ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1978

Seria: ELEKTRYKA z. 62 Nr kol. 573

Alfred KAŁUŻNY

Politechnika Śląska
Instytut Elektroenergetyki i Sterowania Układów

KONSTRUKCJE IZOLATORÓW DŁUGOPNIOWYCH O PEŁNEJ SAMOOCZYSZCZALNOŚCI

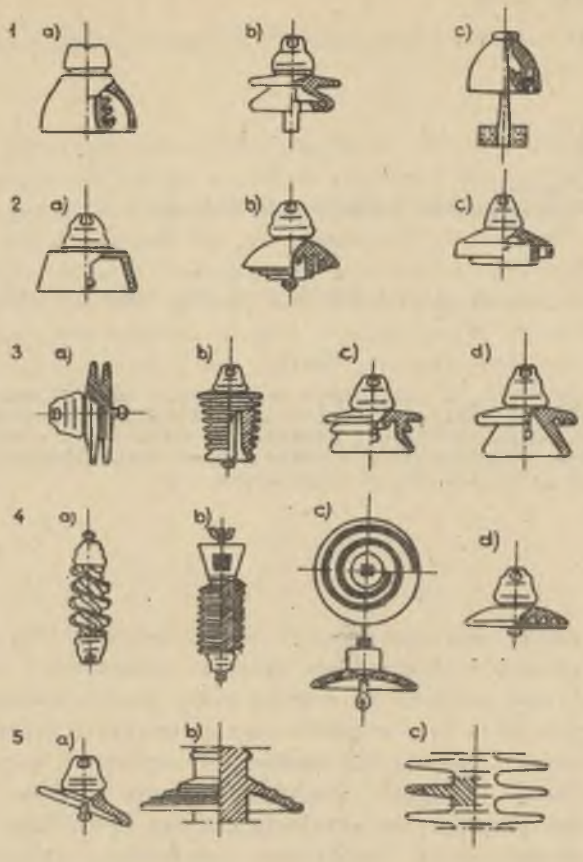
Streszczenie. W niniejszym opracowaniu zdefiniowano warunki pełnej samooczyszczalności izolatorów napowietrznych pracujących w rejonach o zanieczyszczonej atmosferze. Opracowano nowe konstrukcje izolatorów długopniowych o pełnej samooczyszczalności powierzchni w dowolnym położeniu pracy izolatorów.

1. Wstęp

Wzrost narażenia zabrudzeniowego i awarii zabrudzeniowych napowietrznych układów izolacyjnych wysokiego napięcia spowodował w ostatnich kilkudziesięciu latach podjęcie na szeroką skalę prac badawczych i konstrukcyjnych, których celem było zwiększenie wytrzymałości powierzchniowej izolacji napowietrznej. Badania nad mechanizmem zapłonu i rozwoju wyładowania zabrudzeniowego [1,2,3,4], obejmujące badania modelowe, laboratoryjne i eksploatacyjne pozwoliły na ustalenie szeregu wytycznych dla konstrukcji przeciwzabrudzeniowych. Przykładowe konstrukcja, które były opracowane zgodnie z tymi wytycznymi, pokazano na rysunku 1.

Wyniki doświadczeń eksploatacyjnych z przedstawionymi na rys. 1 konstrukcjami nie spełniają w pełni wymagań eksploatacyjnych. Nie zapewniają bowiem odpowiedniej odporności zabrudzeniowej w zadanych warunkach eksploatacji.

W tej sytuacji istnieje w dalszym ciągu potrzeba opracowania konstrukcji izolatora, który zapewniłby dużą odporność zabrudzeniową bez stosowania uciążliwych i kosztownych zabiegów eksploatacyjnych. Problem, jaki powinien być izolator przeciwzabrudzeniowy, pozostaje w dalszym ciągu aktualny.



Rys. 1. Przegląd dotychczasowych konstrukcji izolatorów przeciwzabrudzeniowych wysokiego napięcia

2. Warunki eksploatacyjne i definicja izolatora przeciwzabrudzeniowego

Podczas pracy izolatora w warunkach zanieczyszczonej atmosfery tworzy się na jego powierzchni warstwa zabrudzeniowa. Rozkład i jakość warstwy zabrudzeniowej jest bezpośrednim czynnikiem zapłonu i rozwoju wyładowania zabrudzeniowego.

Z wielu prac badawczych [1,3,4] wynika, że o zapłonie wyładowania zabrudzeniowego decydują:

- utworzenie się na powierzchni izolatorów obszarów o małej i dużej konduktywności powierzchniowej,
- nierównomierny rozkład napięcia wzdłuż drogi upływu.

Również zależności energetyczne zachodzące w warstwie zabrudzeniowej przy przepływie prądu upływu mają zasadnicze znaczenie dla rozkładu napięcia wzdłuż drogi upływu i zapłonu wyładowania zabrudzeniowego.

Rozkład warstwy zabrudzeniowej na powierzchni izolatora jest funkcją rodzaju zabrudzenia i warunków oddziaływania czynników meteorologicznych, które są funkcją konstrukcji i położenia pracy izolatora. Warunki energetyczne na powierzchni izolatora zależne są od rozkładu warstwy zabrudzedzeniowej i konstrukcji izolatora. Rozkład ciepła wydzielonego w warstwie zabrudzeniowej wzdłuż drogi upływu jest funkcją rezystancji powierzchniowej. Aby ilość ciepła wydzielonego w warstwie zabrudzeniowej izolatora wzdłuż drogi upływu była stała, to rezystancja powierzchniowa izolatora o jednostkowej długości powinna być również stała.

Jednostkowa rezystancja powierzchniowa izolatora jest stała wtedy, kiedy konduktywność powierzchniowa jest stała i jednostkowy współczynnik kształtu izolatora ma stałą wartość. Aby konduktywność powierzchniowa izolatora była stała na powierzchni izolatora, muszą być spełnione warunki takiego samego oddziaływania czynników meteorologicznych (deszcz,wiatr) w dowolnym punkcie powierzchni izolatora.

Izolator przeciwzabrudzeniowy jest to konstrukcja, która zapewnia:

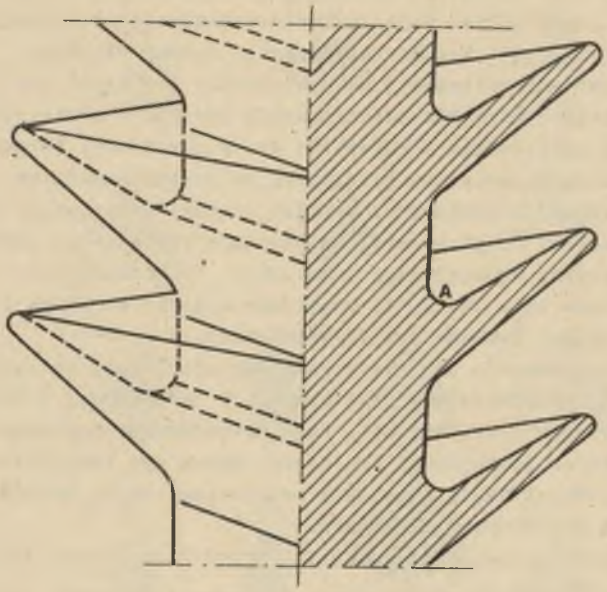
- pełną samooczyszczalność powierzchni od wiatru i deszczu,
- liniowy rozkład napięcia wzdłuż drogi upływu,
- stałą wartość jednostkowego współczynnika kształtu,
- brak spływu kropel elektrolitu między sąsiednimi kloszami.

3. Nowe rozwiązanie części izolacyjnej izolatorów napowietrznych

Konstrukcyjne spełnienie wymagań, które stanowią definicję izolatora przeciwzabrudzeniowego, jest możliwe przy zastosowaniu specjalnej konstrukcji o powierzchni otwartej i tak ukształtowanej, aby możliwa była pełna samooczyszczalność. Izolator o pełnej samooczyszczalności przedstawiono na rys. 2. Jest to konstrukcja izolatora z kloszem śrubowym odchylonym ku górze.

Zastosowanie klosza śrubowego odchylonego ku górze umożliwia bezpośrednie działanie strug deszczu na całą powierzchnię izolatora. Strugi deszczu powodują równomierne czyszczenie całej powierzchni izolatora (pnia i klosza).

Dla pionowego położenia pracy spływające zabrudzenia i elektrolit, powstały z rozkładu cząstek rozpuszczalnych, skierowane są wzdłuż linii śrubowej klosza w części najniżej położonej na górnej powierzchni klosza punkt A. Spływ elektrolitu wzdłuż linii śrubowej powierzchni klosza eliminuje niekorzystną cechę konstrukcji z kloszem daszkowym, którą stanowi spływ kropel elektrolitu z klosza poprzedniego na klosz następny.

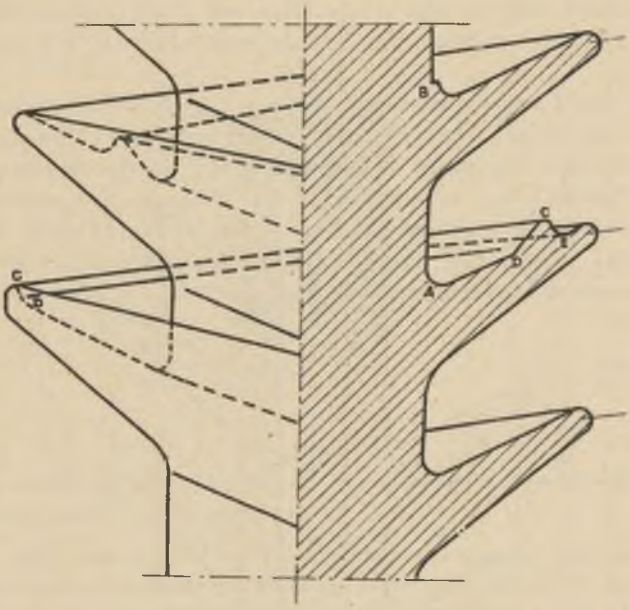


Rys. 2. Konstrukcja części izolacyjnej izolatora o gładkiej powierzchni

Dla umożliwienia cząstkowego odprowadzania elektrolitu z powierzchni izolatora konstrukcja pokazana na rys. 2 posiada dodatkowo na górnej powierzchni klosza wypukłość spiralnie umieszczoną względem pnia izolatora. Wypukłość ta może przechodzić przez jeden lub kilka kloszy izolatora, w zależności od intensywności zabrudzeń w danym rejonie eksploatacji. Konstrukcję taką pokazano na rysunku 3.

Wypukłość na powierzchni górnej klosza o linii spiralnej zaczyna się w punkcie położonym najbliżej pnia p. B i kończy się na brzegu klosza. Elektrolit spływający wzdłuż linii śrubowej klosza zostaje przez wypukłość przesuwany w kierunku brzegu klosza, by następnie zostać wyrzuconym do otoczenia. Szczególnie skuteczne działanie wypukłości może wystąpić podczas intensywnego deszczu. Najniżej położona część górnej powierzchni klosza (p. A) w warunkach zabrudzeniowych stanowi wzdłuż linii śrubowej klosza rezystancję wyrównującą rozkład napięcia bez konieczności stosowania innych środków. Konstrukcje pokazane na rysunkach 2 i 3 zapewniają oprócz pełnej samooczyszczalności również równomierny rozkład napięcia wzdłuż osi izolatora przypadający na jednostkę długości izolatora [5].

Konstrukcja przedstawiona na rys. 2 i 3 spełnia również warunek stałości jednostkowego współczynnika kształtu. Linia graniczna powierzchni przekroju poprzecznego w dowolnym punkcie osi tego izolatora jest stała. Izolator przedstawionej konstrukcji spełnia w zupełności wymagania stawiane izolatorom przeciwzabrudzeniowym.



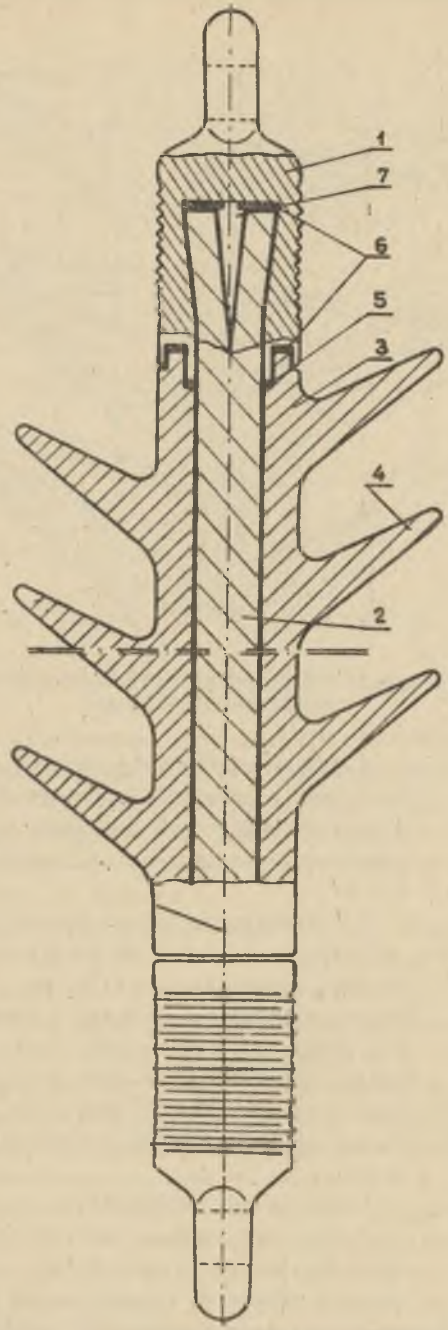
Rys. 3. Konstrukcja części izolacyjnej izolatora z wypukłością na górnej powierzchni klosza

Rys. 4. Nowa konstrukcja izolatora z tworzyw sztucznych dla linii wysokiego napięcia opracowana w Wielkiej Brytanii

W dotychczasowej literaturze światowej brak jest opracowania konstrukcji, która posiadałaby własności przeciwzabrudzeniowe spełnione w takim zakresie jak konstrukcje opisane w niniejszym opracowaniu (rys. 2 i 3).

Konstrukcja izolatora przeciwzabrudzeniowego, której idea i własności samooczyszczania są częściowo zbieżne z rozwiązaniami wg rys. 2 i 3 została opracowana w Wielkiej Brytanii i opublikowana w 1975 r. [9]. Jednakże izolator ten (rys. 4) nie posiada własności, które eliminowałyby przyczyny warunkujące zapłon i rozwój łuków cząstkowych, które są formą wyładowania bezpośrednio poprzedzającą wyładowanie zupełne.

Zaproponowane rozwiązanie konstrukcyjne izolatora przeciwzabrudzeniowego wg rys. 2 i 3 może znaleźć duże zastosowanie do wyrobu osłon ceramicznych dla izolatorów liniowych kombinowanych z tworzyw sztucznych i izolatorów przepustowych. Projekt rozwiązania izolatora liniowego wysokiego napięcia pokazano na rysunku 5 [10]. W rozwiązaniu tym osłona przeciwzabrudzeniowa wykonana jest z porcelany elektrotechnicznej, a rdzeń



Rys. 5. Isolator przeciwzabrudzeniowy wysokiego napięcia:
1 - okucie, 2 - pręt nośny z włókna szklanego, 3 - osłona ceramiczna, 4 - klosz śrubowy odchylony ku górze, 5 - materiał isolacyjny wypełniający, 6 - podkładki, 7 - klin

nośny z włókna szklanego. W ten sposób odpadają zarzuty stawiane rozwiązaniem wg rys. 2 i 3, wynikające z trudności wykonawczych izolatora długopniowego.

Osłona izolacyjna wg rys. 5 posiada wewnątrz otwór, który znacznie może ułatwić proces wytwarzania części izolacyjnej izolatorów z kloszem śrubowym odchylonym ku górze. Izolator wg rys. 5 posiada średnicę około 3-krotnie mniejszą w porównaniu z dotychczasowymi izolatorami ceramicznymi długopniowymi typu LP. Własność ta pozwoli znacznie zwiększyć rezystancję powierzchniową izolatora i samooczyszczalność powierzchni izolatora. Równocześnie z tym należy oczekiwać wzrostu odporności zabrudzeniowej izolatora.

4. Wnioski

Analizując zaproponowane konstrukcje izolatorów przeciwzabrudzeniowych można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Izolatory tych konstrukcji posiadają warunki pełnej samooczyszczalności pod deszczem. Własność ta wpływa na to, że naturalne warunki meteorologiczne przyczyniają się do przeciwdziałania skutkom zanieczyszczenia atmosfery i wzrostu odporności zabrudzeniowej izolatorów.
2. Izolatory z kloszem śrubowym zapewniają liniowy rozkład napięcia wzdłuż drogi upływu oraz stałą ilość ciepła wydzielonego w warstwie zabrudzeniowej o jednostkowej długości części izolacyjnej.
3. Izolatory z kloszem śrubowym odchylonym ku górze eliminują możliwość spływu kropel elektrolitu z klosza na klosz.

LITERATURA

[1] Estorff W., Cron H.: Hochspannungs isolator ob Fremdschichtproblem, ETZ, 1952.

[2] Forrest I.S., Lambeth P.J.: Research on the performance of high Voltage insulators in polluted atmospheres. Prac. IEE. z. 107. 1960.

[3] Frischman W.: Fremdschichtüberschlag und Fusspuktwanderung. Deutsche Elektrot., z. 11, 1957.

[4] Hampton B.F.: Flashover mechanism of polluted insulation. Prac. IEE Nr 5, 1964.

[5] Kałużny A.: Zastosowanie kloszy śrubowych do izolatorów wysokiego napięcia, pracujących w warunkach zwiększonej upływności powierzchniowej. Praca doktorska Pol. Śl., Gliwice 1973.

[6] Kałużny A., Chojcan J.: Analiza rozkładu napięcia na powierzchni izolatorów z kloszem śrubowym. Zesz. Nauk. Pol. Śl. Elektryka nr 46 Gliwice, 1974.

[7] Kjølby A.W.: Isolatory przeciwzabrudzeniowe. Sympozjum materiałów i układów elektroizolacyjnych, SEP, NOT-Wrocław 1974.

[8] Mierchalow S.D., Sołomonik E.A.: Izolacija linij i podstancji w rajonach s zagrazniennoj atmosfieroj, Energia 1975.

[9] British development puts new slant on insulator design. Elec.Rev.Gr. Brit., nr 15, t. 197, 1975.

[10] Biuletyn Urzędu Patentowego nr 5, 1975.

КОНСТРУКЦИИ СТЕРЖНЕВЫХ ИЗОЛЯТОРОВ
С ПОЛНОЙ САМООЧИЩАЕМОСТЬЮ

Р е з ю м е

В статье определены условия полной самоочищаемости воздушных изоляторов работающих в районах с сильным загрязнением атмосферы. Разработаны новые конструкции стержневых изоляторов с полной самоочищаемостью поверхности независимо от способа подвешения.

CONSTRUCTIONAL SUGGESTIONS FOR HIGH VOLTAGE INSULATORS
TO WORK IN POLLUTED ATMOSPHERES

S u m m a r y

The paper presents high-voltage insulators to work in polluted atmospheres. Properties of anti pollutant insulators have been determined along with the description of new insulator constructions with screw shades.