilości zadziałań automatyki SPZ (na ogół skutecznych),
- wzrostu napięć rażeniowych dotykowych w całej sieci objętej zmianą pracy punktu neutralnego,
- złagodzenie skutków zdarzeń związanych ze zbliżeniem do przewodów pod napięciem z uwagi na radykalnie krótszy czas trwania zwarc doziemnych.

10.1.2. Zmiana sposobu pracy punktu neutralnego z kompensacji na uziemienie przez rezystor wymaga szeregu przedsięwzięć technicznych i formalnych. W szczególności należy powiadomić, z odpowiednim wyprzedzeniem, podmioty przyłączone do danej sieci o planowanych zmianach w sposobie pracy punktu neutralnego.

10.1.3. W zakresie stacji zasilającej konieczne będą następujące działania:

- Wymiana zespołu uziemiającego: zastąpienie układu transformator uziemiający, dławik i rezystor (dla potrzeb realizacji AWS Cz) nowym transformatorem uziemiającym i rezystorem uziemiającym. Wymiana transformatora uziemiającego nie musi być konieczna, jeżeli jego moc jest wystarczająca dla nowego układu pracy z rezystorem. W praktyce, jeżeli zmiana sposobu pracy punktu neutralnego dotyczy sieci o pojemności powyżej stu kilkudziesięciu amperów, a prąd rezystora nie będzie przekraczał 250A, to wymiana transformatora nie musi być konieczna. Wymiana transformatora może być też podyktowana innymi względami np. jego wyeksploatowaniem. Dotychczasowe stanowiska TPW + dławik + rezystor AWS Cz, są wystarczająco duże aby przy przechodzeniu na pracę z rezystorem nie była wymagana przebudowa. Przebudowa

stanowisk może być jednak podyktowana dostosowaniem stanowisk transformatorów olejowych do aktualnych wymagań ochrony środowiska, czy ewentualnie względami organizacyjnymi wynikającymi z konieczności zapewnienia ciągłości ruchu stacji.

- Dostosowanie zabezpieczeń do nowego układu pracy.
- Wykonanie powiązań w obwodach sterowniczych pomiędzy odpowiednimi polami transformatorów zasilających, a odpowiednimi polami transformatorów uziemiających w celu niedopuszczenia do wyizolowania sieci oraz w celu niedopuszczenia do pracy równoległej transformatorów uziemiających wraz z rezystorami podczas zwarcia doziemnego.
- Dokonania modyfikacji w działaniu automatyki SZR w rozdzielni SN, tj. wprowadzenie dodatkowej blokady działania SZR w przypadku wyłączenia transformatora WN/SN w wyniku zadziałania zabezpieczenia ziemnozwarciowego w polu transformatora uziemiającego.
- Likwidacja automatyki AWSCz oraz ewentualnie ARL.
- Zmiana nastawień (o ile konieczne) reklozerów i wskaźników przepływu prądu zwarciego zainstalowanych w danej sieci.
- Dokonanie koordynacji nastawień zabezpieczeń ziemnozwarciowych uwzględniając nastawienia w polach podmiotów przyłączonych.
- Sprawdzenie rezystancji uziemień w stacjach SN/nN i w linach objętych danym sposobem pracy punktu neutralnego sieci.

10.2 Zmiana sposobu pracy punktu neutralnego z izolowanego na uziemiony przez rezystor

10.2.1. Zmiana sposobu pracy punktu neutralnego sieci izolowanego na uziemiony przez rezystor może doprowadzić do:

- realizacji rezerwowania zabezpieczeń ziemnozwarciowych pól liniowych, transformatorów zasilających i sprzęgieł w polach transformatorów uziemiających,
- ograniczenia zwarć podwójnych i zjawisk lawinowych,
- ograniczenia przepięć ziemnozwarciowych,
- zwiększenia skuteczności pracy automatyki w głębi sieci,
- umożliwienia realizacji automatyk restytucyjnych,
- stworzenia możliwości samoczynnej identyfikacji i eliminacji zwarć doziemnych na szynach zbiorczych rozdzielni SN,
- wzrostu napięć rażeniowych dotykowych w całej sieci objętej zmianą pracy punktu neutralnego.

10.2.2. Przejście z izolowanego punktu neutralnego sieci SN na uziemienie przez rezystor wymaga szeregu przedsięwzięć technicznych i formalnych związanych z dostosowaniem sieci do nowego układu pracy sieci. W przypadku stwierdzenia zagrożeń związanych ze zmianą sposobu pracy punktu neutralnego dla sieci podmiotów przyłączonych należy powiadomić z wymaganym wyprzedzeniem te o koniecznych działaniach dostosowawczych.

10.2.3. W zakresie stacji zasilającej konieczne będą następujące działania:

- Wymiana transformatorów potrzeb własnych na transformator uziemiający (spełniający równocześnie funkcje zasilania potrzeb własnych stacji) z rezystorem uziemiającym. Dotychczasowe stanowisko TPW może wymagać powiększenia mimo, że rezystor jest urządzeniem bez oleju i nie wymaga specjalnych mis ekologicznych.
- Dostosowanie zabezpieczeń do nowego układu pracy.
- Zaleca się uruchomienie zerowo-nadprądowych zabezpieczeń ziemnozwarciowych w polach SN transformatorów zasilających oraz w polu sprzęgła SN.
- Realizacja powiązań w obwodach sterowniczych pomiędzy odpowiednimi polami transformatorów zasilających, a odpowiednimi polami transformatorów uziemiających w celu niedopuszczenia do wyizolowania sieci oraz w celu niedopuszczenia do pracy

równoległej transformatorów uziemiających wraz z rezystorami podczas zwarcia doziemnego.

- Dokonanie modyfikacji w działaniu automatyki SZR w rozdzielni SN – wprowadzenia dodatkowej blokady działania SZR w przypadku zadziałania zabezpieczenia ziemnozwarciowego w polu transformatora uziemiającego.
- Zmiana nastawień (o ile konieczne) reklozerów i wskaźników przepływu prądu zwarciovego zainstalowanych w danej sieci.
- Dokonanie koordynacji nastawień zabezpieczeń ziemnozwarciowych uwzględniając nastawienia w polach podmiotów przyłączonych.
- Sprawdzenie rezystancji uziemień w zasilanych stacjach SN/nN i w liniach objętych danym sposobem pracy punktu neutralnego sieci.

10.3 Zmiana sposobu pracy punktu neutralnego z izolowanego na kompensację z automatyką AWSCz

10.3.1. Zmiana sposobu pracy punktu neutralnego z sieci izolowanej na kompensowaną może doprowadzić do:

- samogaśnięcia części przemijających zwarć doziemnych przed zadziałaniem zabezpieczeń ziemnozwarciowych,
- ograniczenia w niektórych okolicznościach przepięć ziemnozwarciowych.

10.3.2. W przypadku stwierdzenia zagrożeń związanych ze zmianą sposobu pracy punktu neutralnego dla sieci podmiotów przyłączonych należy powiadomić z wymaganym wyprzedzeniem o koniecznych działaniach dostosowawczych.

10.3.3. W zakresie stacji zasilającej konieczne będą następujące działania:

- Wymiana transformatorów potrzeb własnych na transformator uziemiający (spełniający równocześnie funkcje zasilania potrzeb własnych stacji) wraz z dławikiem (najlepiej regulowanym płynnie) i rezystorem dla potrzeb realizacji AWSCz. Dotychczasowe stanowisko TPW wymagać będzie powiększenia.
- Dostosowanie zabezpieczeń do nowego układu pracy.
- W niektórych stacjach wyposażonych jedynie w zabezpieczenia ziemnozwarciowe zerowo-nadprądowe, należy zrealizować obwody okrężne napięcia kolejności zerowej U_0 .
- Wybudowanie i uruchomienie automatyki AWSCz.
- Wybudowanie i uruchomienie automatyki regulacji indukcyjności ARL.
- Dokonanie zmiany nastawień (o ile konieczne) reklozerów i wskaźników przepływu prądu zwarciovego zainstalowanych w danej sieci.
- Dokonanie koordynacji nastawień zabezpieczeń ziemnozwarciowych uwzględniając nastawienia w polach podmiotów przyłączonych.
- Sprawdzenie rezystancji uziemień w stacjach i w liniach objętych danym sposobem pracy punktu neutralnego sieci.

11 Ochrona przed porażeniem.

Ocena zagrożenia porażeniowego wymaga szczegółowej znajomości struktury i parametrów analizowanej sieci rozdzielczej w zakresie odpowiednim dla zastosowanego sposobu pracy punktu neutralnego, wyposażenia w automatykę zabezpieczeniową i jej nastaw oraz ustalenia normalnych i awaryjnych układów pracy ze szczególnym uwzględnieniem stosowanego sposobu rezerwowania zasilania.

12 Postanowienia końcowe

- 12.1 Użyte w Standardzie pojęcia „należy” lub „powinien” - oznacza obowiązek zastosowania się do treści, której pojęcie to dotyczy.
- 12.2 Zamieszczone w Standardzie zdjęcia/rysunki/schematy (poza pobranymi z innych źródeł) stanowią własność TD S.A. (prawa autorskie: TD S.A.).
Dla potrzeb opisu zagadnień teoretycznych w Standardzie wykorzystano opracowania [1], [2], [3], [4].
- 12.3 Za aktualizację Standardu odpowiedzialne jest Biuro Standaryzacji. Nadzór nad realizacją postanowień Standardu sprawuje Wiceprezes Zarządu ds. Operatora.

13 Wykaz załączników

Załącznik nr 1. Normy i dokumenty związane.

Załącznik nr 2. Wymagania jakości.