



Jan Strzałka*

ROLA IZOLACJI ELEKTRYCZNEJ W SYSTEMIE OCHRONY PRZECIWPORAŻENIOWEJ

Streszczenie: W referacie przedstawiono rolę izolacji elektrycznej jako istotnego elementu systemu ochrony przeciwporażeniowej w urządzeniach elektrycznych niskiego i wysokiego napięcia.

Słowa kluczowe: izolacja elektryczna, ochrona przeciwporażeniowa

1. Wstęp

Izolacja elektryczna stanowi jeden z głównych elementów składowych urządzeń i aparatów elektrycznych. Złożoność i różnorodność wymagań funkcjonalnych w stosunku do urządzeń elektrycznych stawia określone zróżnicowane wymagania odnośnie izolacji. Podstawowym jej celem jest izolowanie elementów przewodzących lub półprzewodzących znajdujących się pod napięciem względem siebie (izolacja międzyprzewodowa lub międzybiegunowa) oraz względem ziemi lub części uziemionych (izolacja doziemna).

Izolacja elektryczna odgrywa jednak również ważną rolę jako jeden z istotnych elementów szeroko rozumianego systemu ochrony przeciwporażeniowej obejmującego techniczne i organizacyjne środki ochrony w urządzeniach elektrycznych niskiego i wysokiego napięcia. W literaturze technicznej ta rola izolacji jest znacznie słabiej eksponowana.

W referacie niniejszym przedstawiono różnorodne aspekty wykorzystania izolacji elektrycznej jako elementu ochrony przeciwporażeniowej. Referat stanowi więc próbę częściowego wypełnienia luki w tym zakresie.

* Akademia Górniczo-Hutnicza, Zakład Elektroenergetyki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

2. Ogólne zasady doboru materiałów izolacyjnych

Podstawowe grupy wyrobów przemysłu elektrotechnicznego: kable energetyczne, kondensatory energetyczne, maszyny elektryczne, transformatory, izolatory i osprzęt sieciowy oraz rozdzielnice, aparaty i osprzęt instalacyjny różnią się bardzo ściśle związanymi z nimi zagadnieniami konstrukcyjnymi, materiałowymi, technologicznymi oraz eksploatacyjnymi. Kwestia doboru materiałów izolacyjnych w każdej z wymienionych grup urządzeń jest istotnie zróżnicowana.

Duże znaczenie w tym zakresie odgrywa wysokość napięcia znamionowego, przy czym jest oczywistym, że ze wzrostem napięcia zazwyczaj wzrasta moc urządzeń i ulegają zaostrzeniu wymagania dotyczące doboru własności i technologii materiałów izolacyjnych ze względu na potrzebę zapewnienia niezawodności pracy tych urządzeń.

Przy doborze materiałów i układów izolacyjnych powinny być uwzględnione następujące wymagania techniczne i ekonomiczne:

- możliwie wysokie parametry elektryczne,
- duża wytrzymałość mechaniczna,
- duża wytrzymałość cieplna i odporność na działanie pola elektrycznego,
- bezpieczeństwo pożarowe i wybuchowe,
- odporność na działanie czynników atmosferycznych,
- brak szkodliwego oddziaływania na inne materiały,
- stosunkowo niski koszt.

Przy doborze materiałów izolacyjnych powinny być również brane pod uwagę aspekty eksploatacyjne związane z okresowymi przeglądami, konserwacją i remontami danej grupy urządzeń oraz aspekty dotyczące zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa porażeniowego, które są tematem dalszych rozważań.

3. Rola izolacji w systemie ochrony przeciwporażeniowej

3.1. Wprowadzenie

Bezpieczeństwo porażeniowe osób przebywających w pobliżu urządzeń elektrycznych lub obsługujących te urządzenia zapewnia zastosowanie różnych środków ochrony. Zastosowane środki powinny tworzyć „system ochrony przeciwporażeniowej”, przez który należy rozumieć system współpracujących i skoordynowanych ze sobą środków ochrony oraz środków uzupełniających.

Środki ochrony przeciwporażeniowej można ogólnie podzielić na:

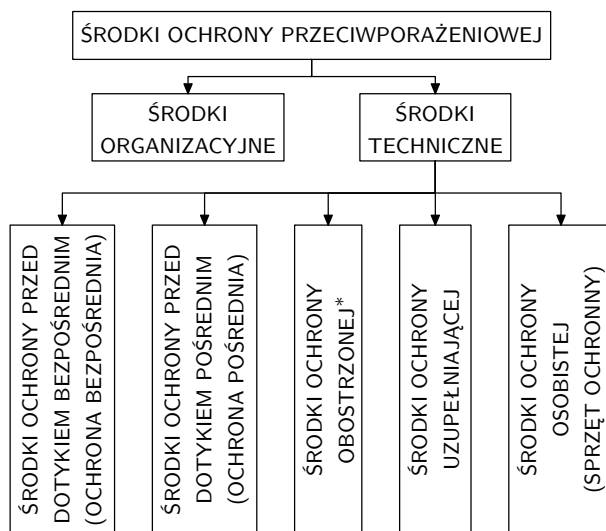
- środki organizacyjne,
- środki techniczne.

Środki organizacyjne stosowane w celu zapobieżenia porażeniom elektrycznym obejmują wprowadzone przez PEUE [6] lub rozporządzenia wykonawcze do Ustawy „Prawo Energetyczne” [9] wymagania dotyczące kwalifikacji osób zatrudnionych przy

eksploatacji urządzeń energetycznych oraz wymagania dotyczące organizacji i wykonywania prac związanych z eksploatacją, konserwacją, naprawą oraz z badaniami odbiorczymi i okresowymi badaniami eksploatacyjnymi urządzeń elektrycznych.

Środki techniczne stanowiące właściwą ochronę przeciwporażeniową obejmują w zasadzie środki ochrony przed dotykiem bezpośrednim (ochrony podstawowej) stanowiące zabezpieczenie przed porażeniami od napięć roboczych (fazowych) oraz środki ochrony przed dotykiem pośrednim (ochrony dodatkowej) zabezpieczające przed porażeniami od napięć dotykowych. W zakresie urządzeń i sieci do 1 kV zmieniające się na przestrzeni ostatnich lat przepisy w zakresie ochrony przeciwporażeniowej [10, 7, 4, 5] przewidywały ponadto środki ochrony obostrzonej wymagane w warunkach zwiększonego zagrożenia porażeniowego i środki ochrony uzupełniającej stosowane dla eliminacji zagrożeń, przed którymi nie chronią tradycyjne środki ochrony przeciwporażeniowej. Do technicznych środków ochrony zaliczyć należy również środki ochrony osobistej (sprzęt ochronny) mające zastosowanie głównie przy pracach konserwacyjno-reмонтowych, operacjach łączeniowych i czynnościach pomiarowych.

Na rys. 1 przedstawiono schemat klasyfikacji środków ochrony przed porażeniami prądem elektrycznym w urządzeniach niskiego i wysokiego napięcia.



* – Tylko w odniesieniu do urządzeń elektroenergetycznych do 1 kV

Rys. 1. Klasyfikacja środków ochrony przeciwporażeniowej

3.2. Rola izolacji w zakresie technicznych środków ochrony w urządzeniach o napięciu do 1 kV

Porównawcze zestawienie środków ochrony podstawowej (przed dotykiem bezpośrednim) jakie występowały w przepisach obowiązujących w kraju w ostatnich kilku-

nastu latach [10, 7] oraz występują w przepisach obowiązujących aktualnie określonych normą wieloarkusową PN/E-05009 [4] bądź w projekcie Warunków Technicznych zamieszczonym w PBUE [5] przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Środki ochrony podstawowej (przed dotykem bezpośrednim) w poszczególnych przepisach

Środek ochrony	Zarządzenie MGiE oraz MBiPMB z 1968 r. [10]	Rozporz. MP z 1990 r. [7]	PN/E-05009 [4]	Projekt WT [5]
Izolacja robocza (Izolowanie części czynnych) [Izolacja podstawowa]	+	+	(+)	[+]
Osłony	+	+		+
Umieszczenie poza zasięgiem ręki (Uniedostępnienie)	+	+	+	(+)
Przegrody, osiatkowania i poręcze	+			
Bariery i ogrodzenia		+		
Ogrodzenia				+
Ogrodzenia (bariery) lub obudowy (osłony)			+	
Bariery (przeszkody)			+	
Odstępy izolacyjne	+			
Elementy izolacyjne urządzeń	+			
Zabezpieczenie mechaniczne przewodów ruchomych	+			

Podobne zestawienie porównawcze środków ochrony dodatkowej (przed dotykem pośrednim) i dodatkowej obostrzonej przedstawiono w tabeli 2.

Dla wyeliminowania zagrożeń, przed którymi nie chronią tradycyjne środki ochrony przeciwporażeniowej stosuje się uzupełniające środki ochrony.

W tabeli 3 zestawiono uzupełniające środki ochrony jakie przewidują przepisy aktualnie obowiązujące [4] oraz projekt WT [5].

Środki ochrony związane z wykorzystaniem izolacji wyróżniono w tabelach pogrubionym drukiem.

Analiza zestawień podanych w tabelach 1–3 wykazuje, że izolacja elektryczna odgrywa istotną rolę w zakresie ochrony przed dotykem bezpośrednim oraz przed dotykem pośrednim.

Główne znaczenie w zakresie ochrony podstawowej odgrywa izolowanie części czynnych (izolacja podstawowa), która jest najbardziej rozpowszechnionym środkiem ochrony przed dotykem bezpośrednim.

Tabela 2. Środki ochrony dodatkowej D i dodatkowej obostrzonej O w poszczególnych przepisach

Środek ochrony	Zarządzenie MGiE oraz MBiPMB z 1968 r. [10]	Rozporz. MP z 1990 r. [7]	PN/E-05009 [4]	Projekt WT [5]
Zerowanie	D	D		D
Uziemienie ochronne	D	D		D
Sieć ochronna	D	D		D, O*)
Wyłączniki przeciwporażeniowe (Wyłączniki przeciwporażeniowe różnicowoprądowe) [Układ ochronny różnicowoprądowy]	D, O	(D)		[D, O]
Ochrona przez samoczynne wyłączenie za- silania lub sygnaliz.			D	
Izolacja ochronna (Stosowanie urządzeń II klasy ochronności)	D, O	D	(D)	D, O
Ochronne obniżenie napięcia roboczego [Ochronne obniżenie napięcia]	D, O			[D, O]
Separacja (Separacja odbiorników) {Separacja elektryczna} [Separacja ochronna]	D, O	(D)	{D}	[D, O]
Izolowanie stanowiska (Izolacja stanowiska)	D	(D)	D	D

*) – Ochronę obostrzoną może stanowić sieć ochronna z urządzeniem do stałej kontroli izolacji działającym na wyłączenie zasilania.

Tabela 3. Uzupełniające środki ochrony przeciwporażeniowej

Według przepisów	W zakresie ochrony przed dotykiem	
	bezpośrednim	pośrednim
PN-92/E-05009/41 [4]	1. Wysokoczułe wyłączniki różnicowoprądowe ($I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$)	1. Połączenia wyrównawcze główne 2. Połączenia wyrównawcze dodatkowe (miejscowe)
Wg WT [5]	1. Układ ochronny różnicowo-prądowy wysokoczuły	1. Uziemione połączenia wyrównawcze główne i miejscowe 2. Nieziemione połączenia wyrównawcze (miejscowe) 3. Uziemienia wyrównawcze

Zastosowany materiał izolacyjny powinien zapewniać:

- całkowite pokrycie części czynnych urządzeń,
- odpowiednią trwałość mechaniczną (usunięcie izolacji możliwe tylko przez jej świadome zniszczenie),
- odporność na różnorodne narażenia eksploatacyjne.

W przypadku urządzeń produkowanych fabrycznie izolacja powinna spełniać wymagania norm przedmiotowych. Podobnym próbom powinna być poddawana również izolacja wykonywana podczas montażu instalacji.

W zakresie ochrony przed dotykiem pośrednim istotne znaczenie odgrywa ochrona przez zastosowanie urządzeń II klasy ochronności (izolacji ochronnej) oraz izolowania stanowiska.

Urządzenia II klasy ochronności powinny mieć izolację podwójną, wzmocnioną lub równoważną obudowę izolacyjną. Urządzenia te powinny spełniać stosunkowo wysokie wymagania norm przedmiotowych odnośnie odporności izolacji na narażenia elektryczne, mechaniczne i ciepłne. Ten sposób ochrony jest szczególnie zalecany w odniesieniu do elektronarzędzi, sprzętu gospodarstwa domowego i aparatury elektromedycznej. Izolacja ochronna do niedawna uważana była za jeden z najskuteczniejszych sposobów ochrony dodatkowej, zalecanym również w środowisku o zwiększonym zagrożeniu porażeniowym. W pomieszczeniach suchych głównie przeznaczonych dla celów elektroenergetycznych jako środek ochrony dodatkowej może być zastosowane izolowanie stanowiska, polegające na wyposażeniu podłóg i ścian w elementy izolacyjne zapewniające wymagany rezystancję stanowiska.

3.3. Rola izolacji w zakresie technicznych środków ochrony w urządzeniach o napięciu powyżej 1 kV

Wymagania w zakresie ochrony przeciwporażeniowej w urządzeniach wysokiego napięcia w ostatnich latach określały przepisy [11, 7, 5].

Środki ochrony przed dotykiem bezpośrednim (ochrony podstawowej) spełniają swoje zadania w czasie normalnej pracy urządzeń elektrycznych, a ich zadaniem jest niedopuszczenie do dotknięcia przez człowieka części czynnych urządzeń elektrycznych lub niebezpiecznego zbliżenia się do tych części. Obowiązujące do niedawna w Polsce przepisy zawarte w rozdziale III PBUE [5] jak i przepisy Unii Europejskiej (pr HD 637 S1) dotyczące ochrony przed dotykiem bezpośrednim omówione w [1] różnią się w niewielkim stopniu, głównie w zakresie odmiennych określeń, oznaczeń literowych oraz nieznacznych różnic wymaganych parametrów. Obowiązujące w kraju przepisy do środków ochrony podstawowej w urządzeniach wysokiego napięcia zaliczały:

- izolację roboczą urządzeń (izolację pokrywającą części czynne),
- umieszczenie części czynnych na bezpiecznej wysokości,
- ogrodzenie (bariery) urządzeń elektrycznych dla zachowania bezpiecznej odległości poziomej od ich części czynnych.

Izolacja robocza urządzeń wykonana z materiałów izolacyjnych stałych, ma za zadanie stworzenie skutecznej izolacji doziemnej i międzyfazowej urządzeń oraz uniemożliwienie przypadkowego dotknięcia części czynnych przez człowieka, jeżeli urządzenia te są zainstalowane w przestrzeni pozostającej w zasięgu reki. Wymagania te uważa się za spełnione, jeżeli izolacja:

- pokrywa całkowicie wszystkie dostępne części czynne urządzeń,
- jest odporna na narażenia elektryczne, mechaniczne, cieplne, chemiczne i inne, występujące samodzielnie lub łącznie w warunkach eksploatacji,
- jest wykonana w sposób uniemożliwiający jej usunięcie bez zamierzonego jej zniszczenia.

Spełnienie tych wymagań potwierdzić powinien pozytywny wynik badań typu i wyrobu w zakresie odporności izolacji na narażenia, jakie mogą wystąpić w czasie eksploatacji urządzenia.

Do izolowania urządzeń elektrycznych wysokiego napięcia stosuje się oprócz materiałów izolacyjnych stałych również ciecze (głównie oleje), gazy (powietrze i sześćciofluorek siarki SF₆) oraz próżnię. Izolacja urządzeń wykonana za pomocą materiałów izolacyjnych stanowi na ogół skuteczną izolację doziemną i międzyfazową urządzeń, lecz nie zawsze jest skutecznym środkiem ochrony przeciwporażeniowej podstawowej, może bowiem nie ograniczać w zadawalający sposób możliwości dotknięcia przez człowieka części czynnych urządzeń pozostających pod napięciem. Wymienione materiały izolacyjne oprócz izolacji powierzchni, wymagają zastosowania szczelnych zbiorników (osłon) metalowych lub innych, w których uniemożliwia się części czynne urządzeń. Tak wykonana izolacja wraz z całą konstrukcją zewnętrzną urządzenia uniemożliwia przypadkowe dotknięcie części pod napięciem i dzięki temu stanowi ochronę przeciwporażeniową podstawową. Przykładem wykonania urządzeń elektrycznych wysokiego napięcia o izolacji gazowej, która spełnia również wymagania ochrony przeciwporażeniowej podstawowej są rozdzielnice z sześćciofluorkiem siarki.

Dokument pr HD 637 S1 dotyczący instalacji elektroenergetycznych wysokiego napięcia zlokalizowanych na terenach wydzielonych dla celów elektrycznych i terenów przyległych, przewiduje zrealizowanie ochrony przed dotykiem bezpośrednim, w zależności od miejsca usytuowania urządzeń, poprzez:

- osłony (obudowy),
- bariery,
- przeszkody (ochrona niepełna),
- uniemożliwienie dostępu (ochrona niepełna).

Ochronę przez zastosowanie osłony (obudowy) realizuje producent urządzenia spełniając wymagania odpowiedniej normy przedmiotowej.

Ochrona przez zastosowanie bariery realizowana jest za pomocą ścian, drzwi, ekranów (siatek z drutu) o takiej wysokości i ustawionych w takiej odległości od części stwarzających zagrożenie, że żadna część ciała ludzkiego nie może osiągnąć niebezpiecznej strefy w pobliżu części będącej pod napięciem.

Minimalna wysokość bariery wynosi 1,8 m zaś wymagane minimalne odległości są zależne od odległości będącej minimalnym odstępem w powietrzu między częścią czynną a częścią uziemioną lub odstępem między fazami. Minimalne odstępstwa zestawiono w tabeli 4. Szczegółowe wymagania odnośnie pozostałych odstępów uzależnione od konstrukcji barier podają przepisy [5, 11].

Ochrona przez zastosowanie przeszkody realizowana jest za pomocą poręczy, łańcuchów, lin jak też ścian, drzwi i ekranów o wysokości mniejszej niż 1,8 m (których nie można uznać za barierę). Taka ochrona jest określona jako niepełna, gdyż łatwo ją w sposób zamierzony ominąć. Podobnie jak przy barierach przeszkoda również musi być ustawiona poza strefą zagrożenia. Szczegółowe wymagania odnośnie przeszkód określają przepisy [5, 11].

Tabela 4. Minimalne odstępstwa izolacyjne w powietrzu dla wybranych napięć znamionowych sieci

Napięcie znamionowe sieci U_n [kV]	Minimalny odstęp doziemny i międzyfazowy w cm według			
	PBUE r. III w rozdzielni		pr HD 637 S1* w rozdzielni	
	wewnętrznej	napowietrznej	wewnętrznej	napowietrznej
6	9	–	6 (9)	12
10	11,5	13	9 (12)	15
15	16	16	–	–
20	19	22	16 (22)	–
30	26	32	27 (32)	–
40	36	41	–	–
60	47	63	63	–
110	80	92	90 (110)	–
220	–	185	150 (210)	–

*) – W nawiasach podano minimalne odstępstwa dla wyższej wartości napięcia znamionowego udarowego 1,2/50 μ s.

Ochrona przez uniemożliwienie dostępu polega na umieszczeniu części pod napięciem na zewnątrz strefy rozciągającej się od powierzchni, na której osoby zwykle mogą stać lub poruszać się, do granicy, którą można osiągnąć rękami w dowolnym kierunku. Przepisy określają szczegółowo wysokości części czynnych i innych części mogących stworzyć zagrożenie nad ziemią (stanowiskiem), minimalne wysokości i odstępstwa wewnątrz wydzielonych obszarów ruchu elektrycznego, zbliżenia do budynków i najmniejsze dopuszczalne zbliżenie przy transporcie.

Środki przed dotykiem pośrednim (ochrony dodatkowej) spełniają swoje zadania w warunkach zakłócenia pracy urządzeń elektrycznych. Ich zadaniem jest niedopuszczenie do pojawienia się niebezpiecznych napięć dotykowych i krokowych w czasie zwarć doziemnych a w konsekwencji niedopuszczenie do przepływu niebezpiecznych prądów rażeniowych.

Ochrona przed dotykiem pośrednim polega na zastosowaniu takich środków technicznych, które ograniczą spodziewane napięcia rażeniowe dotykowe lub napięcia rażeniowe krokowe. Zarówno przepisy wprowadzone Rozporządzeniem z 1990 r. [5], jak

i projekt Warunków Technicznych zamieszczony w PBUE z 1997 r. [4] oraz projekt HD 637 S1 wymagają jako ochrony dodatkowej w urządzeniach wysokiego napięcia stosowania **uziemienia ochronnego** o takiej rezystancji i konfiguracji, która ograniczy spodziewane napięcia rażeniowe do wartości dopuszczalnych oraz wpłynie na korzystne ukształtowanie rozkładu potencjału na powierzchni gruntu (stanowiska). Przepisy zalecają ponadto dla zmniejszenia zagrożenia porażeniowego stosowanie **uzupełniających środków ochrony**, do których zalicza się:

- izolację stanowisk,
- powłoki izolacyjne (elektroizolacyjne),
- ogrodzenia i osłony,
- wstawki izolacyjne.

W odniesieniu do wszystkich wymienionych wyżej uzupełniających środków ochrony istotną rolę odgrywają materiały izolacyjne. Poniżej przedstawiono krótko istotę podanych środków ochrony, rolę izolacji w ich realizacji oraz parametry elektryczne typowych rozwiązań technicznych stanowisk izolacyjnych i powłok elektroizolacyjnych.

Izolacja stanowiska polega na pokryciu stanowiska warstwą powierzchniową o dużej rezystywności powodującą ograniczenie prądu rażeniowego wskutek wzrostu rezystancji przejścia między stopami człowieka a stanowiskiem. Materiały używane do wykonywania izolacji stanowiska powinny być dostosowane do warunków danego środowiska oraz do warunków ich eksploatacji. W pomieszczeniach zamkniętych stosuje się w tym celu: podłogi izolacyjne, chodniki oraz pomosty izolacyjne.

Na otwartym terenie stosowane są najczęściej następujące powierzchniowe warstwy izolacyjne:

- dywaniki asfaltowe na podbudowie żwirowej,
- płyty chodnikowe pokryte lepikiem lub smołą,
- płyty chodnikowe ułożone na warstwie papy,
- warstwy żwiru lub tłucznia skalnego.

W tabeli 5 podano rezystancję wybranych nawierzchni terenów otwartych o dużej rezystywności.

Powłoki izolacyjne (elektroizolacyjne) polegają na pokryciu części przewodzących dostępnych i konstrukcji stwarzających zagrożenie porażeniowe warstwą o dużej rezystancji, co powoduje ograniczenie prądu rażeniowego poprzez wzrost rezystancji przejścia między ręką a częścią przewodzącą.

W tabeli 6 zestawiono wartości napięć przebicia i gwarantowanych napięć wytrzymywanych wybranych materiałów stosowanych na powłoki elektroizolacyjne.

Uważa się, że powłoki elektroizolacyjne spełniają swoje zadania ochronne, jeżeli napięcie przebicia powłoki wynosi co najmniej 0,4 napięcia uziomowego.

Ogrodzenia i osłony powinny stanowić skuteczne ograniczenie dostępu do urządzeń lub stanowisk na których mogą pojawić się napięcia rażeniowe przekraczające wartości dopuszczalne. Na zewnętrznej stronie ogrodzeń i osłon należy umieścić odpowiednie tablice lub znaki ostrzegawcze, informujące o grożącym niebezpieczeństwie.

Tabela 5. Rezystancja R_s wybranych nawierzchni terenów otwartych

Lp.	Opis powierzchni	Zakres	$R_{s10\%}$
		zmiierzonych R_s	
		k Ω	k Ω
1.	Asfalt	38÷190	48
2.	Papa	8÷112	19
3.	Tłuczeń skalny (śr. ziaren 2,5÷5 cm)	3÷69	6,1
4.	Żwir-papa-żwir (śr. ziaren 0,2÷0,8 cm)	11÷41	13,5
5.	Gryps i kliniec (śr. ziaren 0,5÷2,5 cm)	3÷22	5,4
6.	Płyty chodnikowe pokryte warstwą lepiku	1,6÷16	3,6
7.	Płyty chodnikowe pokryte warstwą smoły	2,2÷9,8	2,9
8.	Żwir (śr. ziaren 0,2÷0,8 cm)	1,6÷6,5	2,0
9.	Tłuczona cegła (śr. ziaren 1÷5 cm)	2,0÷50	2,9
10.	Płyty chodnikowe	0,2÷8	0,94
11.	Płyty betonowe-trylinki	0,4÷8	0,85

Tabela 6. Napięcia przebicia i gwarantowane napięcia wytrzymywane powłok elektroizolacyjnych

Lp.	Materiał powłoki	Napięcie przebicia U_{pp}			Gwarantowane napięcie wytrzymywane V
		wartość		kwantyl	
		średnia	5%		
		V	V	V	
1.	Pastylon	349	305	288	230
2.	Corizol	363	310	289	230
3.	Buttizol	338	290	271	215
4.	Pastylon+Corizol	3430	2600	2200	1760
5.	Pastylon+Buttizol	2380	1400	1000	800
6.	Abizol R	1480	750	400	320
7.	Dacholeum	2100	1550	1300	1040
8.	Abizol D	2300	1400	1150	920
9.	Abizol R+Dacholeum	4380	3350	2900	2320
10.	Abizol R+Abizol D	4470	3500	3150	2520
11.	Abizol P	2500	1800	1600	1280
12.	Abizol P+Dacholeum	4500	3650	3350	2080
13.	Abizol P+Abizol D	4880	4000	3650	2920
14.	Abizol R+Abizol P	4840	2800	2500	2000

Ogrodzenia i osłony powinny być wykonane z materiałów izolacyjnych. Dopuszcza się wykonanie ogrodzeń i osłon z materiałów przewodzących pod warunkiem połączenia ich z uziemieniami ochronnymi lub w przypadku gdy napięcie rażeniowe, które mogą się na nich pojawić nie przekraczają wartości dopuszczalnych określonych przepisami.

Wstawki izolacyjne w elementach przewodzących, wynoszących napięcie uziomowe poza teren objęty uziemieniem ochronnym stosuje się gdy istnieją trudności ograniczenia napięć dotykowych rażeniowych za pomocą uziemień ochronnych oraz równocześnie stosowanych środków uzupełniających, takich jak izolacja stanowiska i powłoki elektroizolacyjne, względnie za pomocą osłon i ogrodzeń.

Wstawki izolacyjne o długości conajmniej 5 m umieszcza się w wychodzących poza teren wydzielony dla celów elektroenergetycznych:

- szynach torów kolejowych,
- rurociągach,
- kablach o powłokach o pancerzach przewodzących.

Zaleca się pokrywanie wstawek umieszczonych w gruncie warstwą izolacyjną. Szczegółowe warunki wykonania wstawek izolacyjnych określają przepisy [4, 5].

4. Rola izolacji w zakresie organizacyjnych środków ochrony i w zakresie środków ochrony osobistej

Istotne znaczenie w zakresie bezpieczeństwa porażeniowego odgrywa zespół organizacyjnych środków ochrony osobistej (sprzętu ochronnego) podczas prac wykonywanych przy urządzeniach elektrycznych.

W zakresie organizacyjnych środków ochrony rola izolacji jest w zasadzie ograniczona do:

- przeprowadzenia wymaganych przepisami badań odbiorczych oraz okresowych badań eksploatacyjnych obejmujących również pomiary izolacji,
- potrzeby stosowania elementów izolacyjnych w trakcie uwalniania porażonych spod napięcia w przypadku udzielania pomocy przedlekarskiej.

Bardzo istotną rolę odgrywa natomiast izolacja w zakresie sprzętu ochronnego, w tym głównie sprzętu izolacyjnego zasadniczego i dodatkowego do 1 kV i powyżej 1 kV oraz sprzętu pomocniczego obejmującego m.in. płyty izolacyjne i nakładki izolacyjne. Izolacyjny sprzęt ochronny powinien spełniać wymagania określone w normach, w szczególności poddawany musi być okresowym badaniom wytrzymałości elektrycznej.

5. Podsumowanie i wnioski końcowe

1. Izolacja elektryczna urządzeń elektrycznych niskiego i wysokiego napięcia odgrywa istotną rolę w zakresie zapewnienia organizacyjnych i technicznych warunków bezpieczeństwa porażeniowego.
2. Przeprowadzona analiza roli izolacji w ochronie przeciwporażeniowej pozwala na stwierdzenie, że w zakresie technicznych środków ochrony izolacja odgrywa najważniejszą rolę w odniesieniu do ochrony podstawowej w urządzeniach do 1 kV i powyżej 1 kV, następnie w odniesieniu do ochrony dodatkowej w urządzeniach do 1 kV i stosunkowo najmniejszą w ochronie uzupełniającej powyżej 1 kV.
3. W referacie wskazano na znaczną rolę izolacji elektrycznej w zakresie izolacyjnego sprzętu ochronnego.

Literatura

- [1] **Jabłoński W.:** *Aktualne tendencje w ochronie przeciwporażeniowej w instalacjach i sieciach elektroenergetycznych o napięciu wyższym od 1kV*, Materiały z Narady Szefów Wydziałów BHP, Myczkowce, 1999
- [2] **Markiewicz H.:** *Bezpieczeństwo w elektroenergetyce*, WNT, Warszawa 1999
- [3] *Poradnik Inżyniera Elektryka*, WNT, Warszawa 1997.
- [4] PN-92/E-05009/41: *Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona zapewniająca bezpieczeństwo. Ochrona przeciwporażeniowa*
- [5] *Przepisy budowy urządzeń elektroenergetycznych*, Wyd. IV. WEMA, Warszawa 1997
- [6] *Przepisy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych.*, WEMA, Warszawa 1996
- [7] Rozporządzenie Ministra Przemysłu z dnia 8 października 1990 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać urządzenia elektroenergetyczne w zakresie ochrony przeciwporażeniowej. Dz. U. z 1990 r. Nr 81, poz. 473
- [8] **Strzałka J.:** *Analiza kierunków zmian krajowych przepisów ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach elektrycznych do 1kV*, Mat. konf. SEP „Inżynieria elektryczna w budownictwie”, Kraków, 1997
- [9] Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997r. *Prawo Energetyczne*, Dz. U. z dnia 04.06.1997 r. (z późniejszymi zmianami)
- [10] *Zarządzenie Ministra Górnictwa i Energetyki oraz Ministra Budownictwa i Przemysłu Materiałów Budowlanych z dnia 31 grudnia 1968 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinna odpowiadać ochrona przeciwporażeniowa w urządzeniach elektroenergetycznych o napięciu do 1kV*, (Dz. Bud. z 1969 r. Nr 4 poz. 13 z późniejszymi zmianami)
- [11] *Zarządzenie Ministra Górnictwa i Energetyki oraz Ministra Budownictwa i Przemysłu Materiałów Budowlanych z dnia 05.10.1966 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinna odpowiadać ochrona przeciwporażeniowa w urządzeniach elektroenergetycznych o napięciu wyższym niż 1kV*, Dz. Bud. z 1966 r., nr 17, poz. 70

A SIGNIFICANCE OF ELECTRIC INSULATION IN ANTI-SHOCK PROTECTION SYSTEM

The paper describes a meaning of electric insulation as an essential element of anti-shock protection system in high and low voltage electric installations.

Pracę wykonano w ramach działalności statutowej Zakładu Elektroenergetyki AGH,
umowa nr 11.11.120.10