



Politechnika Białostocka

**Wyniki badań
kabli wysokiego napięcia**

Białystok 2014

1. CEL I ZAKRES OPRACOWANIA

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie wyników badań odporności udarowej kabli wysokiego napięcia udarem napięciowym 100 kV 1,2/50 μ s. Zleceniodawcą opracowania jest firma AH Hardt sp.j, Cholerzyn 215, 32-060 Liszki.

Na podstawie bezpośrednich rozmów z przedstawicielem Zleceniodawcy ustalono, że zakres pracy będzie obejmował:

1. Przeprowadzenie badań 3 próbek kabli wysokiego napięcia udarowym napięciem o wartości szczytowej 100 kV i kształcie 1,2/50 μ s.
2. Ocena stanu próbek trakcie i po badaniach.
3. Ocena czy przesłane próbki mogą być wykorzystywane, jako osłony w instalacjach odgromowych przy prowadzeniu zwodu na/lub elewacjach palnych (styropian).

W ochronie odgromowej obiektów budowlanych, w celu zapewnienia ochrony przed porażeniem, można wykorzystać kable wysokonapięciowe jako izolowane przewody odprowadzające prąd doziemnego wyładowania piorunowego przy zachowaniu wymaganego minimalnego przekroju i wytrzymałości udarowej.

W normach PN-EN 62305-3:2009 oraz PN-EN 62305-3:2011 w punkcie 8.1 stwierdzono, że:

„jako środek ochrony przed porażeniem istot żywych napięciami dotykowymi należy zastosować izolowanie dostępnego przewodu odprowadzającego, zapewniające napięcie udarowe wytrzymywane o kształcie 1,2/50 μ s nie mniejsze niż 100 kV, np. usieciowanym polietylenem o grubości przynajmniej 3 mm”.

Z powyższych zaleceń wynika wymóg przeprowadzenia badań wytrzymywanego napięcia udarowego dostarczonych próbek kabli wysokiego napięcia.

Badanie próbek przeprowadzone zostało na podstawie informacji zawartych w normach krajowych oraz międzynarodowych określających zasady ochrony odgromowej obiektów budowlanych oraz wieloletnie doświadczenie zawodowe autora dotyczące oceny zagrożeń piorunowych.

Oceniając możliwość wykorzystania kabli, jako osłony przy prowadzeniu w materiałach palnych należy uwzględnić wymagania zawarte w punkcie 5.3.4 normy PN-EN 62305-3:2009 oraz PN-EN 62305-3:2011.

„Przewody odprowadzające LPS nieizolowane od obiektu poddawanego ochronie mogą być instalowane, jak następuje:

- *jeżeli ściana jest wykonana z materiału niepalnego, to przewody odprowadzające mogą być umieszczone na powierzchni ściany lub w ścianie;*
- *jeżeli ściana jest wykonana z materiału łatwopalnego, to przewody odprowadzające mogą być umieszczone na powierzchni ściany, pod warunkiem, że wzrost ich temperatury pod wpływem przepływu prądu pioruna nie jest niebezpieczny dla materiału ściany;*
- *jeżeli ściana jest wykonana z materiału łatwopalnego a wzrost temperatury przewodów odprowadzających jest niebezpieczny, to przewody odprowadzające powinny być umieszczone w taki sposób, aby odstęp między nimi a ścianą był zawsze większy niż 0,1 m. Wsporniki montażowe mogą mieć kontakt ze ścianą.*

Jeżeli wymaganego odstępu przewodu odprowadzającego od palnej ściany nie można zapewnić, to przekrój przewodu nie powinien być mniejszy niż 100 mm².”

Uwzględniając powyższe zalecenia, wykorzystywanie przesłanych kabli jako osłony w instalacjach odgromowych przy prowadzeniu zwołu na/lub elewacjach palnych (styropian), wymaga uzyskania od producenta informacji / deklaracji o niepalności dostarczonych kabli wysokiego napięcia.

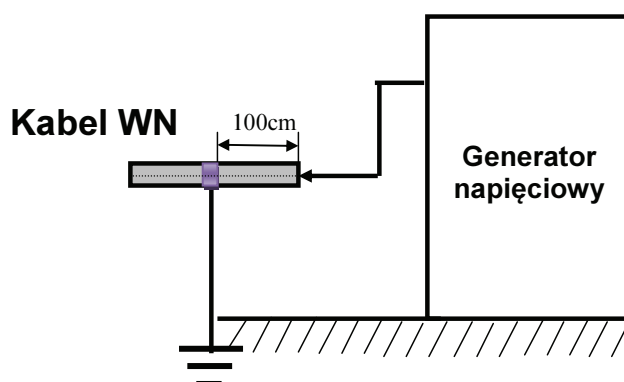
Wykonując powyższe zadania wykorzystano 3 jednakowe próbki kabli dostarczone przez Zleceniodawcę – rys. 1.

- Próbka nr 1, 2, 3 wykonana została z dwumetrowego odcinka kabla wysokonapięciowego z żyłą aluminiową o przekroju $S=50 \text{ mm}^2$. Izolacja kabla została wykonana z polietylenu usieciowanego o grubości $d=3\text{mm}$ pokrytego warstwą półprzewodzącą. Średnica zewnętrzna kabla $\varnothing_{zew}=17,5 \text{ mm}$. Każda próbka została wyposażona przez Zleceniodawcę w metalowe złącza połączeniowe na końcach kabla oraz głowice kablówkowe umiejscowione w odległości 10 cm od złącza.

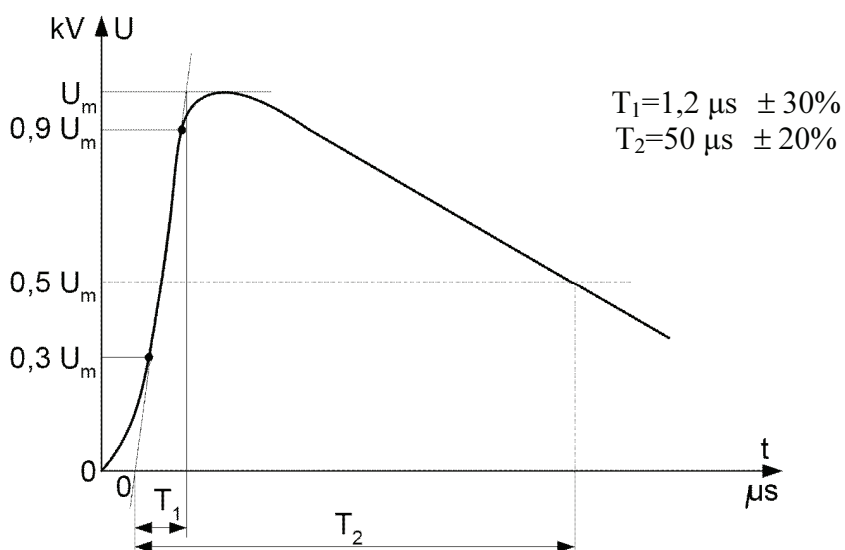
2. STANOWISKO BADAWCZE

Do badań odporności udarowej kabli wysokiego napięcia wykorzystano 4-stopniowy generator napięciowy pracujący w układzie Marks'a, który wytwarzał udary napięciowe o wymaganych wartościach szczytowych 100 kV oraz w wybranych przypadkach wartościach do 150 kV i kształtach 1,2/50 μ s.

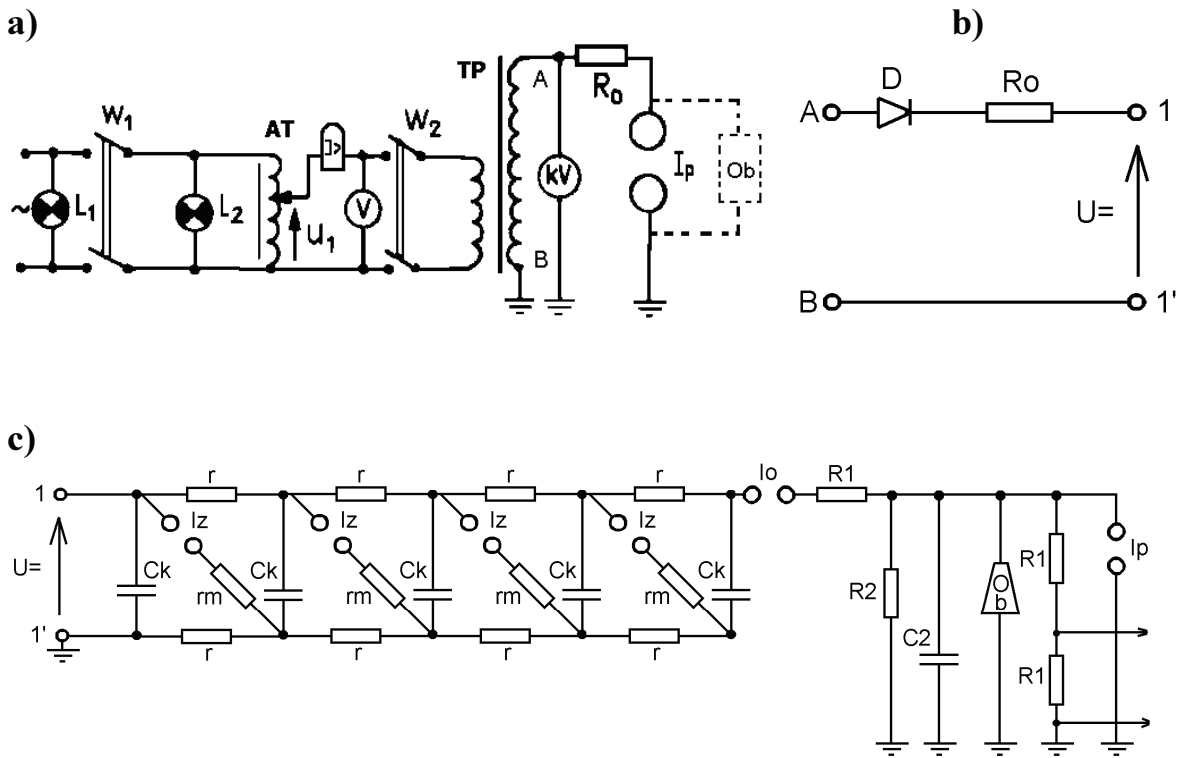
Napięcia udarowe doprowadzono do zacisku montażowego połączonego z kablem za pośrednictwem głowicy kablowej (rys. 2-4). Po środku badanej próbki umieszczono obejmę miedzianą, którą to łączono bezpośrednio z systemem uziomowym laboratorium wysokich napięć. Badania przeprowadzono w temperaturze 23°C, przy wilgotności względnej 23% i ciśnieniu atmosferycznym 1027 hPa. Badania dostarczonych kabli przeprowadzono dla izolacji w stanie czystym, nie prowadzono badań w sztucznym deszczu i w warunkach zabrudzeniowych.



Rys. 2. Schemat blokowy układu do badania odporności kabli wysokiego napięcia na napięcie udarowe 100 kV 1,2/50 μ s.



Rys. 3. Znormalizowany udar napięciowy.



Rys. 4. Schematy 4-stopniowego generatora w układzie Marks'a

gdzie:

- C_k – pojemności główne poszczególnych stopni generatora,
- r – oporniki ładujące międzystopniowe,
- I_z – iskierniki zapłonowe,
- r_m – rezystancje tłumiące,
- I_0 – iskiernik zamykający,
- R_1 i R_2 – oporniki kształtujące uder napięciowy,
- C_2 – kondensator kształtujący głównie czoło udaru,
- Ob – obiekt badany,
- I_p – iskiernik pomiarowy.



Rys. 5. Stanowisko badawcze

3. WYNIKI POMIARÓW

Podczas badań obserwowano i rejestrowano zachowanie się dostarczonych próbek przy napięciu udarowym. Poniżej zamieszczono zdjęcia po klatkowe wykonane w momencie, gdy podano napięcie udarowe z generatora Marks'a na próbkę.



Rys. 6. Próbkę nr 1 podczas zadziałania generatora przy $U_p=100\text{ kV } 1,2/50\text{ }\mu\text{s}$



Rys. 7. Próbkę nr 2 podczas zadziałania generatora przy $U_p=150\text{ kV } 1,2/50\text{ }\mu\text{s}$

Podsumowanie przeprowadzonych badań.

1. Badania przeprowadzono wykorzystując źródła wytwarzające napięcia udarowe zalecane do badań wytrzymałości udarowej zgodnie z wytycznymi normy PN-EN 60060-1:2011.
2. W trakcie badań nie stwierdzono przebicia żadnej z dostarczonych próbek napięciem udarowym o wartości szczytowej 100 kV i kształcie 1,2/50 μ s.
3. Podczas prób wysokonapięciowych napięciem udarowym o wartości szczytowej 100 kV i kształcie 1,2/50 μ s nie obserwowano wyładowań ślizgowych po powierzchni próbki.
4. Nie zaobserwowano pęknięć, widocznych odprysków, zapalenia się próbki podczas prób napięciem udarowym 100 kV 1,2/50 μ s.
5. W świetle norm PN-IEC 62305-3:2006, PN-EN 62305-3:2011 oraz PN-IEC 61024-1-2 dostarczone próbki mogą być wykorzystywane, jako środek ochrony przed porażeniem istot żywych w instalacjach odgromowych, jeśli podczas instalacji kabel będzie wyposażony w złącze montażowe i głowicę kablową, które podczas testów stanowiły całość.
6. W końcowej fazie prowadzonych badań zaobserwowano wyładowania ślizgowe na głowicy kabla przy napięciu udarowym 150 kV 1,2/50 μ s.

4. PODSUMOWANIE

W trakcie prowadzonych badań nie stwierdzono przebicia dostarczonych próbek napięciem udarowym $U_p=100$ kV 1,2/50 μ s.

Dostarczone próbki mogą być wykorzystywane jako środek ochrony przed porażeniem istot żywych w instalacjach odgromowych, jeśli podczas instalacji kabel będzie wyposażony w złącze montażowe i głowicę kablową.

Zakres prowadzonych badań obejmował tylko próby napięciem udarowym 100 kV 1,2/50 μ s. Nie prowadzono badań palności dostarczonych próbek kabli wysokiego napięcia. Badania dostarczonych kabli przeprowadzono dla izolacji w stanie czystym, nie prowadzono badań w sztucznym deszczu i w warunkach zabrudzeniowych. Wykorzystywanie przesłanych kabli jako przewodu odprowadzającego i środka ochrony przed porażeniem w instalacjach odgromowych w świetle PN-IEC 62305-3:2006, PN-EN 62305-3:2011 oraz PN-IEC 61024-1-2 przy prowadzeniu zwołu na/lub elewacjach palnych (styropian), wymaga jeszcze uzyskania od producenta kabli informacji / deklaracji o ich niepalności.

Opracował

.....
Dr inż. Jarosław Wiater

5. LITERATURA

1. **PN-EN 62305-1:2006**, *Ochrona odgromowa - Część 1: Zasady ogólne.*
2. **PN-EN 62305-3:2006**, *Ochrona odgromowa - Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia.*
3. **PN-EN 60060-1:2011**, *Wysokonapięciowa technika probiercza – Część 1: Ogólne definicje i wymagania probiercze.*
4. **PN-EN 62305-1:2011**, *Ochrona odgromowa - Część 1: Zasady ogólne.*
5. **PN-EN 62305-3:2011**, *Ochrona odgromowa - Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia.*
6. **PN-EN 60060-1:2011**, *Wysokonapięciowa technika probiercza – Część 1: Ogólne definicje i wymagania probiercze.*
7. **PN-IEC 61024-1-2:2002**, *Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Zasady ogólne. Przewodnik B – Projektowanie, montaż, konserwacja i sprawdzanie urządzeń piorunochronnych.*

Załącznik 1.

Podstawowe informacje o urządzeniach pomiarowych stosowanych w badaniach.

1. Wysokonapięciowy generator pracujący w układzie Marksa (4-stopniowy).
2. Kamera wideo do zdjęć poklatkowych.
3. Inny drobny sprzęt pomiarowy.