



Stowarzyszenie Elektryków Polskich
Ośrodek Rzeczoznawstwa SEP
w Gdańsku

NIP 583-001 -09-29

80 – 850 Gdańsk
ul. Rajska 6 pok. 325
www.sep.gda.pl
tel./fax (058) 301-49-24

Gdańsk, dnia 26.08.2022 r.

Zleceniodawca: **Toruńskie Wodociągi sp. z o.o.**
87-100 Toruń ul. Rybaki 31-35

NIP: 956-20-18-145

OPRACOWANIE
Nr 07/E-08/2022/Gd

Znak: **Umowa nr 29/TI/2022**

Temat opracowania:

**Wytyczne techniczne do modernizacji istniejącej ochrony
odgromowej oraz zabezpieczeń przeciwprzepięciowych
na terenie SUW Drwęża-Jedwabno w Lubiczu**

	Nazwisko i imię	Data	Podpis
Rzeczoznawca SEP nr 60/08/R/20 Świadectwo Kwalifikacji: E/270/421/21 i D/271/421/21 Upr. bud.: POM/0260/PWBE/16	mgr inż. Piotr Leśniewski	26.08.2022	
Rzeczoznawca SEP nr 78/01	dr inż. Stanisław Wojtas		
Kierownik Ośrodka Rzeczoznawstwa SEP	mgr inż. Marek Rusin		K I E R O W N I K Ośrodka Rzeczoznawstwa SEP w Gdańsku

Zasady użytkowania i powielania niniejszej opinii zgodnie z umową nr 29/TI/2022 zawartą pomiędzy Ośrodkiem Rzeczoznawstwa SEP w Gdańsku i Toruńskie Wodociągi Sp. z o.o.

Niniejsze opracowanie zawiera 17 stron ponumerowanych od 1/48 do 17/48 wraz z 5 załącznikami znajdującymi się na stronach od 18/48 do 48/48

1. Przedmiot opracowania

Przedmiotem niniejszego opracowania oznaczonego numerem 07/E-08/2022/Gd adresowanego do firmy **Toruńskie Wodociągi Sp. z o.o.** jest ocena istniejącego systemu ochrony odgromowej i przeciwprzepięciowej obiektów na terenie SUW Drwęża-Jedwabno w Lubiczu oraz wskazanie wytycznych do ich modernizacji.

2. Podstawa prawna opracowania

2.1. Formalna

- [1] Umowa nr 29/TI/2022
- [2] Norma PN-86/E-05003/01 – Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Wymagania ogólne
- [3] PN-86/E-05003/2 – Ochrona odgromowa, Ochrona podstawowa
- [4] Norma PN-EN 62305-1:2008 Ochrona odgromowa – Część 1: Zasady ogólne.
- [5] Norma PN-EN 62305-2:2008 Ochrona odgromowa – Część 2: Zarządzanie ryzykiem.
- [6] Norma PN-EN 62305-3:2009 Ochrona odgromowa – Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia.
- [7] Norma PN-EN 62305 – 4:2009 Ochrona odgromowa – Część 4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach.
- [8] Ustawa o normalizacji z dnia 12.09.2002, Dz. U. 169 poz. 1386,
- [9] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury do ustawy Prawo Budowlane z dnia 20.12.2010, Dz. U. Nr 75, poz. 690 wraz z późniejszymi zmianami
- [10] Stanisław Wojtas, Specyfika pomiarów rezystancji udarowej uziemień odgromowych, Przegląd Elektrotechniczny, Nr 10S, 2002 r., str. 293-296.
- [11] E. Musiał – Kontrola stanu technicznego urządzeń ochrony odgromowej i przeciwprzepięciowej, INPE, Nr 100, 2008
- [12] E. Musiał – Powszechnie uznane reguły techniczne, INPE Nr 93-94, 2007
- [13] Norma PN-HD 60364-4-443:2016-03 - Instalacje elektryczne niskiego napięcia -- Część: 4-443: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa -- Ochrona przed zaburzeniami napięciowymi i zaburzeniami elektromagnetycznymi -- Ochrona przed przejściowymi przepięciami atmosferycznymi lub łączeniowymi.
- [14] Andrzej Sowa - Odległości pomiędzy urządzeniami do ograniczania przepięć a chronionym urządzeniem, materiały VI Krajowej Konferencji Naukowo-Technicznej „Urządzenia piorunochronne w projektowaniu i budowie”, Kraków 2011.
- [15] Norma PN-HD 60364-5-534 - Instalacje elektryczne niskiego napięcia -- Część 5-534: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego -- Odłączanie izolacyjne, łączenie i sterowanie -Urządzenia do ochrony przed przejściowymi przepięciami.
- [16] Norma PN-EN 61643-21:2004 - Niskonapięciowe urządzenia ograniczające przepięcia - Część 21: Urządzenia do ograniczania przepięć w sieciach telekomunikacyjnych i sygnalizacyjnych -- Wymagania eksploatacyjne i metody badań.
- [17] A. Sowa - Ochrona przed przepięciami instalacji niskonapięciowych, urządzeń elektrycznych oraz teletechnicznych (źródło: https://kup.piib.org.pl/wp-content/uploads/2018/09/A.Sowa_2013_Bydgoszcz.pdf, aktualny 06.2022).

2.2. Merytoryczna

- [18] Opracowania i dokumentacje otrzymane od Zleceniodawcy - załącznik nr 1 oraz inne materiały przesłane przez Zamawiającego na skrzynkę swojtas@sep.gda.pl.
- [19] Wyniki pomiarów rezystancji uziemień i rezystywności gruntu oraz dokumentacja zdjęciowa wykonane przez wykonawców niniejszej opinii podczas oględzin całego obiektu w dniu 03.06.2022 r. – załączniki 2 i 3.

3. Uwagi wstępne

W obiektach i budynkach na terenie przedmiotowego obiektu oprócz instalacji zasilających obwody podstawowe oraz instalacji odgromowych występują również instalacje teletechniczne takie jak: system monitoringu CCTV, systemy alarmowe, systemy łączności radiowej czy sieć komunikacji przemysłowej PROFIBUS DP. Obiekt **jest** zaliczany do Systemu Infrastruktury Krytycznej.

System zasilania przedmiotowej przedmiotowego obiektu uzdatniania wody w energię elektryczną składa się z 2 stacji GPZ 110/6,0 kV oznaczonych na schemacie zamieszczonym na rysunku 1 w załączniku 1 jako GPZ1 i GPZ2 oraz 3 stacji 6,0/04 kV zaznaczonych jako T1, T2 i T3. Stacje T1, T2 oraz T3 mieszczą się w obiektach kubaturowych i są zasilane liniami kablowymi 6 kV z obu stacji GPZ.

Kamery system monitoringu wizyjnego CCTV zainstalowane są na elewacji budynków – okablowanie prowadzone jest wewnątrz budynków. Taka sama sytuacja dotyczy systemów alarmowych oraz systemu łączności (anten). W przeciwieństwie do wymienionych instalacji, zainstalowana na terenie SUW Drwęca-Jedwabno w Lubiczu, sieć komunikacji przemysłowej PROFIBUS DP jest siecią rozległą, obejmującą swoim zasięgiem cały teren Stacji Uzdatniania Wody. Na terenie obiektu zainstalowane jest 6 stacji procesorowych. Do komunikacji pomiędzy stacjami procesorowymi a elementami zainstalowanymi w terenie wykorzystywane są zarówno kable światłowodowe (kabel wielomodowy typu Z-(XV) OTKtsd 8G62,5 oraz Z-(XV) OTKtsd 8G62,5) oraz kable miedziane. Schemat sieci PROFIBUS DP na terenie SUW przedstawiono w załączniku nr 1.

Według informacji Zleceniodawcy budowa przedmiotowej stacji rozpoczęła się w latach 70-tych ubiegłego wieku. W kolejnych latach realizowano różne inwestycje poprawiające funkcjonowanie stacji i proces ten trwa praktycznie do czasów współczesnych. W tej sytuacji powstaje do rozstrzygnięcia problem według jakich standardów normalizacyjnych należy oceniać poprawność przyjętych rozwiązań technicznych, np. ochrony odgromowej oraz przeciwprzepięciowej. Ostatnio wybudowaną instalacją jest system telewizji przemysłowej CCTV wybudowany w latach 2019/2020.

Przyjęta Ustawa o normalizacji [8] zniósła od 1 stycznia 2003 roku obligatoryjne stosowanie norm, ale obowiązek stosowania polskich norm w procesie budowlanym został wprowadzony rozporządzeniem do ustawy Prawo Budowlane [9]. Od 20 marca 2011 roku ochrona odgromowa obiektu budowlanego, jeśli jest realizowana w danym obiekcie, powinna spełniać wymagania norm serii PN-EN 62305 [4,5,6,7]. Wcześniej stosowano normy PN serii 05003 [2,3]. W takiej sytuacji pojawia się pytanie według jakich norm należy oceniać stan obiektu podczas procesu kontrolnego w następnych latach. Powszechnie uważa się, że obiekty budowlane wraz z instalacjami powinny przynajmniej spełniać wymagania norm i przepisów obowiązujących w czasie projektowania oraz budowy. Taki sposób interpretacji nosi nazwę **zasady ochrony**

zastanej i wynika bezpośrednio z istoty prawa budowlanego. Gdyby nie była respektowana zasada ochrony zastanej, wtedy po każdej istotnej nowelizacji przepisów zawartych w prawie budowlanym, pojawiałaby się konieczność przebudowy wcześniej zrealizowanych obiektów budowlanych, które nie spełniają nowych przepisów i norm. Taki sposób postępowania mógłby prowadzić do absurdalnych postępowań [11, 12].

Zasada ochrony zastanej przestaje obowiązywać w odniesieniu do określonego obiektu budowlanego z chwilą, kiedy wprowadza się w nim zmiany zasadnicze, poprzez rozbudowę, przebudowę albo zmianę sposobu użytkowania, w sposób wpływający na bezpieczeństwo. W przypadku urządzenia piorunochronnego (LPS) można wskazać tytułem przykładu następujące zmiany zasadnicze znoszące zasadę ochrony zastanej:

- do obiektu wprowadzono nową linię elektroenergetyczną lub linię telekomunikacyjną albo linię do przesyłania danych,
- na dachu budynku postawiono nowe konstrukcje, jak nadbudówki, urządzenia klimatyzacyjne, syreny, anteny lub kamery,
- w obiekcie zmieniono kwalifikację stref zagrożenia wybuchem.

Prace związane z przebudową i unowocześnianiem stacji wymaga instalowania kolejnych linii telekomunikacyjnych, czujników lub kamer, co można było zauważyć podczas wizji lokalnej i prac pomiarowych na terenie stacji. W aktualnej ocenie systemu ochrony odgromowej i przeciwprzepięciowej należy więc podczas oceny większości obiektów zrezygnować ze stosowania starszych norm w myśl zasady ochrony zastanej, lecz do oceny jego poprawności należy posługiwać się współczesnymi normami PN-EN serii 62305. Zgodnie z tymi normami w kompleksowej ochronie odgromowej obiektu można wyodrębnić 2 grupy urządzeń:

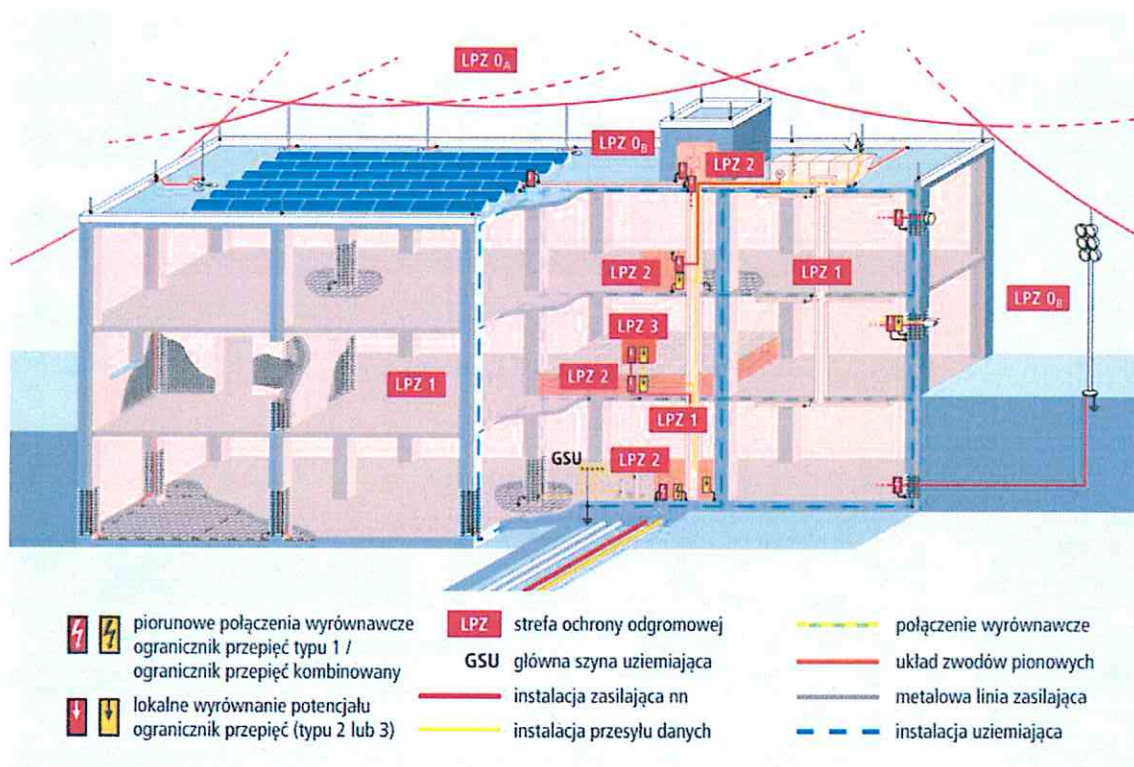
- elementy zamontowane w celu przechwycenia wyładowania piorunowego i w miarę bezpiecznego odprowadzenia związanego z nim prądu do ziemi – ochrona odgromowa zewnętrzna, składająca się ze zwodów, przewodów odprowadzających, uziemień, połączeń wyrównawczych oraz odstępów izolacyjnych (od zewnętrznego LPS);
- elementy zainstalowane w celu ograniczenia w poszczególnych instalacjach przepięć wywołanych prądem piorunowym – ochrona wewnętrzna, w skład której wchodzi następujące elementy: połączenia uziemiające i wyrównawcze; ekranowanie; właściwe trasowanie tras przewodów (oddzielenie od siebie przewodów objętych ochroną oraz niechronionych; separację galwaniczną, skoordynowany układ ograniczników przepięć (SPD - ang. surge protective device).

Ochrona odgromowa i ochrona przed przepięciami powinny być ze sobą skoordynowane w celu skutecznego zabezpieczenia obiektu przed skutkami oddziaływania wyładowań atmosferycznych. **Ograniczniki przepięć są wymagane zawsze, gdy budynek wyposażony jest w urządzenie piorunochronne.** Zarówno rozmieszczenie przewodów LPS, jak i parametry SPD powinny być dobrane stosownie do poziomu ochrony odgromowej określonego dla danego budynku. W celu zapewnienia skutecznej ochrony zastosowane rozwiązanie powinno być kompleksowe i poza urządzeniem piorunochronnym oraz ogranicznikami przepięć w instalacji zasilającej powinno uwzględniać także ochronę obwodów sygnałowych. Zgodnie z pkt. 7 normy PN-EN 62305-4 [7] „ochrona urządzeń wewnętrznych przed przepięciami wymaga systematycznego podejścia składającego się ze skoordynowanych SPD zarówno dla linii elektroenergetycznych, jak i linii sygnałowych”. Tylko kompletna ochrona przed przepięciami w instalacji elektrycznej i obwodach sygnałowych może zapewnić poprawne i bezawaryjne działania urządzeń i systemów elektrycznych i elektronicznych. Dobierając urządzenia ograniczające przepięcia w instalacji elektrycznej oraz chroniące przed oddziaływaniem części

prądu piorunowego należy postępować zgodnie z obecnie obowiązującymi normami i zaleceniami (normy serii normami PN-EN serii 62305).

Implementacja zasad ochrony według obowiązujących norm serii PN-EN 62305 [4-7], zakłada podział obiektu na strefy ochrony odgromowej (LPZ ang. lightning protection zone). W ogólnym przypadku, ze względu na potencjalne zagrożenia wyróżnia się następujące strefy LPZ (rys. 1):

- LPZ 0A – strefa zewnętrzna, w której występuje zagrożenie wyładowania bezpośredniego oraz oddziaływanie całkowitego prądu pioruna i całkowitego pola magnetycznego;
- LPZ 0B – strefa zewnętrzna, w której nie występuje zagrożenie wyładowania bezpośredniego, ale możliwe jest oddziaływanie częściowego prądu pioruna lub prądów indukowanych oraz całkowitego pola magnetycznego;
- LPZ 1...N – strefy wewnętrzne, w których nie występuje zagrożenie wyładowania bezpośredniego, prądy udarowe z linii zewnętrznych są ograniczone, ale możliwe jest oddziaływanie przepięć resztkowych lub prądów indukowanych oraz całkowitego lub słumionego pola magnetycznego. Strefa LPZ 1 stanowi wnętrze obiektu, natomiast Strefy LPZ 2 i wyższe mogą być wyznaczane dla poszczególnych obszarów budynku lub pojedynczych pomieszczeń (np. pomieszczenie z szafką automatyki).



Rys. 1. Strefowa koncepcja ochrony odgromowej i przepięciowej (źródło www.denh.pl)

Strefowa koncepcja ochrony zakłada stosowanie układów do ograniczania przepięć na granicach poszczególnych stref LPZ, w celu dostosowania warunków elektromagnetycznych do poziomów wytrzymywanych przez znajdujące się w danej strefie urządzenia. Chronione za pomocą ograniczników przepięć powinny być wszelkie wprowadzane i wyprowadzane linie zasilające oraz sygnałowe.

Wymagania odnoszące się do strefowej ochrony przepięciowej kategoryzują obszary pod kątem poziomu wytrzymałości udarowej instalowanych wewnątrz nich urządzeń elektronicznych i elektrycznych. W kolejnych strefach ochronnych następuje ograniczanie szczytowych wartości natężenia pola elektrycznego i magnetycznego (odpowiednie ekranowanie) oraz przepięć występujących w instalacji elektrycznej oraz w systemach przesyłania sygnałów. Obiekt poddawany ochronie i urządzenia zewnętrzne należy objąć strefą LPZ 0B wyznaczoną przez układ zwodów LPS, aby ograniczyć skutki bezpośredniego uderzenia pioruna, a przepięcia we wszelkich obwodach elektrycznych i elektronicznych należy ograniczyć do poziomów wytrzymywanych przez urządzenia za pomocą ograniczników przepięć.

Dobór środków ochrony polega na przeprowadzeniu analizy ryzyka zagrożenia piorunowego zgodnie z wymaganiami normy [5]. Wynik analizy daje jednak nie tylko informację o tym czy ochrona jest konieczna, ale także pomaga w doborze odpowiednich środków. Każdy budynek wyposażony w urządzenie piorunochronne wymaga również zastosowania ochrony przed przepięciami. Może wystąpić również sytuacja, w której na podstawie przeprowadzonej analizy ryzyka budynek nie wymaga zewnętrznej instalacji odgromowej, ale wymaga stosowania ochrony przed przepięciami. Jeżeli jednak na podstawie przeprowadzonej analizy ryzyka według norm odgromowych żadna ochrona nie jest wymagana to ochrona przed przepięciami może być konieczna z kolei ze względu na wymagania norm dotyczących instalacji elektrycznych serii PN-HD 60364 [13].

Zasady doboru SPD w instalacjach elektrycznych określa norma PN-HD 60364-5-534 [15]. Zgodnie z jej wytycznymi przy doborze SPD należy brać pod uwagę następujące zagadnienia:

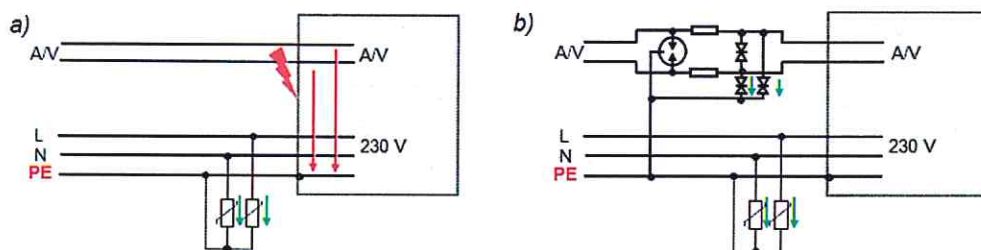
- typ SPD w zależności od miejsca instalacji,
- wytrzymałość udarową SPD w zależności od rodzaju spodziewanych zagrożeń,
- napięciowy poziom ochrony SPD stosownie do znamionowego napięcia udarowego chronionej instalacji,
- spodziewane wartości napięć i prądów w chronionej instalacji,
- koordynację energetyczną układu SPD - przez koordynację energetyczną ograniczników przepięć należy rozumieć właściwy dobór SPD z uwzględnieniem znamionowych wartości wytrzymywanych napięć udarowych urządzeń występujących w chronionej instalacji, a także w przypadku zastosowania więcej niż jednego stopnia ochrony w celu zapewnienie prawidłowego działania kolejnych stopni ograniczników przepięć.

Wytrzymałość ograniczników przepięć powinna być odpowiednia do występujących zagrożeń. Jeżeli obiekt poddawany ochronie w jakikolwiek sposób narażony jest na oddziaływanie prądów pioruna to zgodnie z PN-HD 60364-5-534 w złączu instalacji lub rozdzielniczy głównej należy stosować ograniczniki Typu 1 zdolne do bezpiecznego odprowadzania takich prądów. Do takich obiektów zalicza się przede wszystkim każdy budynek wyposażony w zewnętrzne

urządzenie piorunochronne. Zastosowanie ograniczników Typu 1 wymagane jest ponadto również w obiektach, które nie posiadają instalacji LPS, ale zasilane są z linii energetycznych, dla których nie można wykluczyć zagrożenia bezpośredniego uderzenia pioruna, np.: linie napowietrzne lub linie podziemne połączone z taką linią. Ograniczniki Typu 2 mogą być stosowane w rozdzielnicach głównej jedynie w przypadku gdy obiekt nie posiada urządzenia piorunochronnego i gdy ryzyko bezpośredniego wyładowania atmosferycznego w linie zasilające jest pomijalne. Według wymienionej normy należy ponadto zapewnić koordynację zarówno między SPD a chronioną instalacją, jak i koordynację między kolejnymi stopniami ochrony w przypadku zastosowania dwóch lub więcej SPD. Ograniczniki przepięć powinny zapewniać redukcję poziomów przepięć do wartości wytrzymywanych przez chronione urządzenia. Poprawną koordynację energetyczną zapewnia stosowanie ograniczników przepięć jednego producenta. Nie chodzi tutaj o zastosowanie ograniczników jednego producenta w całym obiekcie, a jedynie poszczególnych stopni ochrony w instalacji zasilającej.

W celu zapewnienia najwyższego poziomu skuteczności ochrona powinna być kompletna i poza urządzeniem piorunochronnym oraz ogranicznikami przepięć w instalacji zasilającej powinna uwzględniać także ochronę obwodów sygnałowych. Zgodnie z pkt. 7 normy PN-EN 62305-4 [7] „ochrona urządzeń wewnętrznych przed udarami wymaga systematycznego podejścia składającego się ze skoordynowanych SPD zarówno dla linii elektroenergetycznych, jak i linii sygnałowych”.

Ochrona wyłącznie obwodu zasilania może okazać się niewystarczająca. Najlepiej obrazuje to sytuacja przedstawiona na rys.2, jaka może wystąpić przy bezpośrednim uderzeniu pioruna. W obwodzie zasilania SPD ograniczy różnicę potencjałów między przewodami fazowym i neutralnym a przewodem PE, ale wysoki potencjał PE przeniesiony na obudowę urządzenia może doprowadzić do przebicia izolacji względem przewodów sygnałowych (Rys. 2a). Dlatego jedynie kompletna ochrona urządzeń (Rys. 2b) zapewni pełną ochronę.

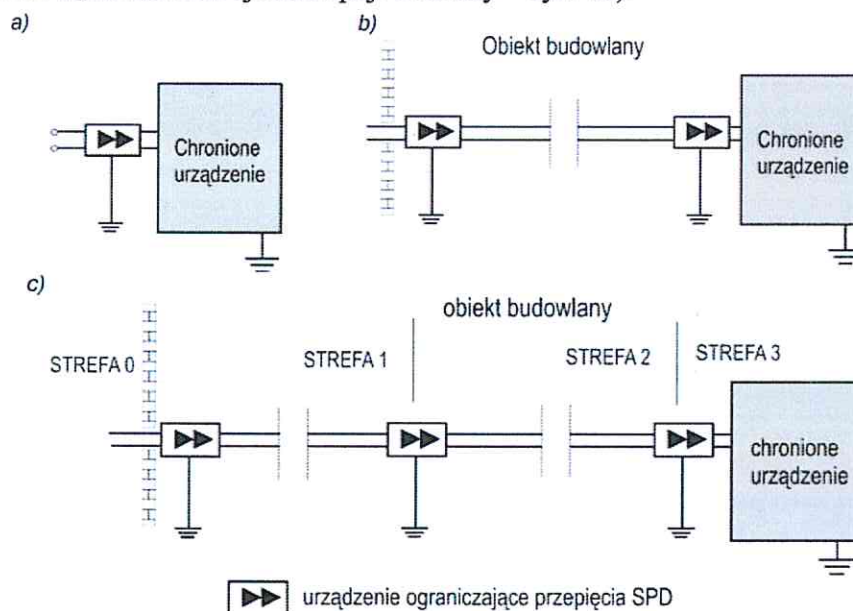


Rys. 2. Rozkład napięć w przypadku wzrostu potencjału uziemienia: a) ochrona wyłącznie zasilania; b) kompletna ochrona zasilania i linii sygnałowej (źródło www.rst.pl).

Ograniczniki przepięć do ochrony obwodów sygnałowych powinny spełniać wymagania normy PN-EN 61643-21 [16]. W odróżnieniu od urządzeń do ochrony zasilania nie ma tu typów SPD, a kategorie udarów jakimi są one badane. Najbardziej popularne stanowią kategoria C2 i D1. Kategoria C2 oznacza, że SPD został przebadany udarami o kształcie $8/20 \mu s$, co stanowi odpowiednik SPD Typu 2. Kategoria D1 stanowi natomiast odpowiednik SPD Typu 1 ze względu na badania udarem o kształcie $(10/350 \mu s)$.

Urządzenia do ograniczania przepięć SPD w obwodach sygnałowych powinny być dobierane i instalowane w taki sposób, aby zapewniały bezawaryjne działanie chronionych urządzeń i nie wpływały na jakość ich pracy. Najczęściej są one umieszczane:

- bezpośrednio przed chronionym urządzeniem (rys. 3a);
- w miejscu wprowadzania przewodów sygnałowych do obiektu budowlanego oraz bezpośrednio przed chronionym urządzeniem (rys. 3b);
- w miejscach przejść pomiędzy poszczególnymi strefami ochronnymi (w przypadku stosowania strefowej koncepcji ochrony – rys. 3c).



Rys. 3. Przykłady rozmieszczania urządzeń ograniczających przepięcia w obwodach sygnałowych: a) bezpośrednio przed urządzeniem; b) w miejscu wprowadzania do obiektu i przed urządzeniem; c) w miejscach przejść pomiędzy poszczególnymi strefami [17]

4. Analiza stanu ochrony w poszczególnych obiektach

4.1. Ochrona odgromowa zewnętrzna stacji zasilających

4.1.1. Stacja T3

Stacja T3 znajduje się w budynku widocznym na rys. 1 w zał. 2 i jest zasilana z obu rozdzielni głównych 110/6 kV – rys. 1 w zał. 1. Brak jest urządzenia piorunochronnego zainstalowanego bezpośrednio na budynku, a ochronę od wyładowań atmosferycznych budynku rozdzielni stanowią 2 maszty metalowe o wysokości ok. 18 m umieszczone w odległości ok. 2,5 m od obu jego bocznych ścian. Pomierzono rezystancję statyczną uziemień obu masztów (oznaczaną w opinii jako R) oraz ich impedancję uderową przy czasie czoła uderu 4 μ s (oznaczaną jako Z). W aktualnej normie **PN-EN 62305** dotyczącej ochrony odgromowej na impedancję mierzoną przy wymuszeniu uderowym zostało wprowadzone pojęcie „**umownej impedancji uziemienia**” definiowanej jako „*stosunek wartości szczytowej napięcia na uziomie do wartości przepływającego w nim prądu, które na ogół nie występują jednocześnie*” i tak należy rozumieć wyniki określone w opinii jako impedancja uderowa.

Pomiary rezystancji uziemień zostały wykonane przy użyciu miernika MRU-105 o numerze fabrycznym AC2111 produkcji firmy Sonel, świadectwo wzorcowania Okręgowego Urzędu Miar w Gdańsku nr 6W2/1299/18 z dnia 27.03.2018. Pomiary uderowe zostały przeprowadzone miernikiem WG-507 o numerze fabrycznym 162001 produkcji firmy ATMOR ze świadectwem

wzorcowania OUM w Gdańsku nr 6W2/1310.1/18 z dnia 28.03.2018. Pomiary były realizowane w układzie 3-przewodowym z wykorzystaniem sond prądowej i napięciowej w postaci prętów o długości 65 cm umieszczonych w odległościach odpowiednio 40 i 30 m od zacisku mierzonego uziemienia. Dla masztu widocznego po lewej stronie na fotografii z rys. 1 zał. 2 uzyskano wartości $R=1,28\ \Omega$ i $Z=3,5\ \Omega$, a dla masztu po prawej stronie - wartości $R=1,73\ \Omega$ i $Z=5,4\ \Omega$. Wyniki te spełniają wymagania obowiązujących norm regulujących zasady ochrony odgromowej.

W celu poszerzenia interpretacji obu wyników pomierzono rezystywność gruntu otaczającego stację. Pomiar wykonano metodą Wennera przy wykorzystaniu miernika MRU-105 i uzyskano wartość $101\ \Omega\text{m}$. Jest to dość niska wartość rezystywności gruntu i w takich warunkach łatwo uzyskać niską rezystancję uziemienia nawet przy niezbyt dużej jego rozległości. Do oceny rozległości może posłużyć wynik impedancji udarowej, ponieważ podczas pomiaru są brane pod uwagę elementy uziomu znajdujące się w ziemi w otoczeniu mniejszym od tzw. długości efektywnej uziomu. Dla rezystywności $101\ \Omega\text{m}$ i czasu czoła udaru długość ta wynosi ok. 25 m, a więc na wynik impedancji udarowej stacji T3 nie mogą wpływać uziemienia poza tą strefą, np. niska wartość rezystancji uziemienia oddalonej o kilkaset metrów stacji GPZ2 LUBICZ [10]. Należy przypuszczać, że pozytywną rolę w ocenie rezystancji uziemień, a zwłaszcza w uzyskaniu niskich wyników rezystancji statycznej uziemień większości obiektów, odgrywa rozbudowany system rurociągów i linii kablowych na terenie całej stacji, które są połączone z uziomami.

Kolejnym problemem, który należy rozważyć jest sprawdzenie, czy strefy ochronne tworzone przez wspomniane maszty pokrywają cały budynek stacji. Koniecznym warunkiem niezbędnym do realizacji tego celu jest ustalenie klasy ochrony odgromowej obiektu. Zgodnie z przepisami normalizacyjnymi taka możliwość powstaje w wyniku obliczeń ryzyka wystąpienia szkody, co pojawia się w pełnym procesie projektowania ochrony. Wstępna ocena wskazuje, że ze względu na niewielkie ryzyko porażenia ludzi w obiekcie, klasa ochrony nie powinna przekroczyć poziomu 3 lub 4. Biorąc pod uwagę wymiary budynku (wysokość 5,2 m, długość 22,5 m, szerokość 8,5 m) i masztów (18 m), przedmiotowy obiekt stacji mieści się w strefach ochronnych wyznaczonych przez maszty metodą kątów ochronnych.

Widoczny na analizowanym rysunku po lewej stronie zbiornik w kształcie walca nie wymaga analizy położenia w strefie ochronnej, ponieważ jako zbiornik ciśnieniowy gazu (tlen) powinien mieć ścianki o grubości przynajmniej 5 mm, i zgodnie z przepisami normalizacyjnymi w takim przypadku nie wymagałyby dodatkowych zwodów, ponieważ prąd piorunowy nie może uszkodzić obudowy zbiornika [6].

4.1.2. Stacja T2

Rys. 2 w zał. 2 przedstawia fotografię budynku stacji oznaczonej jako T2, która jest zasilana dwiema liniami kablowymi z rozdzielni GPZ1 Drwęża i jedną linią z rozdzielni GPZ2 Lubicz. Budynek stacji nie ma urządzeń piorunochronnych zewnętrznych, a elementem zapobiegającym wyładowaniom bezpośrednim w obiekt jest maszt widoczny na przywołanym rysunku. W wyniku pomiarów rezystancji oraz impedancji udarowej uziemienia masztu uzyskano następujące wartości: $R=1,25\ \Omega$ i $Z=5,3\ \Omega$. Uzyskane wartości spełniają wymagania aktualnych norm odgromowych PN-EN, a ocena wartości R i Z przy założeniu zbliżonej do otrzymanej dla T3 rezystywności gruntu upoważnia do podobnej interpretacji obu wyników.

Budynek omawianej stacji ma następujące wymiary: długość 37 m, szerokość 8,6 m i wysokość 4,5 m. Przy takiej rozległości maszt o wysokości 14 m i przy założeniu nawet najniższej, czyli IV klasy ochrony, zapewnia strefę chroniącą przed wyładowaniami dla zaledwie do połowy budynku, a dalej położona jego część jest narażona na bezpośrednie wyładowania atmosferyczne. W tej sytuacji ochrona odgromowa zewnętrzna obiektu wymaga uzupełnienia.

4.1.3. Stacja T1

Widok stacji T1 przedstawiono na rys. 3 zał. 2, którą zasilają 2 linie kablowe z rozdzielni GPZ1 Drwęca. Budynek stacji nie ma żadnych urządzeń spełniających rolę urządzeń odgromowych zewnętrznych i nie jest chroniony przed bezpośrednimi wyładowaniami atmosferycznymi. W tej sytuacji nie było możliwości pomiaru uziemienia przeznaczonego do rozpraszania w gruncie prądu ewentualnych wyładowań atmosferycznych.

4.1.4. Rozdzielnia GPZ1 Drwęca

Na prośbę przedstawiciela Zleceniodawcy dokonano wrywkowej, tj. ograniczonej do jednego z masztów odgromowych, oceny uziemienia obu rozdzielni 110/6,0 kV zasilających przedmiotową stację uzdatniania wody. W zał. 2 rys. 4 jest widoczny maszt, dla uziemienia którego uzyskano następujące wartości: $R=0,30 \Omega$, $Z=5,8 \Omega$. Tak duży współczynnik uderzenia k równy 19,33 ($k=5,8/0,30$) jest charakterystyczny dla rozległych uziomów kratowych i prawdopodobnie taki uziom został zastosowany w przypadku tej rozdzielni. Dodatkowe podwyższenie współczynnika wynika prawdopodobnie z sytuacji, że maszt jest umieszczony poza obszarem uziomu kratowego i połączony z tym uziomem poprzez uziom poziomy. Niska wartość rezystancji w warunkach statycznych wynika prawdopodobnie ze spodziewanych prądów zwarciovych w rozdzielni, a wartość impedancji uderowej uziomu masztu spełnia wymagania normalizacyjne.

4.1.5. Rozdzielnia GPZ2 Lubicz

Ocenę uziemienia tej rozdzielni przeprowadzono w sposób analogiczny jak w przypadku wyżej opisanej rozdzielni GPZ1 Drwęca. Fotografia zamieszczona na rys. 5 w zał. 2 przedstawia maszt systemu odgromowego rozdzielni, dla którego uziemienia wykonano pomiary uzyskując następujące wartości: $R=0,55 \Omega$ i $Z=4,1 \Omega$. Współczynnik uderzenia masztu w tym przypadku wynosi 7,45 i wskazuje, że maszt znajduje się bliżej uziomu kratowego rozdzielni niż w przypadku GPZ1. W konkluzji należy stwierdzić, że uziemienie masztu spełnia wymagania stawiane uziemieniom odgromowym.

4.1.6. Stacja słupowa 15/04 kV Jedwabno

Stacja słupowa zasilająca system pozyskiwania wody ze studni głębinowych jest pokazana na rys. 6 w zał. 2. Pomierzono rezystancję oraz impedancję uderową uziemienia stacji uzyskując wyniki: $R=0,66 \Omega$ oraz $Z=8,3 \Omega$. Współczynnik uderowy uziemienia jest dość wysoki i wynosi ok. 12,5, co może być efektem wpływu systemu uziemiającego odległych pomp ujęć głębinowych. Uzyskane wartości spełniają wymagania z punktu widzenia ochrony odgromowej. Podczas tych pomiarów zauważono, że 2 z 4 przewodów odprowadzających w postaci bednarek są całkowicie skorodowane na styku z gruntem i uziemienie stacji wymaga naprawy.

4.1.7. Współczynnik sezonowych zmian wilgotności gruntu

W europejskich i współczesnych polskich przepisach normalizacyjnych brak definicji takiego współczynnika. Należy przypuszczać, że autorzy norm ufając wiedzy i odpowiedzialności pomiarowców wierzą, że pomiary uziemień będą prowadzić w warunkach stabilnych pod względem zawilgocenia gruntu.

W polskiej literaturze współczynnik taki pojawił się w połowie lat 50-tych ubiegłego wieku i został zapożyczony z ówczesnych przepisów radzieckich. We współczesnych normach z oznaczeniem PN-EN brak wymagań, aby otrzymane wyniki korygować współczynnikiem wilgotności gruntu. Jednak w polskiej praktyce pomiarowej współczynnik taki jest często

stosowany, ponieważ obowiązek jego stosowania jest wprowadzany przepisami wewnętrznymi firm, które są właścicielami obiektów podlegającym pomiarom. Przykładem takiej sytuacji są firmy związane z dystrybucją energii elektrycznej.

Pomiary przeprowadzone w ramach niniejszej opinii były prowadzone w miarę ustabilizowanych warunkach wilgotnościowych gruntu i zaprezentowane wyniki pomiarów uziemień nie były korygowane współczynnikami wilgotnościowymi.

4.1.8. Ochrona od przepięć sieci zasilającej w energię elektryczną

Ocena ochrony od przepięć wywołanych wyładowaniami atmosferycznymi została przeprowadzona na podstawie schematu z rys. 1 zał. 1 oraz opisów dokumentacji obu rozdzielni GPZ przesłanych przez Zamawiającego [18].

Po stronie sieci 110 kV są chronione bezpośrednio uzwojenia wysokonapięciowe poszczególnych faz w 3 transformatorach zainstalowanych w obu rozdzielniach – 2 transformatory w GPZ1 i 1 w GPZ2, co jest widoczne na schemacie pokazanym na rys. 1 w zał. 1. W stacji GPZ1 zamontowano na wejściu obu transformatorów 6 ograniczników typu PEXLIM R 096-YH123, a od strony zasilania transformatora w stacji GPZ2 są zamontowane na 2 fazach ograniczniki PEXLIM R 096-YH123 natomiast na trzeciej fazie ogranicznik starszego typu GZS 108. Punkty neutralne transformatorów po stronie 110 kV w obu stacjach są uziemione przez ograniczniki starszego typu GZSa-50 IOkA.

Strona 6 kV w obu rozdzielniach jest zabezpieczona ogranicznikami starszego typu GZ-7,3/5. Ograniczniki są zamontowane w polach zasilających transformatory potrzeb własnych obu rozdzielni w GPZ1 – 6 sztuk i w GPZ2 -3 sztuki, co daje łączną liczbę 9 ograniczników. Rozprowadzenie mocy po stronie 6 kV odbywa się wyłącznie poprzez sieć kablową i energetyka zawodowa w naszym kraju w takim przypadku z reguły nie montuje ograniczników. Jednak należy zauważyć, że stacja zapewnia zaopatrzenie w wodę znacznej populacji mieszkańców i ograniczniki po stronie SN stanowią dodatkowe zabezpieczenie przed przedostawaniem się przepięć wywołanych wyładowaniami atmosferycznymi do poszczególnych stacji 6/04 kV na dość rozległym terenie obiektu, a więc podnoszą bezpieczeństwo zasilania poszczególnych urządzeń obiektu w energię elektryczną.

4.2. Ochrona od przepięć sieci niskiego napięcia oraz instalacji teletechnicznych

4.2.1. System telewizji przemysłowej CCTV, systemy alarmowe

W analizowanym obiekcie podczas wizji lokalnej stwierdzono montaż kamer systemu telewizji przemysłowej CCTV na elewacji budynków, zbyt blisko przewodów odprowadzających instalacji odgromowej.

W czasie bezpośredniego uderzenia pioruna w budynek, przy przepływie prądu pioruna przewodami odprowadzającymi na skutek zbyt małej odległości między kamerą lub okablowaniem kamery a przewodem odprowadzającym, następuje przeskok części prądu pioruna do obwodów podłączonych do kamery. Taka sytuacja powoduje ryzyko wprowadzenia części prądu piorunowego do wnętrza budynku oraz do szaf teletechnicznych (sytuacja analogiczna jak przedstawiona na rys. 2). Szkody wywołane przez bezpośrednie lub pośrednie (przepięcia indukowane) oddziaływanie prądu pioruna mogą skutkować nie tylko stratami finansowymi związanymi z fizycznym uszkodzeniem kamer, urządzeń rejestrujących, urządzeń aktywnych w szafie automatyki, ale w efekcie utratą funkcjonalności systemu i ograniczeniem bezpieczeństwa obiektu należącego do Systemu Infrastruktury Krytycznej. Kamery zewnętrzne, ze względu na miejsce instalacji na elewacji budynku, mogą być narażone na oddziaływanie prądu wyładowania atmosferycznego lub jego części oraz dodatkowo, ze względu na długość kabli

sygnałowych mogą być narażone na indukcyjne efekty wyładowań pobliskich. Nie można również wykluczyć uderzenia pioruna w samą kamerę, która w takim przypadku uległaby fizycznemu uszkodzeniu. O ile ryzyko uszkodzenia kamery można przyjąć jako ryzyko akceptowalne, ze względu na koszt kamery w stosunku do kosztów ochrony przeciwprzepięciowej oraz odgromowej. Bardziej niebezpieczne jest jednak ryzyko „przeniknięcia” w takim przypadku części prądu piorunowego do wnętrza obiektu, co może spowodować bardzo duże zniszczenia. O ile utrata jednej kamery nie jest jeszcze krytyczna, to zniszczenie urządzeń rejestrujących lub transmisyjnych i zasilających może stanowić dużą stratę dla obiektu. Dodatkowo na uszkodzenia narażone będą potencjalnie także wszystkie inne urządzenia elektryczne i elektroniczne, znajdujące się w pobliżu okablowania kamery CCTV.

Zapewnienie odporności systemów CCTV przed skutkami oddziaływania wyładowań atmosferycznych wymaga zastosowania dodatkowych zabezpieczeń w postaci elementów ochrony przed przepięciami oraz umieszczeniu kamery w strefie LPZ 0B. Opracować należy przede wszystkim analizę istniejących urządzeń piorunochronnych (LPS), zgodnie z aktualnie obowiązującymi normami w odniesieniu do systemów telewizji przemysłowej CCTV, która powinien uwzględniać dwa podstawowe zagadnienia:

- zapewnienie stref ochronnych LPZ 0B dla kamer zainstalowanych na elewacjach;
- zachowanie bezpiecznych odległości między przewodami LPS, a wszystkimi elementami systemu CCTV.

Na rys. 1 ÷ 6, załącznik 3 przedstawiono przykładowe miejsca instalacji kamer CCTV, które stanowią potencjalne drogę wprowadzenia części prądu wyładowania atmosferycznego do wnętrza budynku.

Podobnie jak dla systemów CCTV zainstalowanych w analizowanym obiekcie analogiczne wnioski można wyciągnąć dla elementów innych instalacji teletechnicznych jak np. systemu sygnalizacji włamania i napadu, czy systemu kontroli dostępu do budynku. Elementy tych systemów zainstalowane są na elewacji budynku, w pobliżu przewodów odprowadzających. W celu zapewnienia ochrony dla tych systemów, należy przeprowadzić podobną analizę jak dla systemu CCTV.

Na rys. 7 ÷ 8, załącznik 3 pokazano przykładowe miejsca, które stanowią potencjalną drogę wprowadzenia części prądu wyładowania atmosferycznego do wnętrza budynku. Na rys. 7 oraz rys. 8 przedstawiono elementy systemu kontroli dostępu oraz systemu alarmowego zbyt blisko przewodów odprowadzających.

Stwierdzono również:

- brak podłączenia do instalacji odgromowej masztu antenowego zainstalowanego na budynku ochrony, mimo że jest to najwyższy element zainstalowanych na dachu budynku (rys. 9 oraz rys. 10, załącznik 3);
- przewody odprowadzające prowadzone bardzo blisko metalowej instalacji technologicznej wprowadzonej do budynku administracji (rys. 11, załącznik 3);
- elementy stacji pogodowej zainstalowane na dachu budynku (rys. 19, załącznik 3), **gdzie** kable wprowadzone są do wnętrza budynku bez ochrony przeciwprzepięciowej.

Są to potencjalne miejsca wprowadzenia części prądu piorunowego do wnętrza budynku.

Dodatkowo w budynku osadów pokoagulacyjnych stwierdzono przewód odprowadzający „wiszący” w powietrzu (rys. 18, załącznik 3), co może zmniejszyć skuteczność ochrony odgromowej budynku.

4.2.2. Sieć komunikacji PROFIBUS DP

W analizowanym obiekcie jako system komunikacyjny pomiędzy stacjami operatorskimi a urządzeniami terenowymi wykorzystywany jest system komunikacji PROFIBUS DP oparty o kabel światłowodowy oraz ekranowany z żyłami miedzianymi. W przypadku zastosowania kabla światłowodowego – nie jest wymagana ochrona od skutków wyładowań atmosferycznych oraz przepięć dla linii sygnałowej. Dla zapewnienia skutecznej ochrony przeciwprzepięciowej należy zastosować ograniczniki przepięć tylko w instalacji zasilającej stacje operatorskie. W przypadku kabli z żyłami miedzianymi każdy kabel wprowadzany do szafy automatyki powinien zostać zabezpieczony za pomocą dedykowanego ogranicznika przepięć. W analizowanym obiekcie stosowane są ograniczniki przepięć typu PT 3-PB-ST na podstawie PT1x2-BE (Phoenix Contact nr katalogowy 2858030 – wtyk, 2856113 - podstawka). Ogranicznik instaluje się na uziemionej szynie montażowej TH35 (rys. 12, załącznik 3). Ogranicznik zainstalowany jest dla każdego kabla wychodzącego ze stacji operatorskiej i prowadzonego do urządzeń terenowych. Taki sam ogranicznik zainstalowany jest przy ważniejszych urządzeniach terenowych. Jest to rozwiązanie poprawne technicznie i zapewnia ochronę przeciwprzepięciową dla sieci komunikacji PROFIBUS DP. W przypadku przyszłej rozbudowy sieci PROFIBUS DP należy jednak rozważyć zmianę typu podstawki która zainstalowana zostanie przy urządzeniu terenowym na podstawkę typu PT 1X2+F-BE (Phoenix Contact nr katalogowy 2856126). Jest to podstawka z wbudowanym ogranicznikiem gazowym pomiędzy zaciskiem PE a GND. Zastosowanie takiej podstawki może wyeliminować prądy wyrównawcze, które mogą pojawić się w ekranie przewodu komunikacyjnego, ze względu na różnicę wartości rezystancji uziomu z obu stron ekranu kabla. Zastosowanie takiej podstawki nie wpływa na skuteczność ochrony przeciwprzepięciowej.

Dyskusyjne wydaje się sposób zainstalowanie ograniczników przepięć dla komór kontaktowych ozonowania wtórnego (rys. 3, załącznik 1 oraz rys. 13 – załącznik 3). Idea zastosowania ograniczników na wejściu i wyjściu kabla z przepustnicy AUMA jest jak najbardziej właściwa. Wątpliwości budzi sposób podłączenia do uziemienia ogranicznika – poprzez ekran i urządzenie AUMA. Jest to niezgodnie z zaleceniem producenta, który zaleca podłączenie do uziemienia przez uziemienie podstawki. W takim przypadku – ogranicznik może nie spełnić swojej funkcji. W przypadku konieczności odprowadzenia prądu będącego skutkiem wyładowania atmosferycznego do ziemi, będzie on płynął ekranem do miejsca uziemienia ekranu równolegle kablem sygnałowym, co może spowodować uszkodzenie przepustnicy. Dodatkowo przed przepięciami chronione jest tylko jedno urządzenie – to bliżej którego zainstalowane są ograniczniki. W celu zapewnienia ochrony obu urządzeń należy zastosować ograniczniki bezpośrednio przy urządzeniach. W przypadku komór ozonowania wtórnego (rys. 1 załącznik nr 2) maszty instalacji odgromowej zainstalowane są w pobliżu barier ochronnych, które z kolei umieszczone są w pobliżu rozdzielnic do sterowania przepustnicą AUMA. W celu wyeliminowania możliwości przeskoku wskutek prądu piorunowego z maszty odgromowego do barierki należy zweryfikować czy odległość barierki do maszty odgromowego jest większa od bezpiecznego odstępu separacyjnego, który wyznaczyć należy na podstawie normy PN-EN 62305-3 [6]. Przepływ prądu pioruna powoduje pojawienie się napięć na zwodach odprowadzających prąd piorunowy – im większa odległość rozpatrywanego punktu wzdłuż przewodu do uziemienia tym większe napięcie. W czasie bezpośredniego uderzenia pioruna na

elementach instalacji odgromowej mogą pojawiać się potencjały o bardzo wysokich wartościach i jeżeli nie będzie zachowany odstęp separujący, to na skutek zbyt dużej różnicy potencjałów może nastąpić przeskok w powietrzu i części prądu pioruna przedostanie się do barierki oraz rozdzielnic przepustnicy AUMA.

4.2.3. Sieć zasilająca nn

W instalacji elektrycznej niskiego napięcia zasilającej budynku technologiczne stwierdzono zarówno poprawne instalowanie ograniczników przepięć (budynek Ozonowni – rys. 16 załącznik nr 3) oraz brak ograniczników przepięć w instalacji zasilającej (np. budynek osadników pokoagulacyjnych – rys. 17 oraz rys. 20 załącznik nr 3), pomimo że budynek wyposażony jest w instalację odgromową, a także błędne instalowanie ograniczników przepięć (budynek wstępnego ozonowania (rys. 14 oraz rys. 15, załącznik 3). W tym ostatnim przypadku w instalacji zasilającej zastosowano 2 różne ograniczniki przepięć: ogranicznik typu 1+2 (Phoenix Contact seria FLASHTRAB FTL-CP-350-ST z iskiernikiem) oraz ogranicznik beziskiernikowy (VALETRAB seria VAL-CP-350-ST). W rozdzielni obok zainstalowano ogranicznik typu 2 (EATON SPC-S-20/280). Błąd polega na zastosowaniu nieskoordynowanych ograniczników przepięć, (ograniczniki różnych producentów i typów - koordynację energetyczną może jedynie potwierdzić producent ograniczników. Zainstalowanie nieskoordynowanych ograniczników przepięć, w przypadku wystąpienia przepięcia, może spowodować, że jeden ogranicznik znosi działanie drugiego ogranicznika.

5. Zalecenia

W rezultacie oględzin i przeprowadzonych pomiarów autorzy opinii proponują przeprowadzenie szeregu inwestycji uzupełniających w ochronie odgromowej i przepięciowej instalacji zasilania oraz sterowania na terenie SUW Drwęca-Jedwabno w Lubiczu.

5.1. Instalacje ochrony odgromowej systemu zasilania w energię elektryczną

5.1.1. Rozdzielnie GPZ 1 i GPZ2

Urządzenia obu rozdzielni są chronione od skutków bezpośrednich wyładowań atmosferycznych za pomocą masztów pionowych rozmieszczonych w ten sposób, aby wszystkie urządzenia znajdowały się w strefach ochronnych tworzonych przez poszczególne maszty. Na obecnym etapie stosunkowo długiego okresu eksploatacji należy dotrzymywać okresowych pomiarów parametrów uziemień masztów w celu wykrycia ewentualnego braku połączeń w wyniku korozji uziomów.

Ograniczniki przepięć typu GZS zainstalowane po stronie WN na jednej z faz oraz w punktach neutralnych transformatorów należy wymienić na tego samego rodzaju jak już wcześniej wymienione – p. 4.1.8. Podobna uwaga dotyczy ograniczników typu GZ zainstalowanych po stronie 6 kV. Ograniczniki GZ i GZS wymagają dość kosztownych badań okresowych (sprawdzanie napięcia statycznego zapłonu oraz prądów upływu) i ich eksploatacja stała się nieopłacalna – w energetyce zawodowej zostały już praktycznie wycofane z eksploatacji.

5.1.2. Stacja T1

W obrębie budynku stacji T1 jest brak urządzeń ochrony odgromowej. Wprawdzie położenie obiektu (m.in. otaczające drzewa) zapewnia pewne ograniczenie prawdopodobieństwa niebezpiecznych wyładowań i ta okoliczność pozwalała według ówczesnej normy PN serii 05003 na rezygnację z zewnętrznej ochrony odgromowej. Procedura wyboru sposobu ochrony

odgromowej według obecnie obowiązujących norm PN-EN serii 62305 polega na wyznaczeniu ryzyka wystąpienia szkody wskutek wyładowania atmosferycznego. Istotnym elementem takiego ryzyka w przypadku przedmiotowego obiektu może okazać się składowa ryzyka wynikająca z utraty usługi publicznej (brak dostarczania wody) i w rezultacie sumaryczne ryzyko wystąpienia szkody może przekroczyć poziom tolerowany przez wspomnianą normę (10^{-3}). Wobec tego jest sugestia, aby wdrożyć pełną procedurę projektową i ustalić czy w przedmiotowym obiekcie należy zainstalować zewnętrzną ochronę odgromową.

5.2. Stacja T2

Istniejąca zewnętrzna ochrona odgromowa obiektu zredukowana do pojedynczego masztu powinna być uzupełniona o kolejny maszt lub system zwodów na dachu budynku stacji. Wybór wersji przez projektanta będzie zależał od konstrukcji dachu i geometrii uziomu w rejonie budynku stacji. Obecnie są dostępne na rynku zwody pionowe o różnej wysokości, które mogą być umieszczane na płaskim dachu i taka wersja jest zwykle tańsza.

5.3. Pozostałe obiekty na terenie stacji

Z dostarczonej dokumentacji wynika, że w 2019 roku zostały wykonane pomiary instalacji odgromowej następujących obiektów stacji: biurowiec, pompownia 1, chlorownia, pompownia 2, filtry, koagulacja i wartownia. Na wszystkich wymienionych protokołach figuruje orzeczenie, że instalacja nadaje się do dalszej eksploatacji, a termin następnego badania upływa z dniem 06.06.2024.

5.4. Ochrona od przepięć w instalacji elektrycznej (budynkowej) oraz teletechnicznej

W celu zapewnienia poprawnego systemu ochrony przeciwprzepięciowej zaleca się:

- Opracowanie projektu wykonawczego modernizacji instalacji przeciwprzepięciowej instalacji elektrycznej zasilającej nn-0,4 kV oraz w instalacjach teletechnicznych. Projekt powinien zawierać:
 - inwentaryzację instalacji przeciwprzepięciowej (ograniczników przepięć) w instalacji elektrycznej zasilającej każdy z budynków;
 - inwentaryzację przebiegu tras kabli (miedzianych) sieci PROFIBUS-DP w terenie: weryfikacja czy trasy kabli nie tworzą pętli oraz czy nie przebiegają równolegle do sieci uziemień oraz metalowych rur – ryzyko przepięć indukowanych przy przepływie prądu piorunowego. W przypadku trasy równoległej należy taki odcinek wymienić na kabel światłowodowy;
 - analizę zagrożenia piorunowego zgodnie z wymaganiami norm PN-EN 62305 [4-7].
 - podział obiektu na strefy ochrony odgromowej - na tej podstawie dokonać określenia konieczności instalowania ograniczników przepięć na granicach obszarów chronionych tak, aby poziom napięć udarowych wnikaćcych do danej strefy nie przekraczał dopuszczalnej dla danej strefy wartości;

- dobór ograniczników przepięć zgodnych z wymaganiami aktualnych norm [13]. Ograniczniki różnych typów należy zainstalować w takich lokalizacjach, aby utworzyć wzajemnie skoordynowany układ pod względem zdolności ograniczania wartości szczytowej fali uderowej. Wszystkie połączone w ten sposób ograniczniki przepięć (SPD) powinny w odpowiedni sposób dokonywać stopniowego ograniczania energii prądu uderowego. W szczególności dotyczy to ograniczników typu 1 i 2. W celu prawidłowego oszacowania podziału przenoszonych energii należy zaktualizować podstawowe informacje na temat napięciowych poziomów ochrony ograniczników oraz zdolności odprowadzania prądu uderowego. Przewody wykorzystane do przyłączania ograniczników przepięć powinny być jak najkrótsze. Długość przewodów łączących ogranicznik z przewodem zasilającym oraz szyną wyrównania potencjału nie powinna być dłuższa niż 0,5 m. Zwiększenie długości przewodów pociąga za sobą wzrost ich indukcyjności, co z kolei powoduje większe spadki napięcia. W przypadku, gdy przewody łączące ograniczniki muszą być dłuższe, należy wykorzystywać połączenie typu V, eliminujące dodatkowe spadki napięcia na przewodach;
- dobierając ograniczniki przepięć należy zweryfikować, jakie zabezpieczenie przeciwprzepięciowe zainstalowano w chronionym urządzeniu. Niższy poziom zagrożenia uderowego, a tym samym większe bezpieczeństwo dla urządzeń zapewnia stosowanie skoordynowanego układu SPD. Jednak niektóre urządzenia mogą zawierać wewnętrzne SPD, których właściwości mogą wpływać na wymagania koordynacyjne. W budynkach z nieskoordynowanymi SPD jest możliwe wystąpienie uszkodzeń wewnętrznych urządzeń, jeżeli SPD od strony odbiorników lub SPD w obrębie urządzenia przeszkodzi prawidłowemu działaniu SPD na wejściu linii do obiektu.
- Wyznaczenie bezpiecznych odstępów izolacyjnych; zalecenie dotyczy instalacji wszelkich urządzeń elektrycznych i elektronicznych na elewacji budynku.

W celu zapewnienia poprawnego systemu ochrony przeciwprzepięciowej należy:

- Zainstalować ograniczniki przepięć zgodnie z wymaganiami Polskich Norm we wszystkich liniach wprowadzanych do poszczególnych budynków na terenie stacji uzdatniania wody. Zastosowane ograniczniki przepięć (SPD) na granicach różnych stref powinny być skoordynowane pod względem ich zdolności energetycznej. Należy zwrócić uwagę na odpowiednie przekroje przewodów zastosowanych do podłączenia ograniczników przepięć. Zastosowanie przewodów o zbyt małych przekrojach może skutkować uszkodzeniem izolacji na skutek zjawisk termicznych wywołanych przepływem prądu uderowego, co w skrajnych przypadkach może być przyczyną pożaru instalacji elektrycznej. Podczas doboru SPD należy zwrócić uwagę na długości przewodów, mające znaczenie dla sił elektrodynamicznych, wywołanych przez przepływający prąd uderowy, mimo krótkiego (rzędu μs) czasu oddziaływania. Znaczne siły oddziałujące na przewody są w stanie wyrwać je z zacisków mocujących, uszkodzić inne zainstalowane urządzenia, czy też same przewody. W celu eliminacji

lub ograniczenia wpływu tego typu zjawisk zaleca się unikać równoległego ich montażu oraz tworzenia pętli i zagięć będących źródłem dodatkowych sprzężeń magnetycznych. Jeśli jednak zabieg ten będzie niemożliwy lub trudny w realizacji wówczas należy zastosować dodatkowe elementy mocujące (np. uchwyty kablowe). Instalując ograniczniki przepięć należy zwrócić na odległości ogranicznika od chronionego urządzenia. W przypadku stosowania długich przewodów mogą wystąpić dodatkowe oscylacje napięcia. Praktycznie wszystkie urządzenia elektroniczne stanowią elementy o charakterze pojemnościowym. Badania zaprezentowane w [14] wykazały, że amplitudy przepięć na wejściu urządzenia dochodziły do podwojonej wartości napięcia występującego na ograniczniku przepięć typu 2. W niekorzystnym przypadku na skutek oscylacji wynikających ze zjawisk falowych może nastąpić uszkodzenie urządzenia pomimo zastosowania SPD w rozdzielnicach oraz zapewnienia warunku napięciowego poziomu ochrony zapewnianego przez SPD mniejszego od poziomu odporności udarowej chronionego urządzenia.

- Dobierając ograniczniki przepięć należy również rozważyć względy ekonomiczne – zastosowanie SPD powinno ograniczyć możliwe straty oraz uszkodzenia urządzeń wywołane przez wyładowanie atmosferyczne oraz towarzyszące temu zjawisku przepięcia.

5.5. Oszacowanie kosztów

Oszacowanie kosztów przebudowy systemu ochrony odgromowej bezpośredniej i ochrony od przepięć jest zamieszczone w załączniku 4 niniejszego opracowania.

Autorzy opracowania:

mgr inż. Piotr Leśniewski 

dr inż. Stanisław Wojtas 