

mgr inż. ANDRZEJ DĄBROWSKI
dr inż. JACEK SKALSKI
Centralny Instytut Ochrony Pracy

Obudowy urządzeń elektrycznych - funkcje ochronne i badania

Praca wykonana w ramach Strategicznego Programu Rządowego pn. „Bezpieczeństwo i ochrona zdrowia człowieka w środowisku pracy” dofinansowanego przez Komitet Badań Naukowych w latach 1995-1998

FUNKCJE OCHRONNE OBUDÓW URZĄDZEŃ ELEKTRYCZNYCH

Obudowa urządzenia elektrycznego zapewnia ochronę użytkownika przed kontaktem z niebezpiecznymi częściami tego urządzenia, którymi mogą być zarówno części pod napięciem, jak i ruchome części mechaniczne, stanowiące zagrożenie przy zbliżeniu lub dotknięciu. Obudowa urządzenia elektrycznego stanowi również jego podstawową ochronę przed zewnętrznymi czynnikami, takimi jak: zapylenie, promieniowanie elektromagnetyczne, wilgoć, woda, itd. Negatywnymi skutkami działania tych czynników mogą być: zagrożenie porażeniem prądem elektrycznym, pogorszenie parametrów użytkowych lub wręcz uszkodzenie urządzenia. Ochrona przed dostępem do części pod napięciem (mająca dla urządzeń elektrycznych zasadnicze znaczenie) obejmuje ochronę przed:

- dotykiem niebezpiecznych części pod niskim napięciem (napięcia znamionowe do 1000 V prądu przemiennego i 1500 V prądu stałego) lub
- zbliżeniem do niebezpiecznych części pod wysokim napięciem (napięcia znamionowe powyżej 1000 V prądu przemiennego i 1500 V prądu stałego) z tym, że odstęp dopuszczalny jest określony według odpowiedniej normy przedmiotowej dla danego typu urządzeń.

W niniejszym artykule będą omówione badania obudów urządzeń niskonapięciowych.

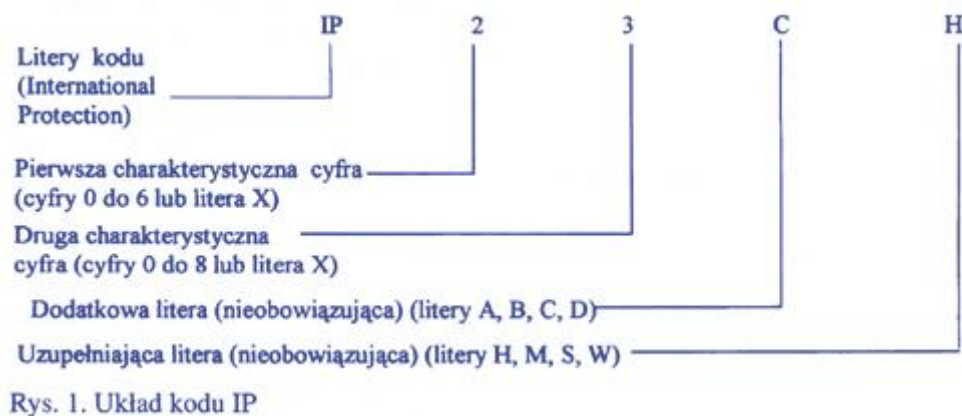
Obudową urządzenia elektrycznego nazywany jest element konstrukcyjny zapewniający ochronę urządzenia przed niektórymi wpływami czynników zewnętrznych i przed dotykiem bezpośrednim z dowolnej strony. Za części obudowy uważane są również różnego rodzaju przeszkody, różne inne elementy przymocowane do obudowy lub utworzone przez obudowane urządzenie, uniemożliwiające lub ograniczające wchodzenie określonych obiektów do wnętrza obudowy. W przypadku, gdy te elementy konstrukcyjne obudowy mogą być usunięte bez użycia klucza lub narzędzia specjalnego, wówczas nie są one traktowane jako część obudowy.

Jeden ze sposobów określania funkcji ochronnych obudów urządzeń został podany w PN-92/E-08106 [1]. W dalszej części artykułu normę tę będziemy nazywać normą.

Podano w niej klasyfikację (wg kodu International Protection - IP) i wymagania dotyczące zapewnienia przez obudowy odpowiedniego stopnia ochrony zarówno dla operatora, jak i dla samego urządzenia. Kod IP stosowany w normie stanowi system oznaczania oraz podawania dodatkowych informacji związanych z taką ochroną.

Sposób oznaczania stopni ochrony zapewnianych przez obudowy według kodu IP

Budowę kodu IP wg normy przedstawiono na [rysunku 1](#). Zastosowanie tego systemu dla urządzeń elektrycznych ujednocila sposoby opisywania ochrony zapewnianej przez obudowy. Kod składa się ze skrótu IP oraz dwóch charakterystycznych cyfr i dwóch nieobowiązkowych liter określających dodatkowe wymagania lub informacje o obudowie.



Rys. 1. Układ kodu IP

Litera X stosowana jest wtedy, gdy charakterystyczna cyfra nie jest określana. Dodatkowe i/lub uzupełniające litery są opuszczane bez zastępowania literą X. Jeżeli obudowa zapewnia dwa różne stopnie ochrony dla różnych zastosowań, wtedy występuje oznaczenie podwójne, np. IPX7 / IPX5 z odpowiednim wyjaśnieniem w dokumentacji techniczno-ruchowej urządzenia. Jeżeli użyto więcej niż jedną literę uzupełniającą, to są one podawane w kolejności alfabetycznej.

Pierwsza charakterystyczna cyfra może przybierać wartości 0 - 6 i dotyczy jednoczesnego spełnienia dwóch następujących wymagań:

- stopni ochrony zapewnianych przez obudowy dla osób przed dostępem do części niebezpiecznych przez zapobieganie lub ograniczenie dostępu części ciała ludzkiego lub przedmiotów trzymanyh przez osobę,
- stopni ochrony zapewnianych przez obudowy dla znajdującego się w niej urządzenia przed dostępem ciał obcych, w tym przed dostępem pyłów.

Druga cyfra charakterystyczna może przybierać wartości 0 - 8 i określa zdolność ochrony przed wnikaniem wilgoci i wody do wnętrza obudowy.

Dodatkowa litera dotyczy stopni ochrony zapewnianych przez obudowy dla osób przed dostępem do części niebezpiecznych. Jej stosowanie jest jednak przewidziane tylko w dwóch przypadkach, jeśli:

- rzeczywista ochrona przed dostępem do części niebezpiecznych jest wyższa niż to wynika z oznaczenia pierwszą charakterystyczną cyfrą,
- oznaczana jest tylko ochrona przed dostępem do części niebezpiecznych (wówczas pierwsza charakterystyczna cyfra jest zastępowana literą X).

Uzupełniająca litera dotyczy dodatkowych wymagań określonych w [tab. 1](#), które nie mieszczą się w opisie przedstawionym pierwszą i drugą cyfrą charakterystyczną oraz dodatkową literą.

Tabela 1

ZNACZENIE UZUPEŁNIAJĄCYCH LITER STOSOWANYCH W KODZIE IG WG PN-92/E-08106

Litera	Znaczenie
H	Aparat wysokiego napięcia
M	Badania na szkodliwe działanie wnikającej wody, gdy ruchome części urządzenia (np. wirnik maszyny wirującej) są w ruchu
S	Badania na szkodliwe działanie wnikającej wody, gdy ruchome części urządzenia (np. wirnik maszyny wirującej) są nieruchome
W	Nadaje się do stosowania w określonych warunkach pogodowych przy zapewnieniu dodatkowych środków ochrony lub zabiegów

Podane w [tabeli 1](#) ogólne znaczenia przypisane uzupełniającym literom powinny być szczegółowo określone w normach przedmiotowych. Powinny być w nich podane również procedury badawcze, według których należy przeprowadzić badania. Ze względu na szczególne zastosowanie liter uzupełniających, badania z nimi związane nie będą omawiane w tym artykule.

Konstrukcja obudów

Konstrukcja obudów urządzeń elektrycznych wykazuje olbrzymią różnorodność ze względu na pełnione funkcje ochronne oraz środowisko użytkowania (otoczenia). Czynniki wpływającymi na konstrukcję obudowy mogą być:

- rodzaj urządzenia elektrycznego i jego przeznaczenie,
- warunki środowiska użytkowania (temperatura, wilgotność, zapylenie, czynniki chemiczne, promieniowanie jonizujące, optyczne oraz pole i promieniowanie elektromagnetyczne o częstotliwości 0-300 GHz),
- warunki montażu i eksploatacji oraz
- koszt.

Niemniej jednak w każdej obudowie można wyróżnić następujące części składowe: korpus główny, pokrywę, uszczelkę, przepusty (np. elektryczne, dla urządzeń mechanicznych) oraz system mocowania urządzeń elektrycznych wewnątrz obudowy.

Korpus jest podstawowym modułem konstrukcyjnym obudowy. Mocowane jest do niego urządzenie elektryczne oraz pozostałe części składowe obudowy. Może on przybierać różnorodne kształty i być wykonany jako odlew żeliwny, odlew lub wyciskany profil z lekkiego stopu, spawany z blachy nierdzewnej oraz jako wypraska z różnego rodzaju tworzyw sztucznych.

Korpusy uniwersalnych obudów są obecnie wykonywane z lekkich stopów lub olbrzymiej gamy tworzyw sztucznych. Zapewniają one - w zależności od wykonania - największy stopień ochrony IP66. Korpusy z tworzyw sztucznych wykonywane są jako wypraski, często o wyrafinowanych kształtach. Są również najtańsze, co wynika nie tylko z kosztów surowca, ale i niskich kosztów produkcji. Niektóre typy obudów nie posiadają np. nagwintowanych otworów pod śruby mocujące - w czasie pierwszego montażu śruba sama nacina gwint, co prowadzi do istotnej obniżki kosztów produkcji. Obudowy uniwersalne wykonane z tworzyw sztucznych nie posiadają otworów pod przepusty, lecz jedynie specjalnie ukształtowany fragment ściany ułatwiający wykonanie otworu. Czasami warunki pracy urządzenia dopuszczają możliwość przenikania wody do jego wnętrza, wtedy obudowa powinna być wyposażona w otwory odpływowe. Znane są również rozwiązania konstrukcyjne obudów modułowych, które można szeregowo łączyć między sobą w zależności od potrzeb. Stopień ochronny zarówno pojedynczego modułu, jak i całego zestawu może wynosić nawet IP55.

Najbardziej odporne na czynniki zewnętrzne są obudowy wykonane ze stali nierdzewnej, jednak są one najbardziej kosztowne. Charakteryzują się między innymi doskonałym ekranowaniem pól elektromagnetycznych.

W przypadku wypełnienia obudowy gazem, np. argonem lub sześciofluorkiem siarki (FS₆) o nadciśnieniu około 0,25 Mpa, obudowa powinna być wyposażona w manometr. Konstrukcja takiej obudowy, ze względu na duże siły działające na ścianki, musi być odpowiednio wzmocniona. Znane są również rozwiązania konstrukcyjne obudów wyposażonych w zespół pomp próżniowych, zapewniających próżnię rzędu 10⁻²-10⁻⁴ Pa.

W razie konieczności użycia szczególnie wrażliwych zespołów elektronicznych, pracujących w ciężkich warunkach otoczenia, stosowane są obudowy wyposażone w urządzenia klimatyzacyjne. Najnowszym istotnym wymaganiem stawianym producentom obudów jest wykonywanie ich z materiałów nadających się do ponownego przetworzenia (recycling).

Pokrywa obudowy wykonana jest z reguły z tego samego materiału co korpus obudowy, ale spotykane są też przezroczyste pokrywy umożliwiające obserwację np. przyrządów pomiarowych, znajdujących się wewnątrz obudowy. W zależności od pełnionej funkcji, pokrywa może być uchylna, na zawiasach lub mocowana do korpusu za pomocą śrub lub zapinek itp. Występują również pokrywy stanowiące integralną część klawiatury membranowej.

Uszczelka jest niewralgicznym elementem w konstrukcji obudowy. Miejszem nieszczelności jest z reguły styk uszczelki z korpusem lub pokrywą. Najczęściej spotykanymi typami uszczelki są miękkie, gąbczaste uszczelki o kołowym przekroju, bez podparcia na bokach lub twardsze, umieszczone w rowkach w kształcie litery U, gdzie dociskająca pokrywa tak odkształca uszczelkę, że styk występuje w czterech miejscach jej przekroju.

System uszczelnienia powinien być tak zaprojektowany, aby śruby mocujące pokrywę do korpusu znajdowały się na zewnątrz uszczelki, dzięki czemu unika się uszczelnienia gwintu śruby mocującej pokrywę. W obudowach o niższym stopniu ochrony, np. IP22, gdzie uszczelka ma uproszczoną konstrukcję, istotne jest odpowiednie wygięcie krawędzi korpusu i obudowy tak, aby zapobiec zbieraniu się ściekających kropli wody na uszczelce. Najczęściej stosowanym materiałem na uszczelki jest gąbczasty poliuretan, chloropren lub w przypadku wysokich temperatur - silikon. Do ochrony przed polem elektromagnetycznym materiał uszczelki musi wykazywać odpowiednie własności tłumiące.

Przepusty stanowią element konstrukcyjny obudowy służący do wyprowadzenia na zewnątrz przewodów elektrycznych lub gazowych. Są one potencjalnym źródłem nieszczelności i często decydują o osiągniętych stopniach IP. Przepusty wykonane z tworzywa sztucznego z elementami uszczelniającymi, wykonanymi z neoprenu, charakteryzują się, w zależności od wykonania, stopniem ochrony IP65 do IP68, natomiast wykonane z brązu mają stopień ochrony co najmniej IP68, ale są znacznie kosztowniejsze. Niezależnie od jakości przepustu należy dążyć do takiego jego usytuowania względem obudowy (z dołu lub z boku), aby zbierająca się wilgoć lub woda nie miała możliwości zbierania się w szczelinie między przewodem, a korpusem przepustu.

System mocowania urządzeń elektrycznych wewnątrz obudowy charakteryzuje się wielką różnorodnością rozwiązań konstrukcyjnych począwszy od najbardziej uniwersalnych, jakimi są przesuwne szyny, do bardzo wyrafinowanych konstrukcji zapewniających amortyzację drgań (jeżeli występują), a tym samym zmniejszających obciążenia dynamiczne aparatury znajdującej się wewnątrz obudowy.

Badania obudów

Przed przystąpieniem do badań należy ustalić na podstawie norm przedmiotowych:

- liczbę próbek do badań,
- warunki montażu i usytuowania próbek podczas badań,
- rodzaj stabilizowania wstępnego (jeżeli jest potrzebne) w warunkach badań,
- czy urządzenie ma być badane pod napięciem czy bez,
- czy ruchome części podczas badań mają być w ruchu czy nie,
- inne warunki, jakie muszą być spełnione podczas badań (np. czy badamy pustą obudowę).

Podczas badania stopnia ochrony przed dostępem do części niebezpiecznych, te niebezpieczne części, które są pokryte folią lub farbą, albo zabezpieczone przez utlenianie itp., powinny być pokryte folią metalową elektrycznie połączoną z tymi częściami, które są pod napięciem w czasie normalnej pracy. Jeżeli badanie kompletnej obudowy nie jest możliwe, powinno się zastosować jedną z możliwych procedur, a mianowicie:

- badanie z osobna zamkniętych części obudowy,
- badania reprezentatywnych części obudowy zawierających takie elementy, jak drzwi, otwory wentylacyjne, połączenia, uszczelnienia wałów itd. w swoim normalnym położeniu w czasie próby,
- badania mniejszych obudów zawierających te same detale konstrukcyjne co obudowy rzeczywiste.

Badania stopni ochrony (zapewnianych przez obudowy) oznaczonych pierwszą cyfrą charakterystyczną i dodatkową literą

Do tych badań wykorzystywane są próbniki dostępu i próbniki przedmiotowe podane w [tab. 2](#) i [3](#). Próbniki dostępu służą do badania zapewnianej przez obudowy ochrony człowieka przed dostępem do części niebezpiecznych, znajdujących się w obudowie urządzenia. Próbniki przedmiotowe służą do badania zapewnianej przez obudowy ochrony urządzenia zamkniętego w obudowie przed dostępem obcych ciał stałych. Są one podstawowym wyposażeniem probierczym niezbędnym do badania stopnia ochrony zapewnianej przez obudowy urządzeń elektrycznych.

Tabela 2

WYKAZ PRÓBNIKÓW DOSTĘPU DO BADAŃ STOPNI OCHRONY ZAPEWNIANYCH PRZEZ OBUDOWY WG PN-92/E-08106

Przeznaczenie	Opis próbника
Badanie zgodności z pierwszą cyfrą charakterystyczną 1 oraz literą A. Symulacja dostępu wierzchem dłoni do części niebezpiecznych	Sztywna kula o średnicy $50^{+0,05}$ z rękojeścią oraz tarczą o średnicy 45 mm
Badanie zgodności z pierwszą cyfrą charakterystyczną 2 oraz literą B. Symulacja dostępu palcem do części niebezpiecznych	Przegubowy palec probierczy o średnicy 12 mm
Badanie zgodności z pierwszą cyfrą charakterystyczną 3 oraz literą C. Symulacja dostępu narzędziem do części niebezpiecznych	Sztywny pręt stalowy o średnicy $2,5^{+0,05}$ mm i długości $100 \pm 0,2$ mm z kulistą powierzchnią ograniczającą o średnicy $35 \pm 0,2$ mm
Badanie zgodności z pierwszą cyfrą charakterystyczną 4, 5, 6 oraz literą D. Symulacja dostępu drutem do części niebezpiecznych	Sztywny pręt stalowy o średnicy $1,0^{+0,05}$ mm i długości $100 \pm 0,2$ mm z kulistą powierzchnią ograniczającą o średnicy $35 \pm 0,2$ mm

Tabela 3

WYKAZ PRZEDMIOTOWYCH URZĄDZEŃ PROBIERCZYCH DO BADAŃ STOPNI OCHRONY ZAPEWNIANYCH PRZEZ OBUDOWY WG PN-92/E-08106

Badanie zgodności z pierwszą cyfrą charakterystyczną 1. Symulacja dostępu ciał obcych o średnicy 50 mm i większej do wnętrza obudowy	Sztywna kula bez rękojeści lub tarczy o średnicy $50^{+0,05}$ mm
Badanie zgodności z pierwszą cyfrą charakterystyczną 2. Symulacja dostępu ciał obcych o średnicy 12,5 mm i większej do wnętrza obudowy	Sztywna kula bez rękojeści lub tarczy o średnicy $12,5^{+0,05}$ mm.
Badanie zgodności z pierwszą cyfrą charakterystyczną 3. Symulacja dostępu ciał obcych o średnicy 2,5 mm i większej do wnętrza obudowy	Sztywny pręt stalowy o średnicy $2,5^{+0,05}$ mm
Badanie zgodności z pierwszą cyfrą charakterystyczną 4. Symulacja dostępu ciał obcych o średnicy 1,0 mm i większej do wnętrza obudowy	Sztywny pręt stalowy o średnicy $2,5^{+0,05}$ mm
Badanie zgodności z pierwszą cyfrą charakterystyczną 5. Badanie ochrony przed pyłem	Komora pyłowa (może być badanie z podciśnieniem lub bez w sprawdzanej obudowie)
Badanie zgodności z pierwszą cyfrą charakterystyczną 6. Badanie pyłoszczelności	Komora pyłowa (badanie z podciśnieniem w sprawdzanej obudowie)

Badania stopni ochrony (zapewnianych przez obudowy) oznaczonych drugą cyfrą charakterystyczną.

Badania te, służące do oznaczania stopnia odporności obudowy przed wnikaniem wody do jej wnętrza, prowadzi się czterema metodami:

- natrysk obudowy kroplami deszczu - badanie na cyfry 1 i 2,
- natrysk obudowy rozbryzgami wody - badanie na cyfry 3 i 4,
- natrysk strugą wody - badanie na cyfry 5 i 6 oraz
- całkowite zanurzenie w wodzie - badanie na cyfrę 7 i 8.

W danej metodzie używane są te same urządzenia lecz intensywność natrysku wody jest inna. W [tab. 4](#) zestawiono metody badawcze stosowane do oznaczania stopnia ochrony obudowy.

Tabela 4

STOPNIE OCHRONY PRZED WODĄ OZNACZONE DRUGĄ CHARAKTERYSTYCZNĄ CYFRĄ WGPN-92/E-08106

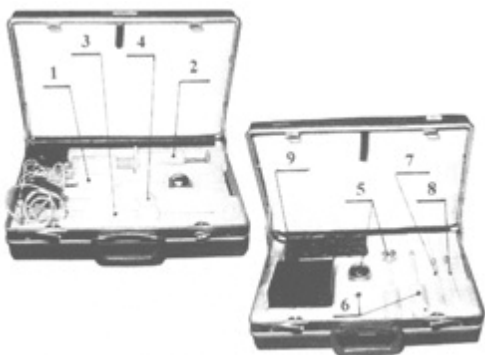
Druga charakterystyczna cyfra	Metoda
1	Pionowo spadające krople, badana obudowa ustawiona w pozycji pracy
2	Pionowo spadające krople, badana obudowa odchylona o 15° od pionu. Badanie w czterech pozycjach co 90°
3	Natrysk półpierzścieniem poruszającym się ruchem oscylacyjnym, kąt natrysku $\pm 60^\circ$ od pionu. Obudowa obraca się wokół osi pionowej
4	Natrysk półpierzścieniem poruszającym się ruchem oscylacyjnym, kąt natrysku $\pm 180^\circ$ od pionu. Obudowa obraca się wokół osi pionowej
5	Natrysk obudowy strugą wody ze wszystkich stron; wydatek 12,5 l/min
6	Natrysk obudowy strugą wody ze wszystkich stron; wydatek 100 l/min
7	Całkowite zanurzenie w znormalizowanych warunkach
8	Całkowite zanurzenie w warunkach uzgodnionych między wytwórcą a klientem

STANOWISKA BADAWCZE DO SPRAWDZANIA STOPNI OCHRONY ZAPEWNIANYCH PRZEZ OBUDOWY

W Centralnym Instytucie Ochrony Pracy znajdują się stanowiska badawcze umożliwiające przeprowadzenie prób (na pierwszą i drugą charakterystyczną cyfrę i dodatkową literę) obudów aparatów elektrycznych o wymiarach 800x800x800 mm i masie do 30 kg (w szczególnych przypadkach możliwe jest badanie obudów o większych parametrach).

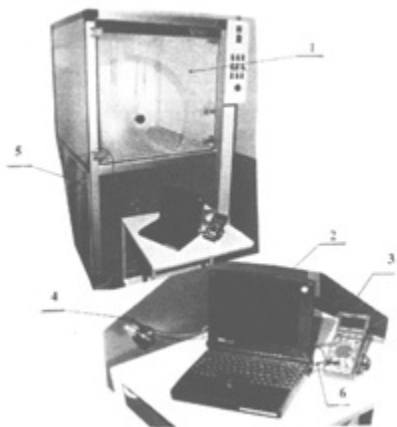
Badania na pierwszą charakterystyczną cyfrę zapewniają:

- zestaw próbników dostępu (przedstawionych na [fot.1](#)) umożliwiających badanie na pierwszą charakterystyczną cyfrę 1-6,
- zestaw próbników przedmiotowych umożliwiających badanie na pierwszą charakterystyczną cyfrę 1-4 przedstawionych na [fot.1](#) oraz
- komora pyłowa ([fot.2](#)) będąca próbnikiem przedmiotowym do badania na pierwszą charakterystyczną cyfrę 5 i 6.



Fot. 1. Zestaw próbników dostępu (do badań na pierwszą charakterystyczną cyfrę 1-6) i przedmiotowych (do badań na pierwszą cyfrę charakterystyczną 1-4) wraz z oprzyrządowaniem: 1 - próbnik dostępu - sztywna kula z rękojeścią oraz tarczą, 2 - próbnik dostępu - przegubowy palec probierczy, 3 - próbnik dostępu - sztywny pręt stalowy o średnicy $2,5^{+0,05}$ mm i z kulistą powierzchnią ograniczającą, 4 - próbnik dostępu - sztywny pręt stalowy o średnicy $1,0^{+0,05}$ mm z kulistą powierzchnią ograniczającą, 5 - próbnik przedmiotowy - sztywna kula o średnicy $50^{+0,05}$ mm wraz z osobnym urządzeniem dociskowym; 6 - próbnik przedmiotowy - sztywna kula o średnicy $12,5^{+0,02}$ mm wraz z osobnym urządzeniem dociskowym, 7 - próbnik przedmiotowy - sztywny pręt stalowy o średnicy $1,0^{+0,05}$ mm, 8 - próbnik przedmiotowy - sztywny pręt stalowy o średnicy $2,5^{+0,05}$ mm; 9 - sygnalizator styku z częściami niebezpiecznymi

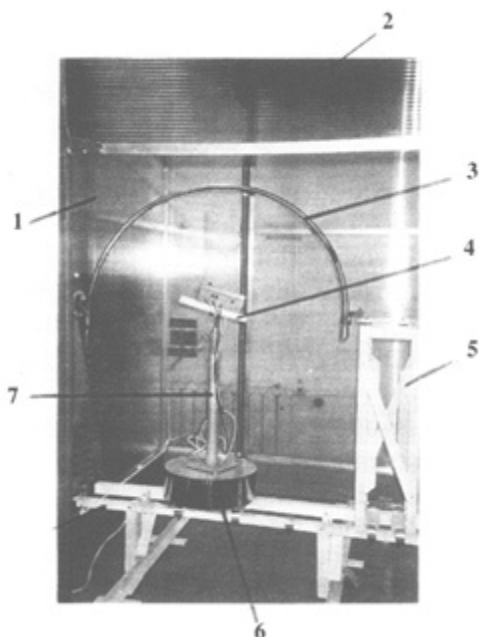
mm, 8 - próbnik przedmiotowy - sztywny pręt stalowy o średnicy $2,5^{+0,05}$ mm; 9 - sygnalizator styku z częściami niebezpiecznymi



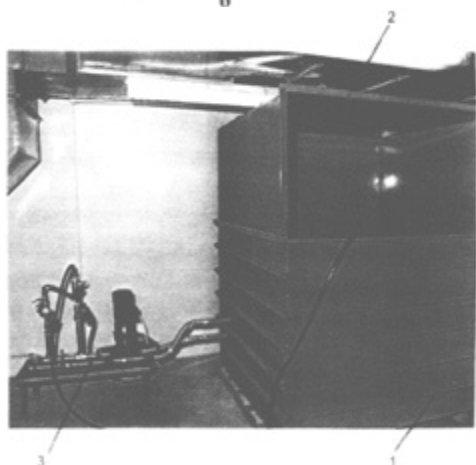
Fot. 2. Stanowisko komory pyłowej używanej do badań na pierwszą charakterystyczną cyfrę 5 i 6: 1 - komora pyłowa, 2 - komputer (PC), 3 - multimetr z wyjściem na PC, 4 - przewód łączący multimetr z układem rejestrującym przebieg badania urządzenia w komorze pyłowej, 5 - gniazdo do połączenia z układem rejestrującym przebieg badania urządzenia w komorze pyłowej, 6 - przewód łączący multimetr z komputerem

Próbniki dostępu podczas badań są łączone w obwód elektryczny zasilany bezpiecznym napięciem z sygnalizatorem styku z częścią niebezpieczną (9 - fot. 1).

Do oznaczania drugiej charakterystycznej cyfry zbudowano dwa stanowiska. Pierwsze przedstawione na fot. 3, na którym badane są obudowy na drugą cyfrę 1 - 4, wyposażone w deszczownicę i poruszający się ruchem oscylacyjnym półpierścień do symulowania rozbryzgów wody. Na drugim stanowisku (fot. 4) realizowane są badania stopni ochrony zapewnianych przez obudowy oznaczone drugą cyfrą charakterystyczną 5 - 8, poprzez natrysk strugą wody o różnym natężeniu lub całkowite zanurzenie obudowy w wodzie.



Fot. 3. Stanowisko badawcze używane do badań na drugą charakterystyczną cyfrę I-4: 1 - obudowa stanowiska, 2 - deszczownica (badanie na cyfrę I i 2), 3 - półpierścień (badanie na cyfrę 3 i 4), 4 - podstawa, 5 - podstawa półpierścienia, 6 - napęd stolika obrotowego, 7 - podstawa do mocowania próbki



Fot. 4. Widok stanowiska: 1 - zbiornik, 2 - osłona przeciwrozbryzgowa, 3 - agregat wodny

Badania na stanowiskach przeprowadza się bez zasilania badanego urządzenia prądem elektrycznym, chociaż na stanowisku komory pyłowej istnieje możliwość badania urządzenia podłączonego do zasilania.

Analiza wyników prób

Obudowy spełniają stopień ochrony określony pierwszą cyfrą charakterystyczną 1 - 6 oraz dodatkową literą A - D, jeżeli spełniają wymagania określone w [tab. 5](#), [6](#).

Tabela 5

KRYTERIA OKREŚLAJĄCE STOPIEŃ OCHRONY OBUDOWY OZNACZONEGO PIERWSZĄ CHARAKTERYSTYCZNĄ CYFRĄ WG PN-92/E-08106

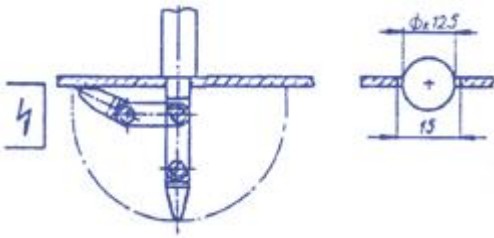
Pierwsza charakterystyczna cyfra	Badania stopni ochrony zapewnianych przez obudowy przed:	
	dostępem do części niebezpiecznych	obcymi ciałami stałymi
0	Próby nie są wymagane	Próby nie są wymagane
1	Kula o średnicy 50 mm nie może wejść całkowicie i powinny być zachowane odpowiednie odstępy pomiędzy próbnikiem a częścią niebezpieczną	
2	Palec probierczy przegubowy może wchodzić aż do 80 mm swojej długości, lecz powinny być zachowane odpowiednie odstępy między próbnikiem dostępu i częścią niebezpieczną	Kula o średnicy 12,5 mm nie może wchodzić do otworów w obudowie
3	Pręt probierczy o średnicy 2,5 mm nie może wchodzić i powinny być zachowane odpowiednie odstępy między próbnikiem dostępu i częścią niebezpieczną	
4	Drut probierczy o średnicy 1 mm nie może wchodzić i powinny być zachowane odpowiednie odstępy między próbnikiem dostępu i częścią niebezpieczną	
5	Drut probierczy o średnicy 1 mm nie może wchodzić i powinny być zachowane odpowiednie odstępy między próbnikiem dostępu i częścią niebezpieczną	Obudowa zapewnia ochronę przed pyłem. Przedostawanie się pyłu nie jest całkowicie wykluczone, ale w ilościach nie zakłócających funkcjonowania urządzenia oraz zmniejszających bezpieczeństwo
6	Drut probierczy o średnicy 1 mm nie może wchodzić i powinny być zachowane odpowiednie odstępy między próbnikiem dostępu i częścią niebezpieczną	Obudowa całkowicie uniemożliwia wnikanie pyłów

Tabela 6

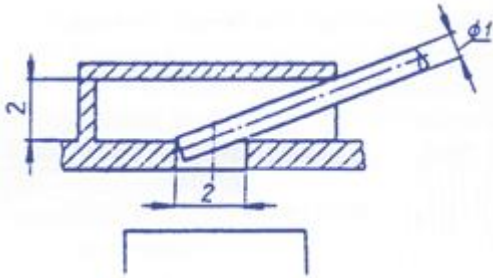
KRYTERIA OKREŚLAJĄCE STOPIEŃ OCHRONY ZAPEWNIANY PRZEZ OBUDOWY OZNACZONY DODATKOWĄ LITERĄ WG PN-92/E-08106

Dodatkowa litera	Badania ochrony obudowy
A	Próbnik dostępu, kula o średnicy 50 mm powinna zachować odpowiedni odstęp od części niebezpiecznych
B	Próbnik dostępu, przegubowy palec probierczy o średnicy 12 mm i długości 80 mm powinien zachować odpowiedni odstęp od części niebezpiecznych
C	Próbnik dostępu, pręt o średnicy 2,5 mm i długości 100 mm ma zachować odpowiedni odstęp od części niebezpiecznych
D	Próbnik dostępu, pręt o średnicy 1,0 mm i długości 100 mm ma zachować odpowiedni odstęp od części niebezpiecznych

Przykłady określania stopni ochrony oznaczonych pierwszą charakterystyczną cyfrą i dodatkową literą podano na rysunkach [2](#), [3](#).



Rys. 2. Przykład stopnia ochrony zapewnianej przez obudowę oznaczonego 1XB



Rys. 3. Przykład stopnia ochrony zapewnianej przez obudowę oznaczonego 3XD

Dla przypadku przedstawionego na [rys. 2](#) próbnik dostępu - „palec probierczy” nie ma możliwości dotknięcia do części niebezpiecznych, ale otwór w obudowie jest większy niż 12,5 mm, przez co próbnik przedmiotowy - kula o średnicy 12,5 mm - może całkowicie wejść do wnętrza obudowy. Obudowa zapewnia więc tylko stopień ochrony oznaczony pierwszą charakterystyczną cyfrą 1. Ponieważ „palec probierczy” nie dotyka części niebezpiecznej, obudowa zapewnia również stopień ochrony oznaczony dodatkową literą uzupełniającą B.

Dla przypadku przedstawionego na [rysunku 3](#) próbnik dostępu - pręt probierczy o średnicy 1 mm - nie ma możliwości dotknięcia do części niebezpiecznych, ale otwór w obudowie ma średnicę 2 mm, przez co jest zapewniona tylko ochrona przed wniknięciem do obudowy obcych ciał stałych o średnicy 2,5 mm lub większej. Obudowa zapewnia więc stopień ochrony oznaczony pierwszą charakterystyczną cyfrą 3. Ponieważ próbnik dostępu, pręt probierczy o średnicy 1 mm, nie dotyka części niebezpiecznej, obudowa zapewnia również ochronę oznaczoną dodatkową literą uzupełniającą D.

Po próbach na drugą charakterystyczną cyfrę należy obejrzeć wnętrze obudowy i stwierdzić, czy woda wniknęła, a jeżeli tak, to należy oszacować jej ilość i miejsce zbierania się. Jeżeli odpowiednia norma przedmiotowa nie określa miejsca, gdzie może zbierać się woda, należy zwrócić szczególną uwagę na to, aby przenikająca do wnętrza woda:

- nie zwilżała części izolacyjnych, gdzie mogłyby tworzyć się ścieżki w odstępach izolacyjnych powierzchniowych,
- nie dostała się do części albo uzwojeń, które nie są przewidziane do pracy w stanie wilgotnym,
- nie zbierała się w pobliżu końcówek przewodów,
- nie przeniknęła do wnętrza przewodów i generalnie nie mogła zakłócać prawidłowej pracy urządzenia lub zmniejszać bezpieczeństwa.

Wymagania dotyczące stopni ochrony urządzeń elektrycznych

Deklarowany przez producenta stopień ochrony powinien być zgodny z obowiązującymi dla danego urządzenia normami lub wynikać z doświadczenia z eksploatacji. Na przykład norma PN- EN 60204-1:1992 [\[2\]](#) wymaga określenia przez producenta stopni ochrony obudowy urządzeń elektrycznych. Ochrona zapewniana przez obudowy zaliczona została do ochrony podstawowej. Określa ona również wymagania dotyczące stopni ochrony obudowy dla różnego wyposażenia elektrycznego. Niektóre z tych wymagań przedstawiono w [tab. 7](#)

Tabela 7

STOPNIE OCHRONY ZAPEWNIANE PRZEZ OBUDOWY DLA RÓŻNYCH URZĄDZEŃ ELEKTRYCZNYCH WG WYMAGAŃ PN-EN 60204-1:1992 [2]

Typ urządzenia elektrycznego	Minimalny stopień ochrony obudowy
Sterujące urządzenie elektroniczne	IP54
Sterujące urządzenie elektroniczne umieszczone w miejscu czyszczonym strumieniem wody	IP66
Obudowy urządzeń elektronicznych z perforacją wentylacyjną zawierające rezystory startujące lub dynamicznie hamujące silniki	IP22
Obudowy urządzeń elektronicznych z perforacją wentylacyjną osłaniające silniki	IP22
Obudowy urządzeń elektronicznych z perforacją wentylacyjną zawierające inne wyposażenie	IP33
Urządzenie elektryczne, którego górna powierzchnia obudowy jest łatwo dostępna	IP4X lub IPXXD

Ze względów funkcjonalnych nie można dowolnie dobierać kombinacji pierwszej i drugiej charakterystycznej liczby. W [tab. 8](#) przytoczono przykładowo wg [\[4\]](#) zalecane kombinacje tych cyfr dla urządzeń elektroenergetycznych.

Tabela 8

ZALECANE TYPY OBUDÓW URZĄDZEŃ ELEKTROENERGETYCZNYCH WG [\[4\]](#)

Pierwsza liczba wg kodu IP	Druga liczba wg kodu IP								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	IP00	IP01	-	-	-	-	-	-	-
1	IP10	IP11	IP12	-	-	-	-	-	-
2	IP20	IP21	IP22	IP23	-	-	-	-	-
3	IP30	IP31	IP32	IP33	IP34	-	-	-	-
4	IP40	IP41	IP42	IP43	IP44	-	-	-	-
5	IP50	-	-	-	IP54	IP55	IP56	IP57	IP58
6	IP60	-	-	-	-	IP65	IP66	IP67	IP68

* * *

Realizacja Strategicznego Programu Rządowego umożliwiła zbudowanie w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy stanowisk i wdrożenie procedur badawczych do określenia stopnia ochrony obudów urządzeń elektrycznych. Procedury te włączono do systemu zapewnienia jakości badań Instytutu i zgłoszono do PCBC w celu uzyskania akredytacji potwierdzającej kompetencje i pozwalającej na pełne uznawanie wyników badań.

PIŚMIENNICTWO

[1] PN-E-08106 *Stopnie ochrony zapewniane przez obudowy (Kod IP)*

[2] PN-EN-60204-1:1992 *Bezpieczeństwo maszyn. Wyposażenie elektryczne maszyn. Wymagania ogólne.*

[3] Gilewicz A., Gilewicz M.: *BHP przy obsłudze urządzeń elektrycznych.* Izba Projektowania Budowlanego, Warszawa 1996

[4] Markiewicz H., Wołkowiński K.: *Urządzenia elektroenergetyczne.* WNT, Warszawa 1985

[5] *Poradnik elektryka.* Praca zbiorowa WSz i P, Warszawa 1995