

Część II

Materiały izolacyjne zabronione i zalecane

Isolację roboczą traktuje się jak metal z punktu widzenia niebezpieczeństwa porażenia elektrycznego i dlatego może ona być wykonana z dowolnego materiału elektroizolacyjnego, pod warunkiem, że zapewni on wymaganą trwałość i jakość funkcjonalną, oraz: nie jest łatwopalny, nie wydziela substancji szkodliwych dla zdrowia, np. po nagrzaniu, jest dostatecznie odporny cieplnie, mechanicznie i chemicznie w przewidzianych dla urządzenia warunkach środowiskowych.

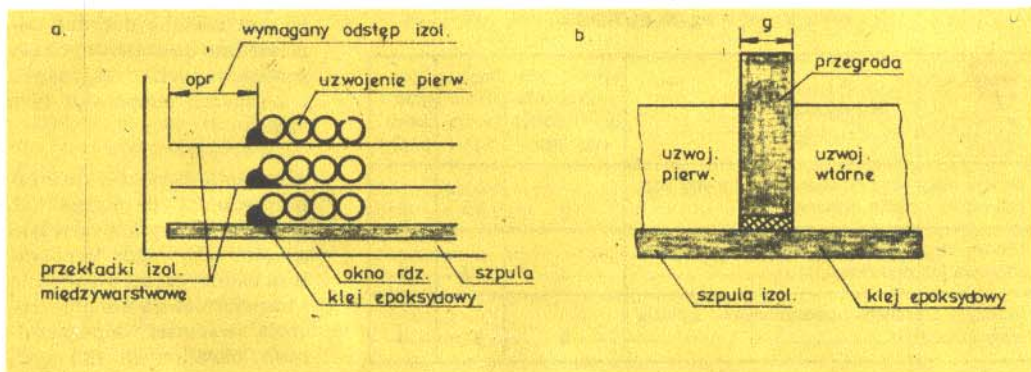
Isolacją, która zabezpiecza przed porażeniem elektrycznym jest izolacja podwójna lub wzmocniona. Inaczej mówiąc – każda część dostępna dla dotyku powinna być odizolowana od części niebezpiecznej przy dotyku izolacją podwójną lub wzmocnioną. Izolacje te mogą się składać z warstw powietrza i materiałów stałych. Lista tych materiałów, np. w PN-81/T-06250 liczy kilkadziesiąt pozycji. Ze względu jednak na konieczność zapewnienia maksymalnego bezpieczeństwa zawężymy ją:

1. Materiały, których nie traktuje się jako izolacji:

- wszystkie materiały porowate i łatwo zwilżalne wodą jak: papier (łącznie z papierem nawojowym, kablowym, teletechnicznym i bibułką kondensatorową, nawet nasyconą olejem), wszystkie odmiany preszpanu, fibra, tektura; taśmy, płótna i koszulki tekstylne surowe (tj. nie nasycone żywicą) nawet z włókna szklanego; drewno i wszelkie jego odmiany, jak np. sklejka, fornir, lignofol; azbest i jego odmiany; ebonit;
- wszystkie folie i tworzywa sztuczne, o których nie wiemy na pewno, że są wyprodukowane i zaatestowane jako materiał izolacyjny, jak np. folie z torebek, opakowań, obrusów, serwetek, butelki, naczynia i inny sprzęt gospodarstwa domowego; koszulki i rurki, o których nie wiemy na pewno, że są wykonane z PCW; rurki z PCW narażone na zgniot; guma; strona lepząca taśmy lepzącej; taśma lepząca wi-skolex;
- wszelkiego rodzaju ceratki, jak np. olejno-bawełniane, szklane i koszulki z tego samego materiału, nawet nasycone żywicą, ponieważ, ze na ostrych zagięciach pękają;
- wszelkiego rodzaju kleje i żywice poza chemoutwardzalnym klejem epoksydowym. Zwracamy uwagę, że nie istnieje żaden taki klej ani żywica, która przykleiłaby się do czegokolwiek na całej powierzchni. Zawsze bowiem wystąpią, np. na styku kleju lub żywicy i korpusu lub folii mikroszczeliny, obojętne ze względów mecha-

Tabela II. Dopuszczalne temperatury wybranych części urządzeń w st. Celsjusza

Część urządzenia	Normalne warunki pracy	Stan uszkodzenia
Uzwojenia z przewodów w emalii – DNE 130 I – DNE 155	120 140	145 170
Rdzenie transformatorów	Jak dla części stykających się z rdzeniami	
Przewody w rurkach z PCW nie narażone na zgniot	80	85
Płyty: szkło-epoksyd, szkło-fenol, szkło-melamina, bawełna-fenol, papier-fenol	120 105	185 135
Folia estrofol	120	135
Wypraski z poliamidu	140	150
Obudowy transformatorów – metalowe – z innych materiałów	65 85	70 85
Zaciski	85	–
Wnętrza obudów – drewnianych – polistyrenowych – poliamidowych	95 70 140	125 80 150



Rys. 4. Przykład zastosowania żywicy: a) poprawne – żywica zapobiega rozsuwaniu się zwojów, b) zabezpieczenie przegrody przed przesuwaniem się. Rozwiązanie to jest dopuszczalne tylko wtedy, gdy grubość przegrody g jest nie mniejsza od dopuszczalnej minimalnej odległości po powierzchni, pomiędzy uzwojeniem pierwotnym a uzwojeniem wtórnym, wymaganej przez normę dla izolacji wzmocnionej

nicznych, lecz pogarszające izolację. Poza tym zawsze trzeba się liczyć z bąblami gazu wewnątrz utwardzonego kleju. Z tych powodów, nawet dopuszczoną do stosowania żywicę, należy traktować jak powietrze (rys. 4);

- wszystkie materiały stanowiące część transformatora rozebranego, oprócz korpusu opisanego w p.2;

- wszystkie powłoki malarskie (lakiery, emalie, żywice) nałożone na części traktowane jako metal, a także warstwa tworzywa na blasze laminowanej tworzywem; wszystkie powłoki powstałe w wyniku impregnacji próżniowej czy bezpróżniowej Epidianem 5, izofenolakiem, SPS-em, szelakiem itp.; tzw. zalewanie dowolną żywicą;

- nałożona na siebie dowolna liczba warstw ponacianej folii izolacyjnej; izolowanie taśmą na zakładkę mniejszą niż dopuszczalna minimalna odległość po powierzchni wymagana przez normy;

- nie pokryta folią strona izolacji żłobkowej (teresz-

pan, materiał giętki) jednostronnie foliowanej oraz część wewnętrzna izolacji żłobkowej dwustronnie foliowanej; folia na izolacji żłobkowej nacięta lub po-

rysowana, np. na ostrym zagięciu;

- pozostałe materiały nie wymienione w p.2.

2. Materiały dopuszczone do zastosowania:

Tabela III. Odległości po izolacji, odstępy izolacyjne, wytrzymałość elektryczna i oporność izolacji. Napięcie zasilania urządzenia – 220 V

III.a) Zespoły prostownikowe bezpieczne klasy izolacji II – wg PN-74/E-06074 i KG-584/BBJ - 5806

Nazwa izolacji	Minimalna odległość po izolacji i odstęp izol. [mm]	Napięcie próbiercze [kVsk]	Oporność izolacji [$M \Omega$]
Między częściami pod napięciem o różnej biegunowości			
- w obwodzie zasilania	7	2	-
- w obw. prądu wyprostowanego	2	1	-
Między obw. zasil. a obw. prądu wypr.	10 w pow. 14 po pow.	4	5
Między metalową obudową i rdzeniem a częściami pod napięciem ²⁾			
- obwodu zasilania	7	4,5	2
- obwodu prądu wypr.	5	2	2
Między rdzeniem transf. a metalową obudową (izolacja dodatkowa) ²⁾	6	2,5	-
Między zaciskami do połączeń zewn.			
- obwodu zasilania	10	2	-
- obwodu prądu wyprost.	8	1	-
Między częściami metalowymi oddzielonymi za pomocą izolacji dodatk.	6	2,5	-

1) W temp. $25 \pm 5^\circ C$ i wilgotności względnej $90 \pm 5\%$.

2) Rdzeń powinien być niedostępny dla dotyku (wymaganie dodatkowe placówek naukowo-badawczych).

III.b) Elektroniczny sprzęt powszechnego użytku (łącznie z transformatorami zasilającymi) – wg PN-81/T-06250

Nazwa izolacji	Minim. odległość po izolacji i odstęp izol. [mm]	Napięcie próbiercze [kVsk]	Oporność izolacji [$M\Omega$]
Między biegunami obwodu połączonymi bezpośrednio z siecią zasilania	3	1,5	2
Między częściami oddzielonymi izolacją podstawową lub dodatkową ²⁾	3	1,5	2
Między częściami oddzielonymi izolacją wzmacnioną ³⁾	6	3	4

¹⁾ W temp. 30+0–2°C i wilgotności względnej 91–95%

²⁾ Np. między częściami dostępnymi dla dotyku a rdzeniem transformatora, pomiędzy którym a siecią zasilania jest izolacja podstawowa (rys. 3a)

³⁾ Np. między częściami dostępnymi dla dotyku a siecią zasilania (rys. 3c)

- rurki (węże, koszulki) z polichlorku winylu (PCW) grubości ścianek co najmniej 0,4 mm, nie narażone na zgniot;
- folia politereftalanoetylenowa (estrofol) lecz tylko o gatunku ET, EK i ETS. Gatunek M nie jest izolacją;
- płyty warstwowe epoksydowe, melaminowe i fenolowe (tekstolit, turbaks) z nośnikiem papierowym, bawełnianym lub szklanym;
- nowe korpusy wytłaczane z tworzyw termoplastycznych z gwarancją jakościową. (Sklep firmowy ZTR „ZATRA” sprzedaje czasem korpusy-wypraski, lecz bez gwarancji jakościowej);
- korpusy wytłaczane z tworzyw termoplastycznych pochodzące z rozbiórki transformatora wykonanego fabrycznie pod warunkiem, że transformator nie był impregnowany, izolacja na przewodach nie była spalona, a sam korpus nie jest uszkodzony mechanicznie, chemicznie lub cieplnie;

- pokryta folią strona izolacji żłobkowej (tereszpan, materiał giętki) pod warunkiem, że folia ta nie jest nacięta lub porysowana, np. na ostatniej krawędzi zagięcia;

- inne materiały wyprodukowane i zaatestowane jako materiały elektroizolacyjne, poza wymienionymi w p.1, lecz dopiero po ich zaakceptowaniu przez autentycznego i kompetentnego specjalistę.

Nagrzewanie się urządzenia

Normy wymagają, aby rzeczywista temperatura izolacji i innych części urządzenia nie przekroczyła wartości dopuszczalnych zarówno w czasie normalnych warunków pracy urządzenia, jak i w tzw. stanie uszkodzenia. Przyjmuje się bowiem, że przekroczenie tych temperatur albo zniszczy izolację, albo trwale, czy chwilowo na tyle ją osłabi, że przestanie ona zapewniać bezpieczeństwo użytkownika.

Wynikają z tego dwie możliwości:
- materiały na izolację i inne

części urządzenia i transformatora zostaną dobrane odpowiednio do obliczonych czy spodziewanych (zgodnych z normami) temperatur tych części,

- urządzenie wyposażony się w zabezpieczenia termiczne lub będzie się je użytkować w taki sposób, żeby nigdy temperatura żadnej części urządzenia i transformatora nie przekroczyła wartości dopuszczalnych określonych dla tych części przez normy.

Poza tym normy ograniczają także temperaturę obudów, aby uniknąć szoku cieplnego przy ich dotykaniu.

Spisy tych danych w normach liczą po kilkadziesiąt pozycji. Ograniczymy się tylko do pozycji wybranych, jak w tabeli II.

Jeżeli podzespół złożony jest z różnych części ze sobą ściśle złożonych, to wówczas przyjmujemy jako dopuszczalną – temperaturę najmniejszą.

Jeżeli np. korpus jest wtryskiwany z poliamidu, uzwojenia z drutu DNE 130 l, izolacja międzyuzwojeniowa z estrofolu, a wyprowadzenia uzwojenia pierwotnego – w rurkach PCW stykających się z uzwojeniem i rdzeniem, to nie może mieć temperatur wyższych od 80 i 85°C ani uzwojenie, ani rdzeń, ani korpus.

Stan uszkodzenia jest to taki stan urządzenia, kiedy „dodatkowo do normalnych warunków pracy” dochodzą kolejno rozmaite znormalizowane „warunki pracy wraz z wynikającymi z nich logicznymi następstwami powstającymi samoistnie” (cytat z PN-81/T-06250). Przykładowo jest to przerwanie sztucznego chłodzenia, zahamowanie silnika w magnetofonie, zwarcie kondensatorów elektrolitycznych, zwarcie elementów półprzewodnikowych itp.

**Odstępy izolacyjne,
wytrzymałość elektryczna
i oporność izolacji**

Izolacje stosowane w urządzeniu powinny spełniać (**RÓWNO-CZEŚNIE!**) wymagania na odległości po izolacji, i odstępy izolacyjne, i wytrzymałość elektryczną – oporność zgodnie z tabelą IIIa, b lub c (zastosowano w zdaniu świadomie łącznik „i” aby podkreślić, że mamy do czynienia z iloczynem logicznym). To wymaganie bywa często „interpretowane” na różne sposoby.

Oświadczamy zatem co następuje:

- nie ma żadnych, ani technicznych, ani logicznie uzasadnionych zależności pomiędzy odstępami izolacyjnymi i napięciami probierczymi i opornościami izolacji wymaganymi przez normy,
- wartości te nie nadają się ani do interpretacji, ani do dyskusji,
- nie może być mowy o żadnych odstępstwach od tych wymagań,

III. c) Transformatory do zabawek i dzwonek – wg PN-75/E-08105

Nazwa izolacji	Min. odległość po izolacji i odstęp izol. [mm]	Napięcie probiercze [kVsk]	Oporność izolacji [MΩ] ¹⁾
Między obwodem pierwotnym a częściami dostępnymi dla dotyku	14	4,5	7
Między obwodem pierwotnym a wtórnym	14	4	5
Między obwodem wtórnym a dowolną częścią metalową	5	2	2
Między zaciskami (po odłączeniu uzwojeń): - strony pierwotnej - strony wtórnej	10 8	2 0,5	- -
Między częściami pod napięciem różnej biegunowości: - po stronie pierwotnej - po stronie wtórnej	7 5	- -	- -

1) W temp. 25 + 5°C i wilgotności względnej 93 + 5%

- wszystkie wymagania dla danej grupy urządzeń **muszą być spełnione równocześnie**,
bezpieczeństwa użytkowania, to trzeba podporządkować się urzędowi;
- jeżeli jest niezgodność w opinii na temat któregośkolwiek z wymagań pomiędzy wykonawcą urządzenia a urzędem atestującym je pod względem
- jeżeli jest wątpliwość, o jaką izolację chodzi to należy przyjąć izolację, dla której wymaganie jest największe.

Andrzej Przytuła