

## Moduł 5

### Ochrona przeciwporażeniowa w urządzeniach elektrycznych

1. Ochrona przeciwporażeniowa stosowana w urządzeniach elektrycznych
2. Pomiar skuteczności środków ochrony przeciwporażeniowej
3. Klasyfikacja bezpieczników niskiego napięcia
4. Klasyfikacja wyłączników różnicowoprądowych

## 1. Ochrona przeciwporażeniowa stosowana w urządzeniach elektrycznych

Bezpieczeństwo życia ludzkiego podczas używania odbiorników elektrycznych i przy obsłudze urządzeń elektrycznych, w przypadku zetknięcia się z częściami będącymi pod napięciem, zależy przede wszystkim od wartości napięcia, pod działaniem którego znajduje się porażony człowiek, czasu trwania rażenia oraz impedancji ciała człowieka podczas przepływu prądu. Objawy działania prądu elektrycznego na ciało człowieka przedstawiają się w następujący sposób:

Wartość prądu	Objawy
1 mA	prąd jest niewyczuwalny przy nieograniczonym czasie jego przepływu przez ciało człowieka
do 15 mA	w miarę wzrostu prądu pojawiają się coraz silniejsze skurcze mięśni palców i ramion, aż do objawów bólu, mogą wystąpić trudności w samouwolnieniu się
15-30 mA	przy czasie przepływu prądu przez porażonego do 1 minuty może wystąpić nieregularna praca serca, bardzo silne skurcze mięśni, utrata przytomności, natomiast przy dłuższym czasie migotanie komór serca
50-kilkaset mA	przy czasie powyżej jednego cyklu pracy serca – czyli ok. 0,75 s, może wystąpić migotanie komór serca, zaburzenia systemu nerwowego, utrata przytomności
Ponad kilkaset mA	powyżej 0,75 s może dojść do powtarzających się zatrzymań pracy serca, utraty przytomności i oparzeń; istnieje bardzo duże prawdopodobieństwo utraty życia

Uwolnienie porażonego spod napięcia i rozpoczęcie akcji ratowniczej powinno nastąpić jak najszybciej, ponieważ w miarę upływu czasu szanse na uratowanie porażonego szybko maleją:

- w pierwszej minucie po porażeniu istnieje 98% szans na uratowanie życia,
- po 3 minutach – szanse maleją do 72%,
- po 5 minutach – szanse maleją do 25%,
- po 8 minutach szanse na uratowanie życia topnieją do 5%.

Uwolnienia porażonego spod napięcia powinno dokonać się albo przez wyłączenie napięcia zasilającego obwód, w którym doszło do porażenia, albo przez odciągnięcie porażonego. Jeżeli odłączenie napięcia zasilającego trwałoby zbyt długo (brak dostępności do przewodu z wtyczką zasilającą lub rozdzielnica z zabezpieczeniem znajduje się za daleko) należy rażonego odciągnąć od źródła prądu chwytając go, a następnie ciągnąc za luźne części jego odzieży lub odsuwając od napięcia za pomocą dowolnego przedmiotu wykonanego z materiału izolacyjnego np. suchego drewna. Należy pamiętać, że podczas odciągania porażonego nie wolno zapomnieć o bezwzględnym zakazie dotykania gołymi rękoma ciała porażonego.

Aby nie dopuścić do powstania niebezpieczeństwa porażenia prądem elektrycznym, stosuje się między innymi następujące ochrony:

- izolacje robocze przewodów,
- osłony, obudowy,
- ogrodzenia stałe i przenośne,
- umieszczanie przewodów, w których płynie prąd poza zasięgiem ręki,
- ochrona przed napięciami szczątkowymi,

- samoczynne wyłączenie zasilania realizowane za pomocą bezpieczników, wyłączników instalacyjnych nadmiarowo-prądowych i wyłączników różnicowoprądowych,
- izolacje podwójne (wzmocnione),
- napięcia bezpieczne.

*Izolacja robocza przewodów* jest to izolacja podstawowa chroniąca użytkowników przed porażeniem prądem elektrycznym. Izolacja znajduje się na częściach czynnych, czyli przewodzących prąd w normalnym stanie pracy. Jest to jeden ze środków ochrony przed dotykiem bezpośrednim i należy do ochrony podstawowej. Izolacja podstawowa powinna spełniać następujące warunki:

- powinna być wykonana z materiałów nieprzewodzących,
- powinna być odporna na długotrwałe działanie mechaniczne, chemiczne, elektryczne i termiczne,
- usunięcie izolacji z części przewodzącej powinno być możliwe tylko poprzez jej zniszczenie za pomocą odpowiednich narzędzi.

*Ochrona przez stosowanie obudów i osłon* polega na umieszczeniu w ich wnętrzu części czynnych, które z różnych względów nie mogą być powleczone izolacją, zapobiegając w ten sposób dotykowi bezpośredniemu. Obudowy i osłony chronią dodatkowo aparaty i urządzenia elektryczne przed niekorzystnymi wpływami środowiskowymi w związku z czym:

- powinny być tak wykonane, aby nie dało się ich usunąć lub zdemontować bez użycia narzędzia lub klucza, co ogranicza dostęp do ich wnętrza osobom nieupoważnionym, a jeżeli osoby te muszą je otwierać, to części czynne mają być odłączone spod napięcia bądź odpowiednio osłonięte;
- muszą być odporne na normalnie występujące w warunkach eksploatacji narażenia zewnętrzne takie jak: mechaniczne, termiczne, wilgotność, chemiczne oddziaływanie środowiskowe;
- muszą posiadać stopień ochrony IP dostosowany do rzeczywistych warunków środowiskowych w miejscu ich użytkowania, jednak nie mniej niż IP 2X, natomiast łatwo dostępne górne powierzchnie poziome stopień min IP 4X, warunek ten nie dotyczy gniazd bezpiecznikowych i opraw żarówek.

*Ochrona przez zastosowanie ogrodzeń* polega na umieszczeniu części czynnych w sposób czyniący je niedostępnym dla dotyku.

*Ochrona przez stosowanie barier i przeszkód* jest ochroną przed niezamierzonym – ale nie przed rozmyślnym – dotknięciem części czynnych. Może być stosowana tylko w przestrzeniach dostępnych wyłącznie dla osób posiadających odpowiednie kwalifikacje, np. przestrzenie lub pomieszczenia ruchu elektrycznego.

*Ochrona przez umieszczenie poza zasięgiem ręki* polega na umieszczeniu części czynnych tak, aby były niedostępne z danego stanowiska. Oznacza to, że znajdować się one muszą poza obszarem w kształcie walca o średnicy 2,5 m, który rozciąga się 2,5 m ponad poziomem ustawienia stóp człowieka i 1,25 m poniżej tego poziomu. Ten środek może być stosowany tylko w pomieszczeniach ruchu elektrycznego.

*Ochrona przed napięciami szczytkowymi* ma na celu zapobieżenie porażeniu wskutek dotyku do części czynnych, na których może utrzymywać się napięcie po odłączeniu od zasilania, np. wskutek zakumulowanego ładunku na pojemności elektrycznej elementów lub indukowania napięcia przez silniki pracujące w biegu. W przypadku istnienia takiego zagrożenia wymagane jest obniżenie napięcia do poziomu napięcia bezpiecznego w odpowiednio krótkim czasie albo uniemożliwienie dostępu do części czynnej.

*Ochrona przez samoczynne wyłączenie zasilania* jest najbardziej rozpowszechnionym w Polsce środkiem ochrony przeciwporażeniowej. Ochrona powinna być tak wykonana, aby w razie zwarcia między częścią czynną a częścią przewodzącą dostępną lub przewodem ochronnym, spodziewane napięcie dotykowe o wartości większej niż 50 V prądu przemiennego lub 120 V prądu stałego nietętniącego było wyłączane tak szybko, aby nie wystąpiły niebezpieczne skutki patofizjologiczne. Wymaganie to będzie spełnione wówczas, gdy w wyniku zwarcia popłynie prąd o takim natężeniu, że spowoduje samoczynne wyłączenie zasilania poprzez zadziałanie urządzenia wyłączającego w dostatecznie krótkim czasie. Musi więc być stworzona odpowiednia droga dla prądu zwarciovego, nazywana pętlą zwarcia, złożona z przewodów fazowych i ochronnych łączących wszystkie części przewodzące urządzeń elektrycznych z punktem neutralnym lub z ziemią – w zależności od układu sieciowego.

*Ochrona przez zastosowanie urządzeń II klasy ochronności* lub o izolacji równoważnej polega na niedopuszczeniu do pojawienia się w czasie użytkowania niebezpiecznego napięcia dotykowego na częściach przewodzących dostępnych w fabrycznie produkowanych urządzeniach elektrycznych. Osiąga się to przez zastosowanie jednego z rozwiązań:

- izolacji podwójnej, składającej się z izolacji podstawowej i niezależnej od niej izolacji dodatkowej, równoważnej pod względem wytrzymałości elektrycznej i mechanicznej. Taką izolację mają urządzenia AGD i elektronarzędzia;
- izolacji wzmocnionej – będącej izolacją podstawową, ale równoważną pod względem wytrzymałości elektrycznej i mechanicznej;
- obudów izolacyjnych będących osłonami wykonanymi z materiału izolacyjnego o odpowiedniej wytrzymałości elektrycznej i odporności na wpływy środowiskowe o stopniu ochrony co najmniej IP 2X, np. rozdzielnice skrzynkowe, wtyki, gniazda, itp.).

*Ochrona przez zastosowanie separacji elektrycznej* polega na zasilaniu jednego lub więcej chronionego urządzenia ze źródła separacyjnego, którym jest najczęściej transformator lub przetwornica. Części czynne obwodu separacyjnego nie mogą być połączone w żadnym punkcie z innym obwodem lub ziemią. Ewentualne dotknięcie do elementów takiego obwodu przez człowieka nie powoduje porażenia, ponieważ nie zamyka się droga dla prądu rażeniowego.

## **2. Pomiar skuteczności środków ochrony przeciwporażeniowej**

Do porażen elektrycznych może dojść w przypadku jednoczesnego uszkodzenia izolacji urządzeń elektrycznych oraz nieskutecznego działania urządzeń ochrony przeciwporażeniowej przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim w obecności ludzi, a niekiedy również zwierząt. Oznacza to, że musi wystąpić jednocześnie zarówno uszkodzenie izolacji albo osłon urządzeń elektrycznych, albo innych elementów obwodów instalacji, jak uszkodzenie, błędne połączenie lub niesprawne działanie urządzeń ochrony przeciwporażeniowej, mających za zadanie ograniczenie napięć dotykowych do wartości uznawanych w danych warunkach za dopuszczalne oraz ograniczenie czasu występowania napięć dotykowych. Nie można jednak wykluczyć błędnych połączeń oraz uszkodzenia instalacji i urządzeń elektrycznych w czasie budowy, modernizacji, wymiany lub normalnej eksploatacji. Dlatego konieczne jest przeprowadzanie badań odbiorczych oraz okresowe sprawdzanie stanu instalacji i urządzeń, lecz także okresowe sprawdzenie poprawności działania urządzeń warunkujących bezpieczeństwo pod względem porażeniowym w trakcie eksploatacji. Dlatego dąży się do wykonywania badań i pomiarów

z dużą dokładnością. Biorąc pod uwagę warunki badania oraz dopuszczalne rozrzuty działania bezpieczników i wyłączaczy przetężeniowych niektórych aparatów, dopuszcza się stosowanie metod badania oraz przyrządów pomiarowych odznaczających się możliwością wystąpienia nawet dość znacznych błędów, nie większych jednak niż:

- $\pm 10\%$  przy pomiarze prądów wyzwalających urządzeń różnicowoprądowych,
- $\pm 15\%$  przy pomiarze rezystancji izolacji w sieciach IT za pomocą urządzeń do kontroli stanu izolacji,
- $\pm 20\%$  przy pomiarze napięć w obwodach z urządzeniami działającymi pod wpływem napięcia,
- $\pm 30\%$  przy innych pomiarach.

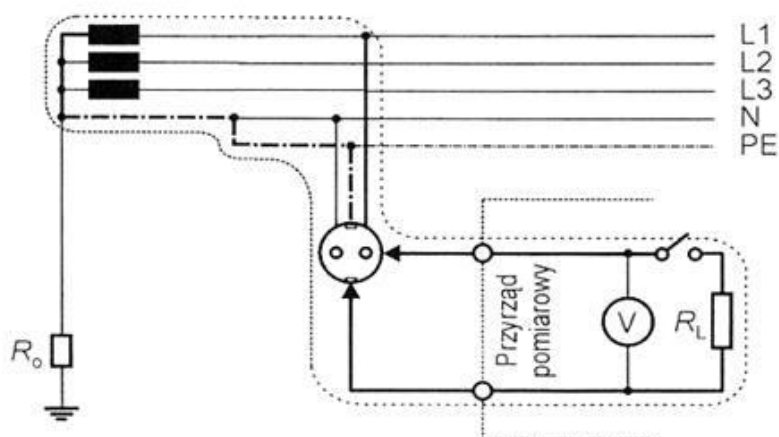
Aby nie powodować większych błędów niż wynika to z racji zastosowanych mierników i metod pomiaru, powinny być zachowane w czasie badania co najmniej następujące warunki:

- praktycznie stała wartość napięcia sieci, przy czym wartość ta powinna się mieścić w zakresie 0,9-1,1 wartości znamionowej,
- potencjały przewodów ochronnych podczas badań urządzeń różnicowoprądowych powinny być równe zeru,
- nie powinny występować żadne błędne połączenia przewodów ochronnych i neutralnych, ewentualne nieprawidłowości powinny być wykryte i usunięte przed wykonaniem właściwych pomiarów,
- mierniki powinny być ustawione w miejscach poza strefą występowania silnych pól magnetycznych,
- badania nie mogą powodować warunków niebezpiecznych pod względem porażeniowych ani dowolnym innym.

Przed przystąpieniem do badań urządzeń ochronnych należy każdorazowo wykonać ich szczegółowe oględziny oraz sprawdzić sprawność techniczną urządzeń wyposażonych w przyciski kontrolne. Dotyczy to takich urządzeń jak wyłączniki różnicowoprądowe i napięciowe oraz urządzenia do kontroli stanu izolacji. Do podstawowych badań z zakresu pomiarów skuteczności środków ochrony przeciwporażeniowej można zaliczyć:

- pomiary impedancji pętli zwarciovych,
- badanie wyłączników różnicowoprądowych,
- badanie wyłączników ochronnych napięciowych,
- badanie połączeń wyrównawczych.

*Pomiary impedancji pętli zwarciovych* mają na celu sprawdzenie skuteczności zadziałania urządzeń ochrony takich jak bezpieczniki i wyłączniki, których zadaniem jest samoczynne szybkie wyłączenie zasilania w przypadku jednofazowych zwarc z obudową urządzeń połączonych z przewodami ochronnymi PE lub PEN. Pomiary te wykonuje się miernikami elektronicznymi typu MZC. Bardzo popularnymi przyrządami pomiarowymi służącymi do badania impedancji pętli zwarciovych są mierniki produkowane przez firmę Sonel. W praktyce pomiarowej często korzysta się z mierników wielofunkcyjnych najnowszej generacji umożliwiające wykonywanie bardzo szerokiej gamy pomiarów ochronnych. Przykładem takiego przyrządu może być miernik MPI-530 umożliwiający wykonanie wszystkich niezbędnych pomiarów ochronnych w instalacji elektrycznej, zgodnie z obowiązującą normą PN-EN 61557, według której wymagania ochrony uważa się za spełnione, jeżeli spodziewany prąd zwarcia jednofazowego  $I_{k1}$  jest większy niż prąd zadziałania zabezpieczeń zwarciovych  $I_A$ . Badania wykonuje się przy załączonej sieci.



**Rysunek 1 Pomiar impedancji pętli zwarcia**

Źródło: <http://www.sonel.pl>, stan na dzień 15.09.2013

W czasie badania wykonuje się dwa pomiary napięć: jeden przed naciśnięciem przycisku oraz drugi w czasie zwarcia obwodu. Podczas pomiaru wykonywane jest tzw. sztuczne zwarcie, przy którym przyrząd dokonuje pomiaru tych napięć. Impedancja pętli zwarcia jest wyliczona na podstawie różnicy spadków napięć. Warunek poprawnego zabezpieczenia można opisać wzorem:

$$Z_s \leq \frac{U_o}{I_A}$$

gdzie:  $Z_s$  – impedancja pętli zwarcia

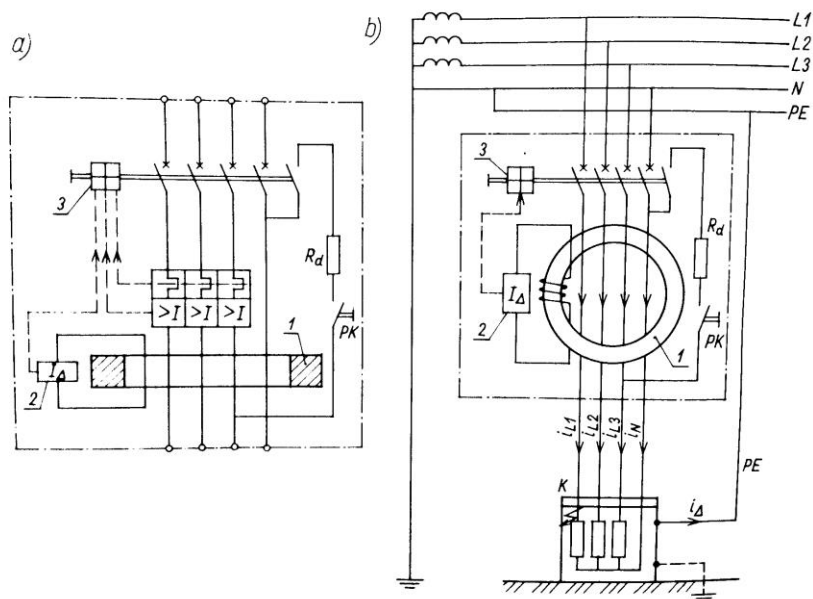
$I_A$  – prąd powodujący zadziałanie zabezpieczenia nadmiarowoprądowego w wymaganym czasie

$U_o$  – napięcie znamionowe względem ziemi

*Wyłączniki różnicowoprądowe*, których podstawowym elementem jest przekładnik sumujący. Przy jednakowej liczbie zwojów przewodów fazowych i neutralnego, nawiniętych na rdzeń przekładnika lub przechodzących przez okno przekładnika, suma geometryczna prądów oraz przepływ i strumień magnetyczny  $\phi$  wytworzony przez te prądy są równe zero:

$$i_{L1} + i_{L2} + i_{L3} + i_N = 0$$

$$\phi = 0$$



**Rysunek 2 Wyłącznik różnicowoprądowy trójfazowy: a) szkic budowy wyłącznika b) sposób instalacji: 1 – przekładnik sumujący, 2 – przekaźnik różnicowoprądowy, 3 – zamek wyłącznika,  $R_d$  – opornik ograniczający, PK – przycisk kontrolny**

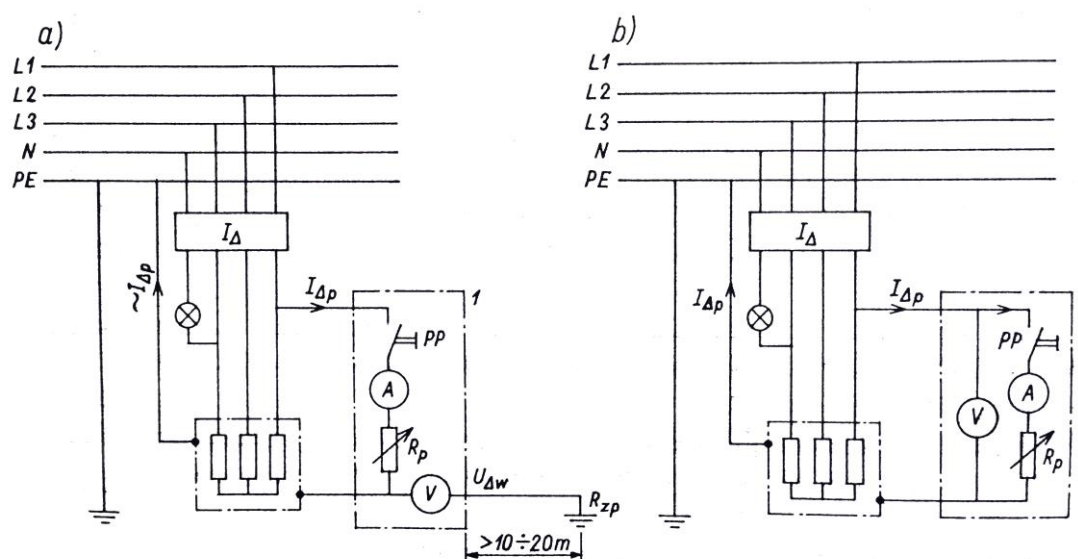
*Źródło: H. Markiewicz, Instalacje elektryczne, WNT, Warszawa 2003, 102 s.*

Jeżeli w zasilanym obwodzie wystąpi osłabienie lub uszkodzenie izolacji doziemnej, powodujące przepływ prądu upływowego  $I_\Delta$  do ziemi lub przewodu ochronnego PE, to suma prądów w przewodach przekładnika sumującego (Ferrantiego) przestaje być równa zero. W rdzeniu przekładnika sumującego powstanie wówczas zmienny w czasie strumień magnetyczny, który w cewce napięciowej przekładnika różnicowoprądowego indukuje napięcie o wartości zależnej od prądu  $I_\Delta$ . Kiedy prąd ten jest większy niż wartość prądu wyzwalającego, wówczas następuje zadziałanie przekaźnika i wyłącznik zostaje rozłączony. Jeżeli w zasilanym obwodzie występują prądy upływowe spowodowane uszkodzeniem izolacji lub wskutek naturalnych właściwości odbiorników o wartościach większych niż prąd wyzwalający wyłącznika to nie będzie możliwe załączenie takiego obwodu lub takich urządzeń – nawet sprawnych technicznie. W takich przypadkach stosuje się mniej czułe wyłączniki różnicowoprądowe. Tego typu wyłączniki są wykorzystywane na potrzeby ochrony przeciwporażeniowej.

*Badanie wyłączników różnicowoprądowych powinno wykazać, że:*

- urządzenia te działają pod wpływem prądu różnicowego wyzwalającego  $I_{\Delta w}$  nie większego niż znamionowy prąd różnicowy  $I_{\Delta N}$ ,
- napięcia przewodów ochronnych PE względem ziemi w czasie przepływu prądu różnicowego  $I_{\Delta N}$  są niższe niż wartości graniczne dopuszczalne  $U_L$ , co oznacza, że rezystancje uziemień ochronnych  $R_A$  są mniejsze niż wartości graniczne dopuszczalne  $R_{Amax}$ .

Badanie wyłączników różnicowoprądowych wykonuje się w układach:



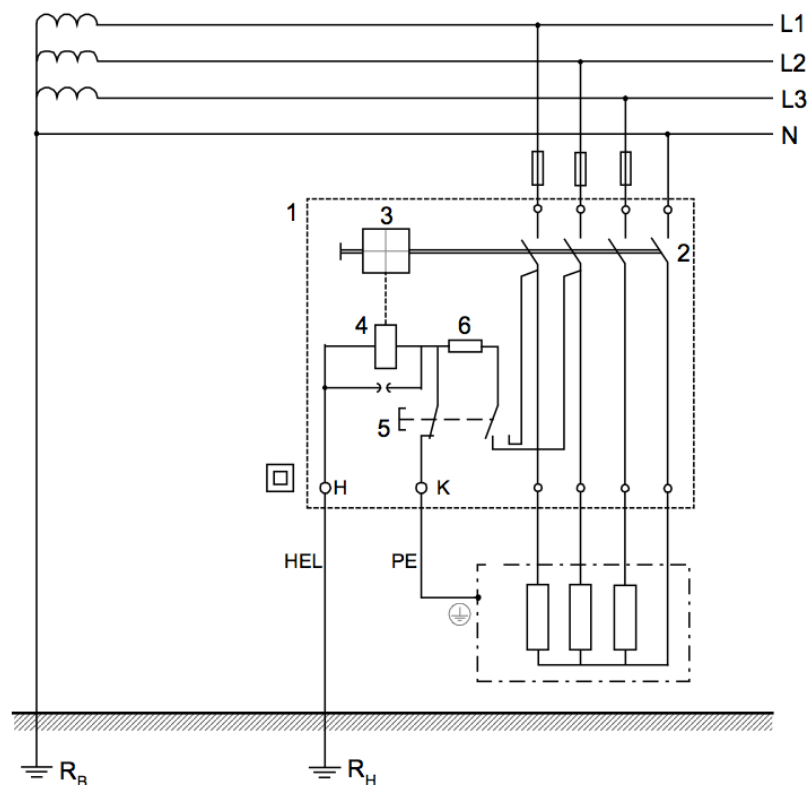
**Rysunek 3 Sposoby badania skuteczności działania urządzeń różnicowoprądowych**

Źródło: H. Markiewicz: Instalacje elektryczne, WNT, Warszawa 2003r., s. 311

Prąd różnicowy wyzwalający urządzenia różnicowoprądowego wyznacza się przez zmianę rezystancji ograniczającej  $R_p$  od wartości bardzo dużej, przy której urządzenie nie działa, do takiej, przy której prąd różnicowy osiąga wartość prądu wyzwalającego  $I_{\Delta w}$ . Badania skuteczności działania wyłączników różnicowoprądowych w sieciach TN są ograniczone do wyznaczenia wartości prądu różnicowego wyzwalającego  $I_{\Delta w}$  i sprawdzenia czy ta wartość nie jest mniejsza niż  $0,5 I_{\Delta N}$  i nie większa niż wartość znamionowa prądu różnicowego.

Wyłącznik ochronny napięciowy, to typowy łącznik zabezpieczeniowy, przeznaczony do pracy ciągłej w stanie zamkniętym. Nie jest on łącznikiem roboczym przeznaczonym do załączania i wyłączania obwodów. Posiada prosty zamek i układ stykowo-gaszeniowy o zdolności wyłączania równej tylko znamionowemu prądowi ciągłemu. Schemat budowy i montażu wyłącznika przedstawia rysunek 4.





**Rysunek 4 Budowa i sposób przyłączenia wyłącznika ochronnego napięciowego**  
**1 – wyłącznik wykonany w klasie ochronności II, 2 – układ zestykowy pełnobiegunowy, 3 – zamek,**  
**4 – cewka wyzwalacza nadnapięciowego chroniona ogranicznikiem przepięć, 5 – przycisk kontrolny, 6 – rezystor obwodu kontrolnego, PE – przewód ochronny (do zacisków ochronnych chronionych urządzeń), HEL – przewód do uziemienia pomocniczego (niem. Hilfsleiter → Hilfs-Erder-Leiter)**

Źródło: Musiał E., Czapp S.: Wyłączniki ochronne różnicowoprądowe (1). Powstanie, rozwój, przyszłość. Miesięcznik SEP „Informacje o normach i przepisach elektrycznych”. 2008, nr 108, s. 3-46.

Wyłącznik posiada przycisk kontrolny oznaczony na rysunku cyfrą 5, którym należało sprawdzać zadziałanie aparatu poprzez trzykrotne naciskanie przycisku. Wyłącznik powinien zareagować po każdym wciśnięciu przycisku kontrolnego. Znajdujący się w obwodzie kontrolnym rezystor jest dobrany na obciążenie krótkotrwałe przy zasilaniu napięciem fazowym (czyli napięciem między przewodem fazowym a neutralnym), przy czym wyzwalacz wyłącznika powinien zadziałać już przy wartości równej  $0,85U_n$ .

*Badanie wyłączników ochronnych napięciowych* polega na naciśnięciu przycisku kontrolnego wyłącznika PP (nr 5 na rysunku). Sprawdzenie to należy wykonywać codziennie. Badanie wykazuje jedynie sprawność techniczną, nie dając informacji o wartości napięcia wyzwalającego i wartości rezystancji uziomu pomocniczego  $R_{ZA}$  ani o tym, czy istnieje połączenie cewki napięciowej wyłącznika z tym uziomem.

Okresowe badania skuteczności działania urządzeń ochrony przeciwporażeniowej z wyłącznikami napięciowymi polegają na sprawdzeniu następujących warunków:

$$U_{\Delta w} \leq U_L$$

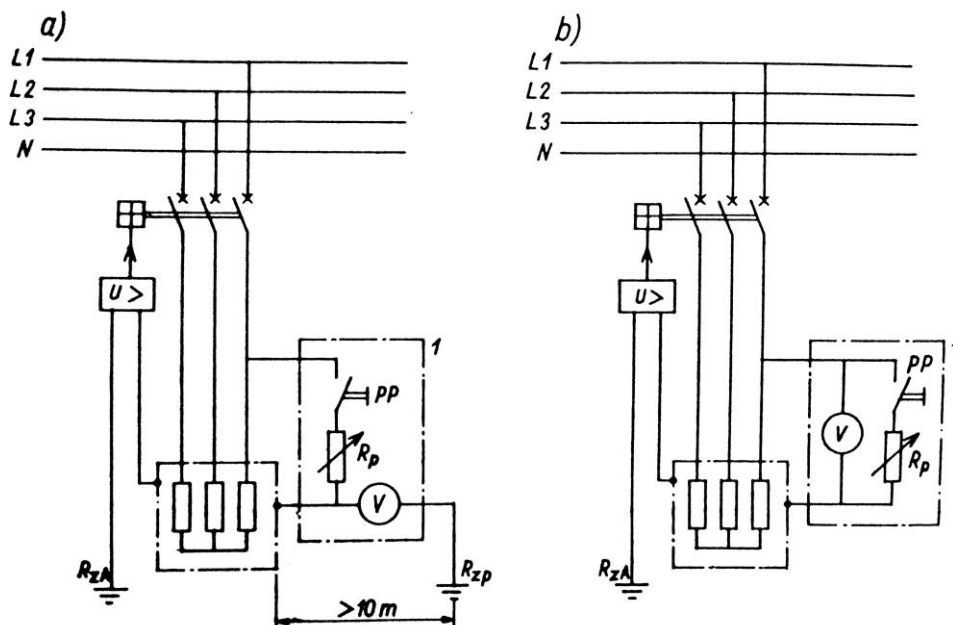
$$R_{ZA} \leq R_{ZAmax}$$

gdzie:  $U_{\Delta w}$  – napięcie wyzwalające powodujące zadziałanie wyłącznika

$U_L$  – napięcie dotykowe dopuszczalne w danych warunkach

$R_{zAmax}$  – największa dopuszczalna wartość rezystancji uziemienia uziomu pomocniczego równa 200  $\Omega$ , a w przypadkach wyjątkowych 500  $\Omega$ <sup>1</sup>

Badania skuteczności działania wyłączników napięciowych może być prowadzone w układach przedstawionych na poniższym rysunku:



**Rysunek 5 Badania skuteczności działania wyłączników napięciowych**  
 Źródło: H. Markiewicz: *Instalacje elektryczne*, WNT, Warszawa 2003r., s. 316

### 3. Klasyfikacja bezpieczników niskiego napięcia

Bezpieczniki są elementami składającymi się z następujących elementów:

- gniazda bezpiecznikowego (podstawy bezpiecznikowej),
- wkładki bezpiecznikowej (wkładki topikowej),
- nośnika bezpiecznika (uchwyt, główka gwintowa, blok uchylony),
- wstawki kalibrowej (pierścienia kalibrowego wciskanego, wstawki kalibrowej wkręcanej),
- osłony do ochrony przed porażeniem elektrycznym oraz ścianek działowych (dla kilkubiegunowych zestawów).

Do bezpieczników stosowanych w instalacjach niskiego napięcia zaliczyć można:

- bezpieczniki typu D,
- bezpieczniki NH.

Ochrona przed porażeniem elektrycznym oraz niemożność podmiany w odniesieniu do prądu znamionowego są typowymi cechami bezpieczników typu D. Oznacza to, że wkładka bezpiecznikowa włożona do gniazda bezpiecznikowego typu D nie może zostać nieumyślnie wymieniona na wkładkę o prądzie znamionowym przekraczającym prąd znamionowy gniazda bezpiecznikowego. Tego typu zabezpieczenie jest wymagane dla prądów znamionowych równych bądź większych od 10 A i realizuje się ją wyposażając

<sup>1</sup> H. Markiewicz: *Instalacje elektryczne*, WNT, Warszawa 2003r., s. 298

gniazda bezpiecznikowe we wstawki kalibrowe. Wkładki bezpiecznikowe typu D mogą zostać włożone tylko do gniazda z wstawkami kalibrowymi o prądzie znamionowym równym lub większym od tego, jaki ma wkładka bezpiecznikowa i dzięki temu mogą się z nimi bezpiecznie obchodzić osoby niewykwalifikowane. Wstawki kalibrowe można umieścić i wyciągnąć z gniazda bezpiecznikowego tylko przy pomocy specjalnych narzędzi, których normalnie osoby niewykwalifikowane nie posiadają. System bezpiecznikowy typu D jest odpowiedni zarówno dla instalacji domowych, jak i przemysłowych. Pod koniec 1960 roku, firmy Linder i Siemens wprowadziły na rynek nowe bezpieczniki typu D, które charakteryzowały się napięciem znamionowym 400 V AC i 250 V DC. Niższa była też ich moc oraz mniejsze gabaryty, a sprzedawano je pod marką handlową Neozed. W celu rozróżnienia, ten typ oznaczono rozmiarem D0. W międzyczasie, te dwie wersje zostały międzynarodowo znormalizowane jako jeden system bezpiecznikowy typu D. W potocznym żargonie jednak bezpieczniki te nadal funkcjonują pod nazwami typu D i D0 lub – nazwami marek handlowych ich producentów – jako „Diazed” i „Neo-zed”. Nazwy te zostały praktycznie przyjęte jako oznaczenia, niezależnie od ich producentów. Poza tym rozmiary bezpieczników zwykle są rozróżniane według rozmiaru ich gwintu.

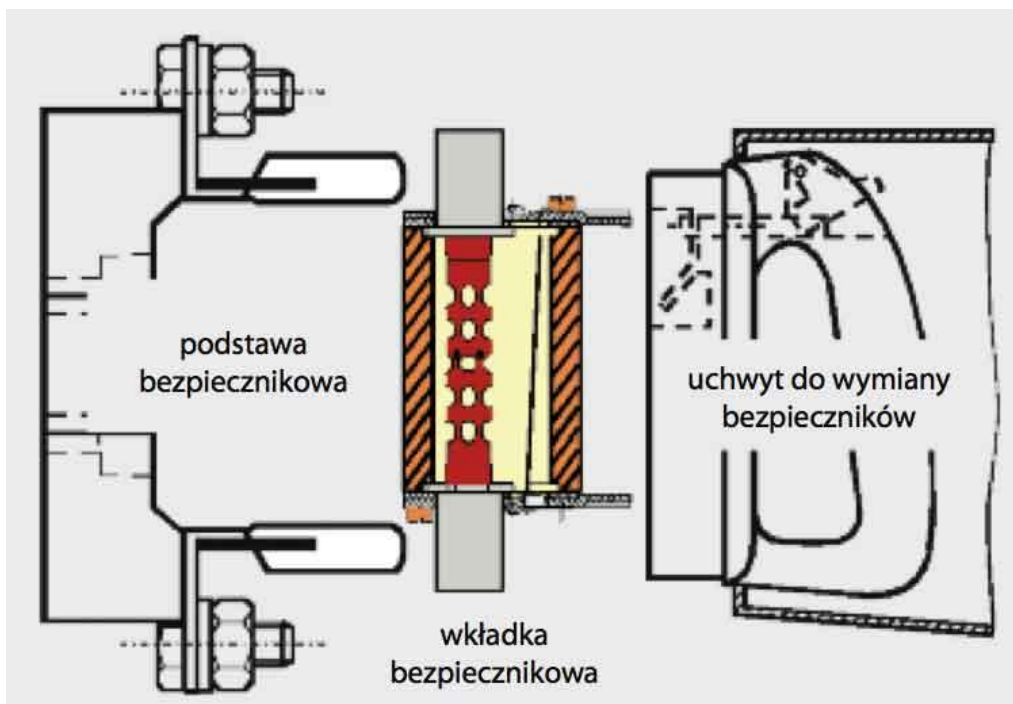
**Tabela 1 Przegląd bezpieczników typu gwintowego**

Typ	Gwint	Prąd znamionowy	Napięcie znamionowe	Zdolność zwarciova	Norma
D 01	E 14	2A do 16A	AC 400 V DC 250 V	AC 50kA DC 8kA	VDE 0636
D 02	E 18	20A do 63A			
D 03	M 30x2	80A i 100A			
D II	E 27	2A do 25 A	AC 500 V DC 500 V	AC 50kA DC 8kA	VDE 0636
D III	E 33	35A do 63A			
D IV	G 1 1/4	80A i 100A			
N Dz	E 16	2A do 25 A	AC 500 V DC 500 V	AC 4kA DC 1,6kA	VDE 0635
DL	E 16	2A do 20 A	AC 380 V	AC 20kA	WS

Źródło: H. Bessei: *Bezpieczniki od A do Z*, wyd. NH/HH-Recycling e.V., Auflage 2012

Nie można tu zapomnieć o bezpiecznikach z gwintem E16, które nadal można znaleźć w starszych instalacjach, a ich produkcja jest kontynuowana dla celów serwisowych. Już w latach 50-tych opracowano bezpieczniki typu NDz jako małogabarytową wersję przeznaczoną do obwodów sterowniczych i pomiarowych, a znormalizowano je jako VDE 0635. Te bezpieczniki są dostępne jako typy o działaniu szybkim i zwłocznym (TNDz). Bieżące wydanie normy VDE 0635 zawiera jedynie typ o działaniu zwłocznym, który wyróżnia się piktogramem ślimaka.

System NH jest systemem bezpiecznikowym do obsługi przez osoby uprawnione, które muszą być wykwalifikowanymi elektrykami lub osobami przeszkolonymi na równorzędnym poziomie. Z tych powodów w tym systemie bezpiecznikowym nie ma potrzeby zapewnienia wzajemnej niepodmienialności oraz ochrony przed porażeniem elektrycznym. W systemie NH jest jednak powszechną praktyką zapewnienie ochrony przed przypadkowym dotykiem części mogących być pod napięciem.

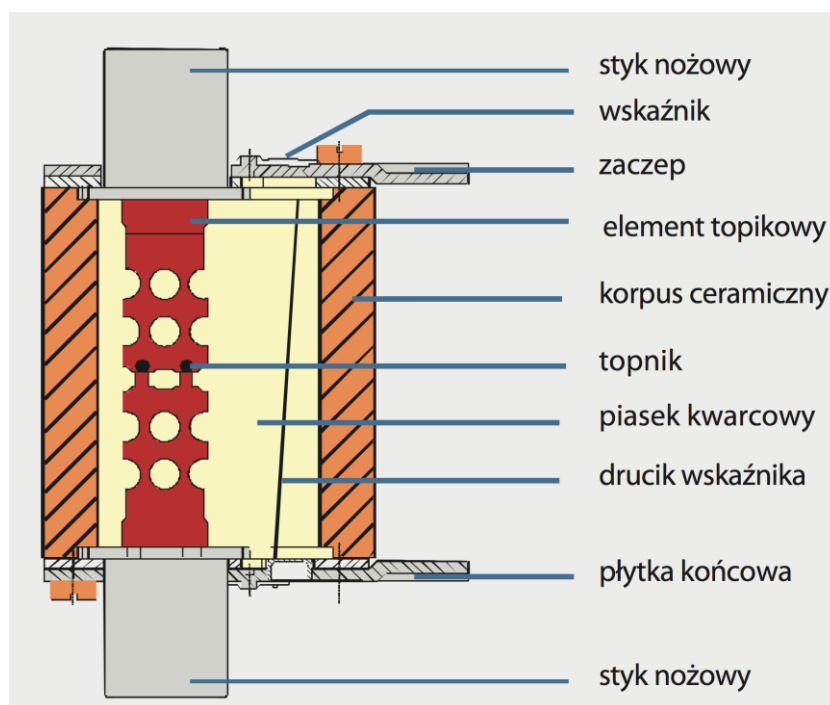


**Rysunek 6 System bezpieczników NH**

Źródło: H. Bessei: *Bezpieczniki od A do Z*, wyd. NH/HH-Recycling e.V., Auflage 2012, s 13

Bezpieczniki NH składają się z następujących części:

- podstawy bezpiecznikowej, ze wzmocnionymi przez sprężyny dociskowe szczękami przeznaczonymi do przyjęcia styków nożowych,
- wkładki bezpiecznikowej – jako najistotniejszej części bezpiecznika,
- uchwyty do wymiany bezpieczników – lub innego nośnika wkładki.



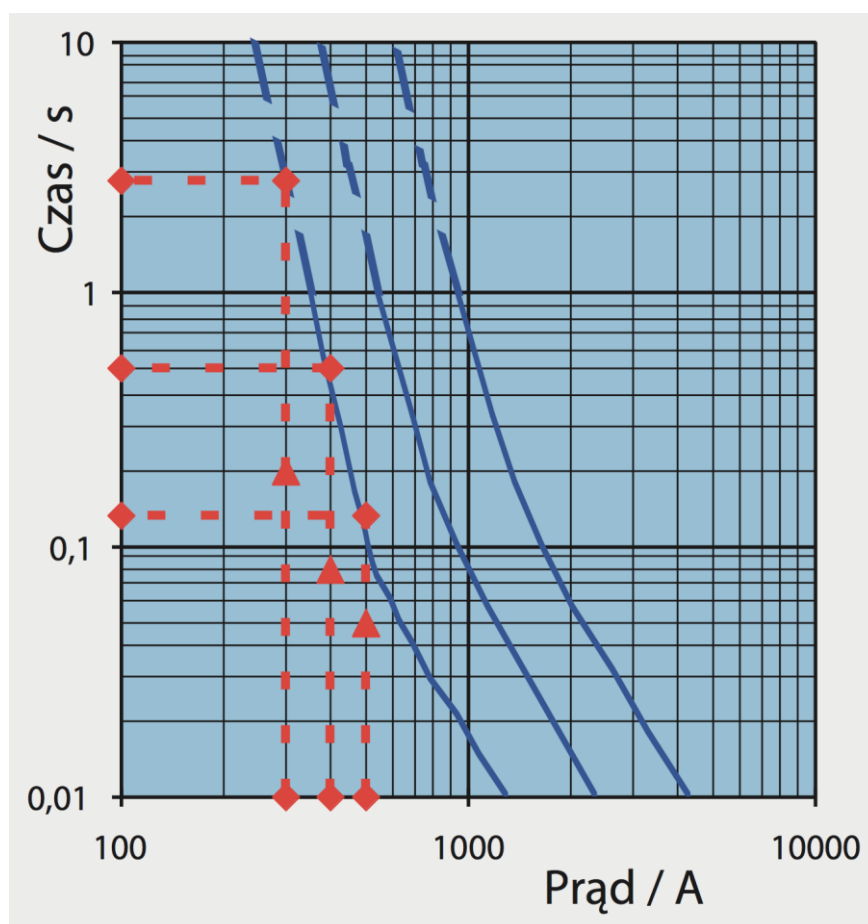
**Rysunek 7 Konstrukcja wkładki bezpiecznikowej**

Źródło: H. Bessei: *Bezpieczniki od A do Z*, wyd. NH/HH-Recycling e.V., Auflage 2012, s 18

Typowa konstrukcja wkładki bezpiecznikowej NH (przedstawiona na rysunku 7) składa się z elementu topikowego wspawanego pomiędzy charakterystyczne styki nożowe i zamkniętego w izolowanym cylindrycznym korpusie o przekroju owalnym bądź prostokątnym. Styki nożowe są umieszczone prostopadłe na końcowych płytkach, z których wystają zaczepty przeznaczone do współpracy z uchwytem do wymiany bezpieczników. Urządzenie sygnalizujące – kłapkowe wskaźniki umieszczone na jednym z końców wkładki lub guzikowe wskaźniki na froncie korpusu wkładki – jest uruchamiane w momencie, gdy drucik wskaźnika się stopi.

Jakkolwiek ta konstrukcja wydawałaby się nieskomplikowana – cechy każdego z oddzielnych urządzeń są szczególnie ważne dla ich właściwego i bezpiecznego działania.

- Element topikowy jest kluczowym wyznacznikiem charakterystyki czasowo-prądowej wkładki bezpiecznikowej i jest odpowiedzialny za wzrost temperatury. Czas pomiędzy rozpoczęciem się przetężenia a stopieniem elementu topikowego jest zależny od wielkości tego przetężenia. Dla poszczególnych bezpieczników czasy te są różne i inne dla każdego przeciążenia. Zależność między tym czasem a przerywanym prądem nazywa się charakterystyką czasowo-prądową i kreśli się je jako krzywe, będące wiodącym wyznacznikiem charakteryzującym bezpiecznik. Przykładowe charakterystyki czasowo-prądowe przedstawia poniższy rysunek:



**Rysunek 8 Charakterystyki czasowo-prądowe**

Źródło: H. Bessei: *Bezpieczniki od A do Z*, wyd. NH/HH-Recycling e.V., Auflage 2012, s 28

- Jako rdzeń wkładki wykonany jest on z paska miedzianego bądź srebrnego i wyprodukowany z najwyższą dbałością i precyzją. Jednolita grubość paska, dobra przewodność oraz najwyższa precyzja wycinania zapewniają niskie straty mocy i zgodność z określoną charakterystyką czasowo-prądową. Liczba wyciętych szeregowo przewężeń zależy od napięcia powrotnego (napięcia systemu). W przybliżeniu jest wymagane jedno przewężenie na każde 100V.
- Korpus izolacyjny ma zapobiec wyrzutowi gorących gazów i płynnego metalu na zewnątrz. Wykonany jest z wysokiej jakości ceramiki technicznej zrobionej ze steatytu i  $Al_2O_3$ . Musi też wytrzymać bardzo wysoką temperaturę i ciśnienie wewnętrzne powstające przy zwarcu.
- Płytki końcowe posiadają wystające zaczepy przeznaczone do współpracy ze znormalizowanym uchwytem NH do wymiany bezpieczników, służącym do umieszczania i wyjmowania wkładek. Wspólnie z korpusem ceramicznym tworzą one obudowę odporną na wysokie ciśnienie wyłączanego łuku.
- Piasek jest ważnym składnikiem do osiągnięcia ograniczenia prądowego. Na ogół używa się krystalicznego piasku kwarcowego o wysokiej chemicznej i mineralnej czystości ( $SiO_2$  o zawartości > 99,5 %). Jest on całkowicie odwodniony dzięki piecowemu suszeniu. Równomiernie rozłożone ziarna o określonym rozmiarze i optymalna gęstość upakowania mają zasadniczy wpływ na zachowanie się podczas wyłączania zwarcia.
- Urządzenie sygnalizujące (wskaźnik) pozwala na szybkie wykrycie przepalonego bezpiecznika. Można go również użyć jako wybijaka do poruszenia mikrowyłącznika lub wyzwacza, jeżeli uzbroi się go w mechanizm sprężynowy o odpowiedniej sile.
- Spoina lutownicza powoduje przestawienie charakterystyki czasowo-prądowej na niższe prądy przepalenia. Dobrana jest specjalnie, aby wchodzić w reakcję z materiałem paska topikowego, dlatego musi być umieszczana we właściwym miejscu. Nie sposób również nie wziąć pod uwagę znaczenia odpowiedniej jej ilości.
- Styki nożowe są przeznaczone do elektrycznego i mechanicznego połączenia wkładki bezpiecznikowej z podstawą. Wykonane są z miedzi lub stopów miedzi, powierzchnia styków pokryta jest srebrem. Dla specjalnych zastosowań w otoczeniu korozyjnym, używa się również noży cynowanych lub niklowanych.

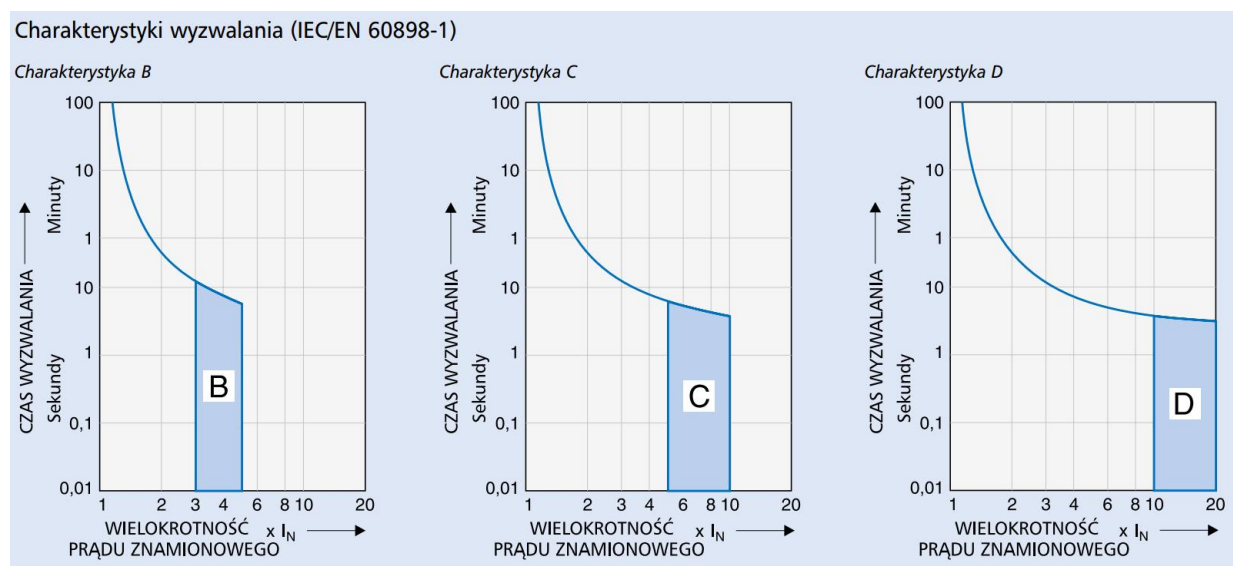
#### 4. Klasyfikacja wyłączników różnicowoprądowych

Wyłączniki różnicowoprądowe są stosowane jako środek ochrony przeciwporażeniowej do wyłączania obwodu lub grupy obwodów w chwili pojawienia się niebezpiecznego napięcia dotykowego grożącego porażeniem. Niebezpieczne napięcie może pojawić się na metalowych częściach obudowy odbiorników, znajdujących się w mieszkaniach i pomieszczeniach budownictwa ogólnego. Wyłączniki te są stosowane również w wielu obiektach budownictwa przemysłowego.

Wyłącznik jako zabezpieczenie w ochronie przeciwporażeniowej jest wykorzystywany w wersji podstawowej o prądzie zadziałania  $I_{\Delta n} = 30mA$ . Rozwiązania o prądach 300-500 mA, reagujące na prądy upływowe i zwarcia, służą jako zabezpieczenie przeciwpożarowe. W tym przypadku stosuje się wyłącznik na początku instalacji budynku.

Na polskim rynku można znaleźć ogromną gamę oferowanych w sprzedaży wyłączników różnicowoprądowych występujących w wersjach jedno- lub trójfazowych. Ogólnie wyłączniki można podzielić na kilka kategorii:

1. Ze względu na czułość (wartość prądu zadziałania  $I_{\Delta n}$ ):
  - wysokoczułe – o prądzie zadziałania  $I_{\Delta n}$  do 30 mA,
  - średnionoczułe – o prądzie zadziałania  $I_{\Delta n}$  od 30 mA do 500 mA,
  - niskoczułe – o prądzie zadziałania  $I_{\Delta n}$  powyżej 500 mA.
2. Ze względu na wykrywane rodzaje prądów upływu:
  - AC – wyłącznik reagujący tylko na prąd różnicowy sinusoidalnie zmienny,
  - A – wyłącznik reagujący na prąd różnicowy sinusoidalnie zmienny, prąd sinusoidalny wyprostowany jednopółwkowo i impulsowy,
  - B – wyłącznik reagujący na prąd różnicowy sinusoidalnie zmienny, prąd sinusoidalny wyprostowany jednopółwkowo, impulsowy i na prąd stały – jest to wyłącznik uniwersalny.
3. Ze względu na wbudowane zabezpieczenia nadprądowe:
  - RCCB – wyłącznik różnicowoprądowy bez wbudowanego członu nadmiarowoprądowego,
  - RCBO – wyłącznik różnicowoprądowy z wbudowanym członem nadmiarowoprądowym.



**Rysunek 9 Charakterystyki czasowo-prądowe**

Źródło: [http://obrazki.elektroda.pl/4162695400\\_1368883681.png](http://obrazki.elektroda.pl/4162695400_1368883681.png)

Wyłączniki różnicowoprądowe o prądzie zadziałania 6 mA i 10 mA są stosowane w miejscach o zwiększonym zagrożeniu porażeniem prądem elektrycznym, np. w pomieszczeniach z metalowymi ścianami, do zabezpieczania pojedynczych odbiorników np. w kuchniach, łazienkach, pralniach oraz przy zasilaniu elektronarzędzi.

Wyłączniki o prądzie zadziałania 30 mA stosowane są w instalacjach mieszkaniowych, przemysłowych, na placach budowy itp.

Wyłączniki o prądzie zadziałania 100 mA instaluje się w obwodach o dużym prądzie upływowym, np. do zabezpieczania łąd chłodniczych, kuchni i pieców elektrycznych.

Wyłączniki o prądzie zadziałania 300 mA lub 500 mA mogą być stosowane jako wyłączniki przeciwpożarowe w instalacjach elektrycznych.

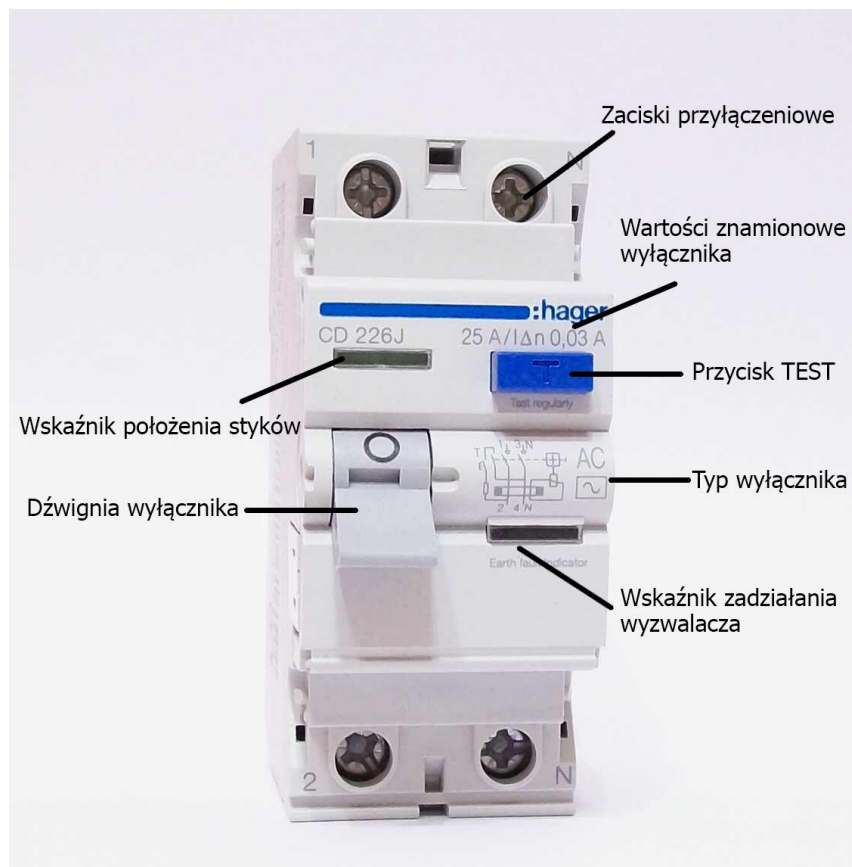
Do najczęściej stosowanych w instalacjach elektrycznych wyłączników różnicowo-prądowych RCBO można zaliczyć:

- wyłącznik różnicowoprądowy z członem nadprądowym 1P+N o charakterystyce wyzwalania B, prądzie znamionowym 16A, znamionowym prądzie różnicowym 10mA, typ A. Znamionowa zwarciodolność łączeniowa<sup>2</sup> 10 kA;
- wyłącznik różnicowoprądowy z członem nadprądowym 1P+N o charakterystyce wyzwalania C, prądzie znamionowym 16A, znamionowym prądzie różnicowym 10mA, typ A. Znamionowa zwarciodolność łączeniowa 10 kA;
- wyłącznik różnicowoprądowy z członem nadprądowym 1P+N o charakterystyce wyzwalania B, prądzie znamionowym 16A, znamionowym prądzie różnicowym 10mA, typ A. Znamionowa zwarciodolność łączeniowa 6 kA;
- wyłącznik różnicowoprądowy z członem nadprądowym 1P+N o charakterystyce wyzwalania C, prądzie znamionowym 16A, znamionowym prądzie różnicowym 10mA, typ A. Znamionowa zwarciodolność łączeniowa 6 kA;
- wyłącznik różnicowoprądowy z członem nadprądowym 1P+N o charakterystyce wyzwalania B, prądzie znamionowym 6A, znamionowym prądzie różnicowym 30mA, typ A. Znamionowa zwarciodolność łączeniowa 10 kA;
- wyłącznik różnicowoprądowy z członem nadprądowym 1P+N o charakterystyce wyzwalania B, prądzie znamionowym 13A, znamionowym prądzie różnicowym 30mA, typ A. Znamionowa zwarciodolność łączeniowa 10 kA;
- wyłącznik różnicowoprądowy z członem nadprądowym 1P+N o charakterystyce wyzwalania B, prądzie znamionowym 16A, znamionowym prądzie różnicowym 30mA, typ A. Znamionowa zwarciodolność łączeniowa 10 kA;
- wyłącznik różnicowoprądowy z członem nadprądowym 1P+N o charakterystyce wyzwalania B, prądzie znamionowym 20A, znamionowym prądzie różnicowym 30mA, typ A. Znamionowa zwarciodolność łączeniowa 10 kA;
- wyłącznik różnicowoprądowy z członem nadprądowym 1P+N o charakterystyce wyzwalania B, prądzie znamionowym 25A, znamionowym prądzie różnicowym 30mA, typ A. Znamionowa zwarciodolność łączeniowa 10 kA;
- wyłącznik różnicowoprądowy z członem nadprądowym 1P+N o charakterystyce wyzwalania B, prądzie znamionowym 32A, znamionowym prądzie różnicowym 30mA, typ A. Znamionowa zwarciodolność łączeniowa 10 kA;

---

<sup>2</sup> Maksymalna wartość szczytowa spodziewanego prądu zwarciodolnego





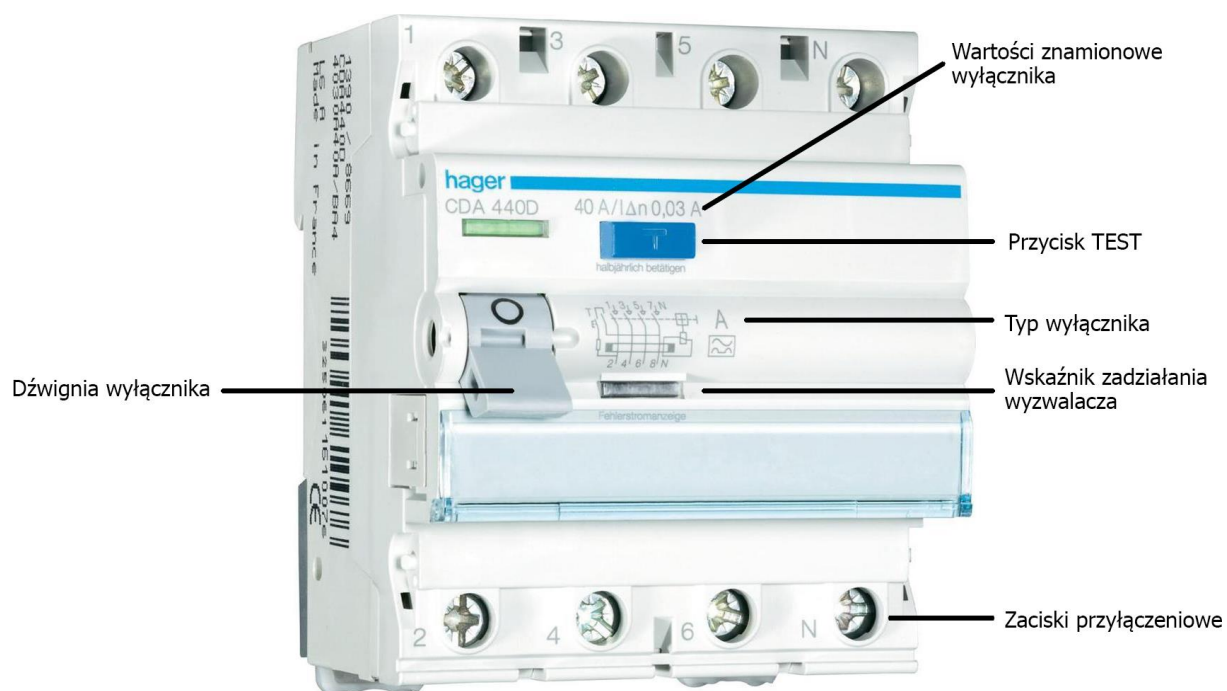
**Rysunek 10 Wyłącznik różnicowoprądowy 1P+N**

Źródło: <http://www.hager.pl/> stan na dzień 17.09.2013

- ponadto do wymienionych typów wyłączników różnicowoprądowych należy dodać wyłączniki typu AC produkowane na prądy znamionowe od 6 A do 40 A i znamionowy prąd różnicowy 30 i 300 mA.

Do najczęściej stosowanych w instalacjach elektrycznych wyłączników różnicowoprądowych RCCB można zaliczyć:

- wyłącznik różnicowoprądowy 2P 16 A/10 mA Typ A,
- łącznik różnicowoprądowy 2P 16 A/10 mA Typ AC,
- łącznik różnicowoprądowy 2P 25 A/30 mA Typ A,
- łącznik różnicowoprądowy 2P 25 A/30 mA Typ AC,
- łącznik różnicowoprądowy 2P 40 A/30 mA Typ A,
- łącznik różnicowoprądowy 2P 40 A/30 mA Typ AC,
- łącznik różnicowoprądowy 4P 80 A/30 mA Typ A,
- łącznik różnicowoprądowy 4P 80 A/30 mA Typ AC,
- łącznik różnicowoprądowy 4P 100 A/30 mA Typ A,
- łącznik różnicowoprądowy 4P 100 A/30 mA Typ AC,
- ponadto do wymienionych typów wyłączników różnicowoprądowych należy dodać wyłączniki 4P produkowane na prądy znamionowe do 125A i znamionowe prądy różnicowe: 100 mA, 300 mA i 500 mA.



**Rysunek 11 Wyłącznik różnicowoprądowy 4P**

Źródło: <http://www.hager.pl/> stan na dzień 17.09.2013

## Bibliografia:

1. W. Kotlarski, J. Grad (2012). *Aparaty i urządzenia elektryczne*, Warszawa: WSIP.
2. H. Markiewicz (1996). *Instalacje elektryczne*, Warszawa: WNT.
3. J. Maksymiuk (1995). *Aparaty elektryczne*. Warszawa: WNT.
4. J. Laskowski (1996). *Poradnik elektroenergetyka przemysłowego*, Warszawa: CO-SiW SEP.
5. *Poradnik inżyniera elektryka tom 3* (1996). Praca zbiorowa. Warszawa: WNT.
6. H. Markiewicz (2000). *Zagrożenia i ochrona od porażeń w instalacjach elektrycznych*. Warszawa: WNT.