

BADANIA NARZĘDZI I SPRZĘTU IZOLACYJNEGO DO PRACY POD NAPIĘCIEM W ŚWIETLE WYMAGAŃ NORM PN-IEC ORAZ PN-EN

Marek Łoboda

Politechnika Warszawska

Instytut Wielkich Mocy i Wysokich Napięć

Włodzimierz Pilaciński

Secura B.C.

Wstęp

Podstawowe zasady pracy pod napięciem (ppn) powinny być realizowane w taki sposób, aby prąd płynący przez ciało montera w czasie wykonywania ppn był znacznie mniejszy od wartości dopuszczalnego prądu rażeniowego, a także od wartości prądu samouwolnienia. W każdej ze stosowanych metod pracy pod napięciem są używane narzędzia i sprzęt izolacyjny oraz sprzęt ochrony osobistej. Właściwości izolacyjne narzędzi i sprzętu ochronnego nie mogą być obniżone poniżej poziomu wymaganego w normach wyrobów nie tylko w przypadku nowych wyrobów, ale również i wyrobów będących w eksploatacji. Od jakości parametrów określających właściwości izolacyjne narzędzi i sprzętu, od spełnienia wymagań przede wszystkim w zakresie wytrzymałości elektrycznej i odpowiednio małej wartości prądu upływu zależy bezpieczeństwo pracy, zdrowie i życie ludzkie.

Bezpośredni wpływ na stan narzędzi i sprzętu do prac pod napięciem ma przestrzeganie instrukcji i przepisów użytkowania podawanych przez producenta danego wyrobu a także warunków przechowywania oraz kontrola stanu technicznego i właściwości dielektrycznych urządzeń i sprzętu wprowadzonego do eksploatacji. Dlatego też, tak ważnym staje się zapewnienie najwyższej jakości produkowanych wyrobów do prac pod napięciem spełniających wymagania norm polskich PN, które w coraz szerszym zakresie są zgodne z normami międzynarodowymi lub europejskimi. Znaczącą grupę spośród dokumentów już opublikowanych lub będących w końcowej fazie ustanawiania przez Polski Komitet Normalizacyjny stanowią normy dotyczące narzędzi i sprzętu izolacyjnego. Należą do nich normy dotyczące rękawic izolacyjnych do prac pod napięciem (PN-EN 60903+A11) oraz rękawic izolacyjnych wzmocnionych do celów elektrycznych (Pr PN-EN 50237), rękawów elektroizolacyjnych (PN-EN 60984+A11), drążków izolacyjnych i uniwersalnych elementów roboczych (PN-EN 60832), wskaźników napięcia (PN-EN 61243-1), narzędzi ręcznych do prac pod napięciem (PN-IEC 900 +A1), przenośnego sprzętu do uziemiania i zwierania (PN-EN 61230), obuwia elektroizolacyjnego (Pr PN-EN 50321) i in. Wysoka jakość i właściwe parametry techniczne

tego sprzętu powinny być zapewnione przez producenta lecz także powinny być okresowo sprawdzane w czasie eksploatacji.

Do podstawowych badań wymaganych dla narzędzi i sprzętu izolacyjnego stosowanego przy pracach pod napięciem należą **badania elektryczne**, których zakres jest zróżnicowany dla poszczególnych wyrobów a także w zależności od rodzaju badań. Badania typu, badania wyrobu oraz badania wyrywkowe są na ogół wykonywane w laboratorium producenta, natomiast badania odbiorcze oraz badania kontrolne (okresowe) mogą być przeprowadzane w laboratoriach niezależnych. W każdym przypadku laboratoria badawcze producenta, instytucji certyfikującej lub dopuszczającej dany wyrób do obrotu oraz laboratorium wykonujące badania kontrolne (okresowe) powinno być wyposażone w odpowiednie urządzenia probierczo-pomiarowe w pełni spełniające wymagania określone w wymienionych normach PN-IEC lub PN-EN a sposób wykonywania badań powinien być oparty na procedurach zgodnych z tymi normami.

W każdym laboratorium badawczym urządzenia pomiarowe powinny być okresowo sprawdzane i wzorcowane a urządzenia probierczo-pomiarowe powinny być autoryzowane przez odpowiednią instytucję certyfikacyjną.

Obowiązujący w kraju system certyfikacji w zakresie sprzętu i narzędzi do prac pod napięciem praktycznie jeszcze nie w pełni funkcjonuje poza dwoma rodzajów wyrobów - rękawicami izolacyjnymi oraz narzędziami ręcznymi do prac pod napięciem, gdzie zgodnie z uzyskaną akredytacją PCBC do prowadzenia obowiązkowej certyfikacji został upoważniony (notyfikowany) Centralny Instytut Ochrony Pracy.

Nie jest natomiast dostatecznie uregulowana a w wielu przypadkach wręcz niejasna sprawa wymagań, jakie powinny spełniać laboratoria i ich wyposażenie przeprowadzające okresowe badania kontrolne narzędzi i sprzętu izolacyjnego. Dotyczy to zarówno weryfikacji parametrów technicznych urządzeń probierczo-pomiarowych, ich okresowej kalibracji, a także metodyki i procedur badań sprzętu zgodnych z wymaganiami wprowadzonych do norm krajowych norm międzynarodowych lub europejskich. Brak jest także jednoznacznych wymagań i kryteriów, na których podstawie laboratoria takie byłyby upoważnione do wykonywania badań kontrolnych narzędzi i sprzętu izolacyjnego oraz ustaleń, które instytucje powinny sprawować nadzór merytoryczny i udzielać akredytacji takim laboratoriom.

Z coraz częstszych zapytań docierających w ostatnim okresie do członków NKP nr 72 ds. Elektroenergetycznego Sprzętu Ochronnego i Do Prac Pod Napięciem, oraz do jedyne go krajowego producenta rękawic elektroizolacyjnych firmy SECURA B.C. wynika, że istnieje duże zapotrzebowanie na informacje dotyczące wymagań norm międzynarodowych w zakresie badań kontrolnych sprzętu izolacyjnego do prac pod napięciem, które najczęściej stanowią badania elektryczne. Często brak jest podstawowej wiedzy dotyczącej zakresu i interpretacji wyników badań elektrycznych, mierny jest stan wiedzy o aktualnie wprowadzanych normach dotyczących narzędzi i sprzętu izolacyjnego. W wielu laboratoriach wykonujących badania kontrolne stosowane urządzenia

probierczo-pomiarowe wymagają modernizacji lub całkowitej przebudowy, gdyż w obecnym stanie nie spełniają wymagań nowo ustanowionych norm. Niniejszy referat ma na celu przybliżenie zainteresowanym zagadnień dotyczących wymagań w zakresie badań elektrycznych sprzętu izolacyjnego na przykładzie wymagań badań elektrycznych dotyczących rękawic elektroizolacyjnych i opisu nowego stanowiska probierczo-pomiarowego do badań rękawic zbudowanego w firmie SECURA B.C.

1. Zakres badań elektrycznych sprzętu izolacyjnego

Zakres badań elektrycznych sprzętu izolacyjnego jest uzależniony od jego parametrów technicznych wynikających z warunków doboru sprzętu, dostosowanych do wartości narażeń napięciowych mogących wystąpić w miejscu użytkowania (w sieci elektroenergetycznej lub w urządzeniu) oraz od rodzaju wykonywanych badań (badania typu, wyrobu, wyrywkowe, odbiorcze lub kontrolne). Dla wszystkich rodzajów badań są wykonywane badania napięciowe z pomiarem prądu upływu a podczas badań typu i badań wyrywkowych badania wytrzymałości elektrycznej. Badania te wykonuje się z reguły napięciem przemiennym o częstotliwości 50 Hz.

Nowością w zakresie wymagań norm europejskich dotyczących sprzętu do prac pod napięciem jest wprowadzenie pojęcia wymaganego poziomu izolacji dla prac pod napięciem - RILL (Required Insulation Level For Live Working). Określenie to zostało wprowadzone w 1995 roku w projekcie normy europejskiej (ang. *prestandard* lub niem. *vornorm*) ENV 50196 [2] dotyczącej wymaganych poziomów izolacji oraz odstępów izolacyjnych w powietrzu przy pracach pod napięciem. Oparte jest ono na podejściu probabilistycznym zapewniającym małe prawdopodobieństwo przebicia izolacji sprzętu izolacyjnego podczas prac pod napięciem. Poziom izolacji RILL ma zastosowanie m.in. do osłon, rękawic oraz rękawów izolacyjnych i jest parametrem określającym dodatkowo (poza wartością maksymalnego napięcia roboczego sieci) warunki doboru sprzętu ochronnego do największych wartości napięć w sieci możliwych do wystąpienia podczas wykonywania prac pod napięciem.

Wymagany poziom izolacji RILL dla sprzętu użytkowanego podczas prac pod napięciem jest określony za pomocą napięcia U_{90} o wartości conajmniej równej wartości skutecznej napięcia RILL, gdzie U_{90} jest wytrzymywanym statystycznie z prawdopodobieństwem 90 % napięciem udarowym łączeniowym o kształcie 250/2500 μ s. Biorąc pod uwagę, że RILL charakteryzuje przede wszystkim sieci elektroenergetyczne i ich warunki eksploatacji w czasie wykonywania prac pod napięciem, wybór odpowiedniej wartości RILL dla danego rodzaju sprzętu izolacyjnego należy do użytkownika.

Wartości graniczne napięć przemiennych przy użytkowaniu rękawic lub rękawów izolacyjnych są przedstawione w tablicy 1 zgodnie z wymaganiami [3] i [4].

Tablica 1. Graniczne wartości napięcia przemiennego oraz udarowego RILL dla rękawic i rękawów izolacyjnych do prac pod napięciem

| Klasa rękawic | Najwyższe napięcie sieci | RILL |
|------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| | U_s [kV, wartość skuteczna] | U_{90r} [kV, wartość skuteczna] |
| 00 | 0,5 | *) |
| 0 | 1 | *) |
| 1 | 7,5 | 34 |
| 2 | 17 | 52 |
| 3 | 26,5 | 69 |
| 4 | 36 | 86 |
| *) w trakcie ustalania | | |

W przypadku rękawic lub rękawów izolacyjnych wyroby klas niższych od klasy, wynikającej z podanej tablicy 1 mogą być stosowane, jeżeli sieć jest charakteryzowana przez wartość RILL mniejszą lub równą tej, którą dla danej klasy wyrobu podano w tablicy 1. Odwrotnie, wyrób określonej klasy nie może być stosowany w sieci elektroenergetycznej, jeżeli wartość napięcia RILL jest wyższa niż podana w tablicy 1 dla tej samej klasy wyrobu.

Zakres badań elektrycznych sprzętu izolacyjnego jest ściśle związany z rodzajem wykonywanych badań. Najszerszy zakres badań elektrycznych jest wymagany podczas badań typu oraz podczas badań wyrwykowych wykonywanych przez producenta lub przez instytucję certyfikującą dany wyrób; najmniejszy zaś przy wykonywaniu okresowo badań kontrolnych wyrobu będącego już w eksploatacji lub wyrobu magazynowanego przez dłuższy czas. Natomiast zakres badań odbiorczych może być zróżnicowany, gdyż jest uzależniony od uzgodnień pomiędzy producentem sprzętu i nabywcą (odbiorcą). Jeśli nabywca poda w swych wymaganiach, że wyrób powinien spełniać np. tylko wymagania normy PN-IEC 60903, to badaniami odbiorczymi powinny być badania wymienione w tym dokumencie (zarówno badania wyrobu, jak i badania wyrwykowe). Zestawienie porównawcze zakresów poszczególnych rodzajów badań dla rękawic izolacyjnych do prac pod napięciem zamieszczono w tablicy 2.

Tablica 2. Zakres mierzonych parametrów podczas badań elektrycznych rękawic elektroizolacyjnych

| Czynność i mierzone parametry | Rodzaj badań | | | | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|---|
| | Typu | Wyrobu | Wyrwy- kowe | Kontrolne (okresowe) | Odbiorcze |
| Kondycjonowanie w wodzie przez czas 16 □ 0,5 h | Tak | Nie | Tak | Nie | Zakres uzgadniany na podstawie porozumienia między producentem a odbiorcą |
| Pomiar prądu upływu przy utrzymywaniu napięcia probierczego o wartości uzależnionej od klasy wyrobu przez czas t (min). | Tak t = 3 min. | Tak t = 1 min. | Tak t = 3 min. | Tak t = 1 min. | |
| Badanie wytrzymałości elektrycznej | Tak | Nie | Tak | Nie | |
| Określenie wartości RILL na podstawie wyników badań wytrzymałości elektrycznej napięciem przemiennym lub badań napięciem udarowym łączeniowym | Tak | Nie | Tak | Nie | |

2. Wymagania dla stanowisk probierczo-pomiarowych do badań elektrycznych sprzętu izolacyjnego

Wymagane probiercze napięcie przemiennie można najprościej uzyskać za pomocą transformatora podwyższającego, zasilanego za pomocą regulatora niskiego napięcia. Transformator wraz z układem regulacji powinien być tak dobrany, aby przy zasilaniu obwodu z badaną rękawicą współczynnik szczytu (stosunek wartości maksymalnej do średniej wartości skutecznej napięcia) nie różnił się więcej niż o 5 % od wartości napięcia sinusoidalnego w górnej połowie zakresu napięcia probierczego.

Regulacja napięcia może być wykonywana za pomocą jednego z niżej podanych urządzeń:

- a) regulatora wzbudzenia prądnic;
- b) autotransformatora o zmiennej przekładni;
- c) regulatora indukcyjnego.

Urządzenie regulujące napięcie nie powinno zniekształcać napięcia probierczego i powinno mieć charakterystykę napięciowo-czasową zbliżoną do liniowej. Powinno ono także zapewniać stałą zmianę prędkości podnoszenia napięcia dla każdego zakresu pomiarowego (wynoszącą ok. 1000 V/s) najlepiej za pomocą odpowiedniego regulatora mechanicznego lub elektrycznego.

Wartość skuteczną napięcia przemiennego doprowadzonego do wyrobu można mierzyć za pomocą jednego z poniższych przyrządów:

- a) woltomierzem połączonym z wyskalowanym przekładnikiem pomiarowym, przyłączonym bezpośrednio do obwodu wysokiego napięcia;
- b) wyskalowanym woltomierzem elektrostatycznym, przyłączonym do obwodu wysokiego napięcia za pomocą dzielnika pojemnościowego;
- c) woltomierzem przyłączonym do uzwojenia trójnego (uzwojenie trójne jest dodatkowym specjalnym uzwojeniem pomiarowym) transformatora probierczego pod warunkiem, że określona przekładnia transformatora nie ulega w sposób zauważalny zmianie wraz z obciążeniem;
- d) wyskalowanym w jednostkach napięcia przemiennego mikroamperomierzem, połączonym szeregowo z odpowiednim opornikiem wysokonapięciowym, przyłączonym do obwodu wysokiego napięcia.

Woltomierz włączony po stronie niskiego napięcia obwodu transformatora można stosować tylko wówczas, gdy poprawnie określono przekładnię transformatora oraz gdy wiadomo, że nie zmienia się ona w sposób zauważalny wraz z obciążeniem. Do kontroli dokładności pomiaru napięcia wskazywanego przez woltomierz można stosować wyskalowany iskiernik kulowy.

Prąd upływu należy mierzyć za pomocą miliamperomierza włączonego w szereg z badanym wyrobem.

Uchyb układu pomiaru napięcia (oraz prądu upływu) powinien wynosić co najwyżej 2% pełnego zakresu pomiarowego.

Współczynnik szczytu (kształtu) napięcia probierczego można sprawdzić stosując woltomierz wartości szczytowej, przyłączony bezpośrednio do obwodu wysokiego napięcia lub w przypadku, gdy do obwodu wysokiego napięcia przyłączono woltomierz elektrostatyczny lub woltomierz połączony z przekładnikiem pomiarowym, dokonując przeskoku na znormalizowanym iskierniku kulowym i porównując zmierzone napięcie z odczytem na woltomierzu wartości skutecznej.

Badania wysokonapięciowe tego typu są zazwyczaj wykonywane, gdy jedna strona obwodu jest uziemiona. Jeśli są wykonywane badania napięciowe np. dla jednej rękawicy lub jednej sztuki obuwia to elektrodę napięciową stanowi woda wewnątrz rękawicy lub obuwia, a rękawica lub obuwie są zanurzone na odpowiednią głębokość w zbiorniku z wodą. Woda w zbiorniku jest na ogół połączona z uziemioną stroną obwodu probierczego. Miliamperomierz jest przyłączany od strony uziemionej obwodu i bocznikowany za pomocą samozamykającego się łącznika, który zamyka obwód z wyjątkiem chwili odczytu i który zapewnia ciągłe uziemienie obwodu.

W celu otrzymania poprawnego wskazania uszkodzenia badanego sprzętu obwód probierczy powinien mieć wskaźnik uszkodzenia lub urządzenia dodatkowe. Uszkodzenie może być sygnalizowane np. za pomocą sygnału akustycznego lub optycznego.

Aby wyeliminować nadmierne wydzielanie się ozonu podczas prób napięciowych i możliwości wystąpienia przeskoku powierzchniowego zaleca się wymuszenie przepływu powietrza w obszarze międzyelektrodowym.

Przegląd i skalowanie (wzorcowanie) urządzeń probierczo-pomiarowych należy wykonywać przynajmniej raz w roku.

3. Parametry techniczne stanowiska do badań elektrycznych rękawic izolacyjnych w firmie SECURA B.C.

Rękawice izolacyjne ELSEC produkowane przez firmę SECURA B.C., która jest jedynym w kraju producentem tego rodzaju sprzętu do prac pod napięciem, uzyskały w bieżącym roku ponownie certyfikat Centralnego Instytutu Ochrony Pracy stwierdzający spełnienie przez rękawice ELSEC wymagań normy PN-EN 60903+ A11. Producent rękawic prowadzi obecnie przygotowania do wprowadzenia systemu jakości w oparciu o serię norm ISO 9000. Istotnymi elementami niezbędnymi do wdrożenia tego systemu są nowoczesne stanowiska i procedury badawcze zgodne z wymaganiami PN-EN 60903, przede wszystkim stanowisko do badań elektrycznych rękawic.

Nowe stanowisko laboratoryjne do badań rękawic elektroizolacyjnych składa się z następujących urządzeń:

1. Podzespołów podstawowych, do których należą
 - transformator probierczy TP-60 o dwóch zmienianych zakresach napięcia (I - 5- 30 kV i II - 30-60 kV) oraz transformator probierczy TS-6 o zakresie 2-6 kV,
 - dwa układy pomiarowe WN: jeden składający się z pojemnościowego dzielnika napięcia oraz woltomierza o dużej rezystancji wejściowej, drugi składający się z wysokonapięciowego rezystora z połączonym w szereg mikroamperomierzem o uchybie pomiaru napięcia przemiennego nie większym niż 1 %,
 - automatyczny układu regulacji napięcia z napędem silnikowym o szybkości narastania dla wszystkich zakresów napięcia 1 kV/s i błędzie nastawiania napięcia nie większym niż 2 %.
2. Komputerowego układu sterowania badaniem i rejestracji danych pomiarowych.
3. Zespołu probierczego do jednoczesnego badania sześciu sztuk rękawic.

Układ komputerowy kontroluje warunki wykonywania badań elektrycznych rękawic, steruje ich przebiegiem oraz rejestruje dane pomiarowe. Składa się on z komputera typu PC wyposażonego w karty ADDA i oprogramowanie dostosowane do wykonywanych funkcji. Układ spełnia następujące funkcje:

- ustala napięcie probiercze
- kontroluje czas trwania próby,
- mierzy i zapisuje w bazie danych następujące parametry:
 - wartość maksymalną i wartość skuteczną napięcia probierczego,
 - przebieg czasowy dwóch okresów napięcia probierczego,
 - wartość skuteczną prądu w sześciu torach probierczych,
 - temperaturę powietrza oraz temperaturę wody w zbiorniku z rękawicami,
 - wilgotność powietrza,
 - ciśnienie atmosferyczne

Układ sygnalizuje także przekroczenie parametrów określających warunki prowadzenia badań oraz ewentualne niespełnienie przez badany wyrób wymagań normy.

Zespół probierczy do badań elektrycznych rękawic składa się z następujących elementów:

- zbiornika wody ze stali nierdzewnej, w którym są zanurzane rękawice, wyposażonego w grzałkę, regulator temperatury i sondę do pomiaru temperatury, pompę i filtr wody,
- szyny do zawieszania rękawic,
- sześciu torów probierczych, z których każdy jest wyposażony w odłącznik sterowany przełącznikiem nadmiarowo-prądowym oraz w bocznik do pomiaru prądu i czujnik poziomu wody,
- wentylatora usuwającego ozon i parę wodną z otoczenia badanych rękawic,
- urządzeń do pomiaru ciśnienia, wilgotności i temperatury powietrza, poziomu wody w zbiorniku i wewnątrz rękawic,
- osłony przeciwporażeniowej wyposażonej w automatyczną blokadę.

Badania elektryczne rękawic izolacyjnych przeprowadza się półautomatycznie. Rękawice są zawieszane na uchwytych izolacyjnych, następnie napełniane wodą do odpowiedniego poziomu i zanurzenie do głębokości umożliwiającej wyrównanie poziomów wody wewnątrz na zewnątrz rękawicy. Następnie są wprowadzane do komputera dane dotyczące parametrów próby i klasy badanych rękawic (napięcie probiercze, czas, itp.) oraz numery identyfikacyjne rękawic. Komendą „start” jest rozpoczynane badanie. Badania są wykonywane automatycznie zgodnie z zaprogramowanymi parametrami. Po ich zakończeniu napięcie zostaje wyłączone, a wyniki są zapisywane w pamięci komputera i drukowane w postaci raportu z badań. Stanowisko posiada również opcję ręcznego sterowania próbą oraz urządzenia umożliwiające analogowy odczyt wartości napięcia probierczego oraz prądu upływu.

Zamiarem producenta jest wprowadzenie w najbliższym czasie numeracji każdej produkowanej rękawicy w celu umożliwienia identyfikacji wyrobu oraz obserwacji zmian parametrów elektrycznych rękawic w czasie eksploatacji. Skomputeryzowane stanowisko badawcze umożliwi wydruk wyników badań elektrycznych łącznie z wartością prądu upływu i planowane jest dołączenie tej informacji do każdej produkowanej rękawicy przekazywanej użytkownikowi. Będzie to

jednoznacznym potwierdzeniem dobrej jakości wyrobu i stanu izolacji po wyprodukowaniu, co umożliwi użytkownikowi rękawic porównanie ewentualnych zmian parametrów elektrycznych rękawic w trakcie użytkowania i może przyczynić się do poprawy bezpieczeństwa pracy pod napięciem.

Bibliografia

- [1] J. Łacny. Aktualne krajowe działania normalizacyjne dotyczące ppn. Konferencja Prace Pod Napięciem w Sieciach nn, SN i WN w Polsce i na Świecie, PTPPiREE, Poznań, 13-14 maja 1998, s.73-77.
- [2] ENV 50196:1995 Live working. Required insulation level and related air distances. Calculation method.
- [3] PN-EN 60903+A11. Wymagania dla rękawic pięcio- i trójpalcowych z materiału izolacyjnego do prac pod napięciem.
- [4] PN-EN 60984+A11. Rękawy z materiału izolacyjnego do prac pod napięciem.