

Moduł 4

Urządzenia grzejne i rozdzielnice nn

1. Rezystancyjne urządzenia grzejne
2. Elektrodynamiczne i indukcyjne urządzenia grzejne
3. Klasyfikacja rozdzielnic niskiego napięcia
4. Aparaty i urządzenia elektryczne instalowane w rozdzielnicach niskiego napięcia

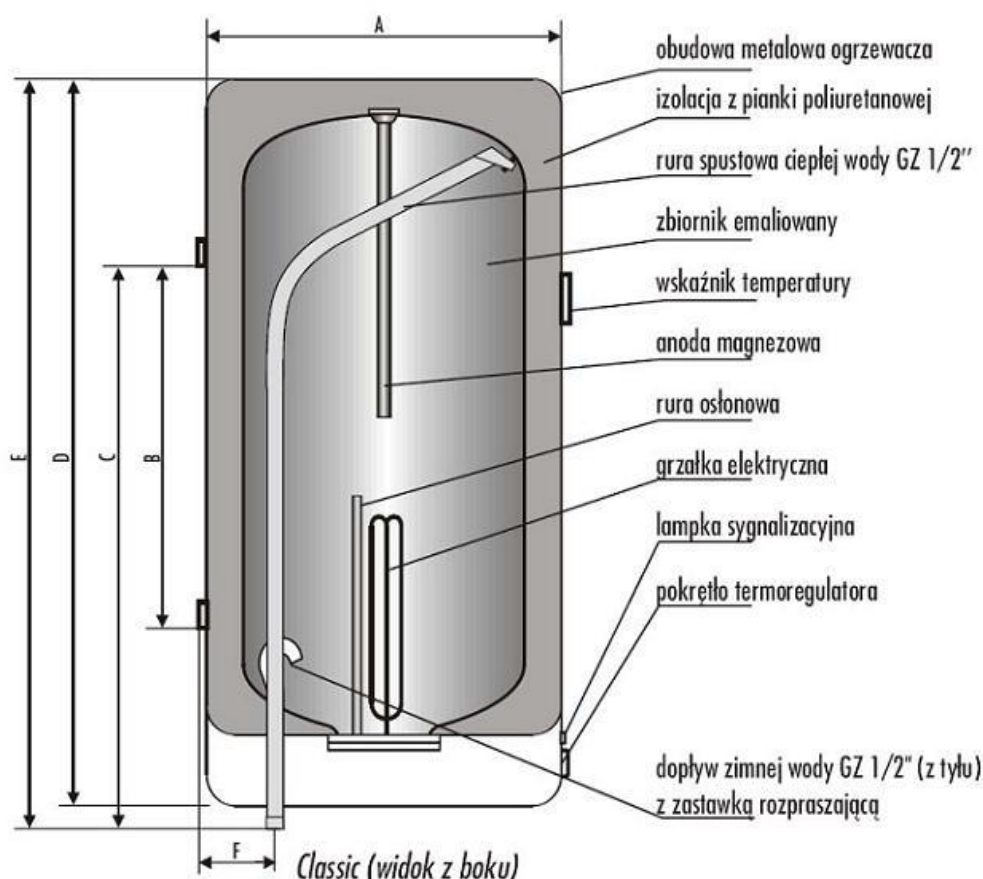
I. Rezystancyjne urządzenia grzejne

Rezystancyjne urządzenia grzejne wykorzystują zjawisko wydzielania się energii cieplnej przy przepływie prądu przez przewód. W innych – nie grzejnych – urządzeniach, ciepło jest wynikiem strat, a zasadniczą część energii zamienia się na energię mechaniczną (silniki) lub świetlną (lampy). Jeżeli odbiornik nie wykonuje żadnej wymienionej pracy, cała pobierana przez niego energia elektryczna jest zamieniana w energię cieplną.

W **gospodarstwie domowym** użytkuje się wiele urządzeń grzejnych, między innymi: grzałki, żelazka, czajniki, grzejniki pokojowe, kuchnie elektryczne.

Elementy grzejne stosowane w tych urządzeniach mają najczęściej postać skrętek z drutów lub taśm otoczonych izolacją. W starszych typach kuchenek, żelazek i innych, na przewód rezystancyjny nawlekane były koraliki ceramiczne izolujące go elektrycznie od metalowej obudowy. Takie rozwiązanie umożliwiało wymianę spirali, lecz stwarzało jednocześnie duże niebezpieczeństwo porażenia w przypadku pęknięcia kilku koralików. Obecnie większość urządzeń posiada druty lub taśmy niewymienne, zatopione w masie izolacyjnej odpornej na wysoką temperaturę. Zewnętrzną obudowę stanowią płytki lub rurki metalowe przekazujące ciepło.

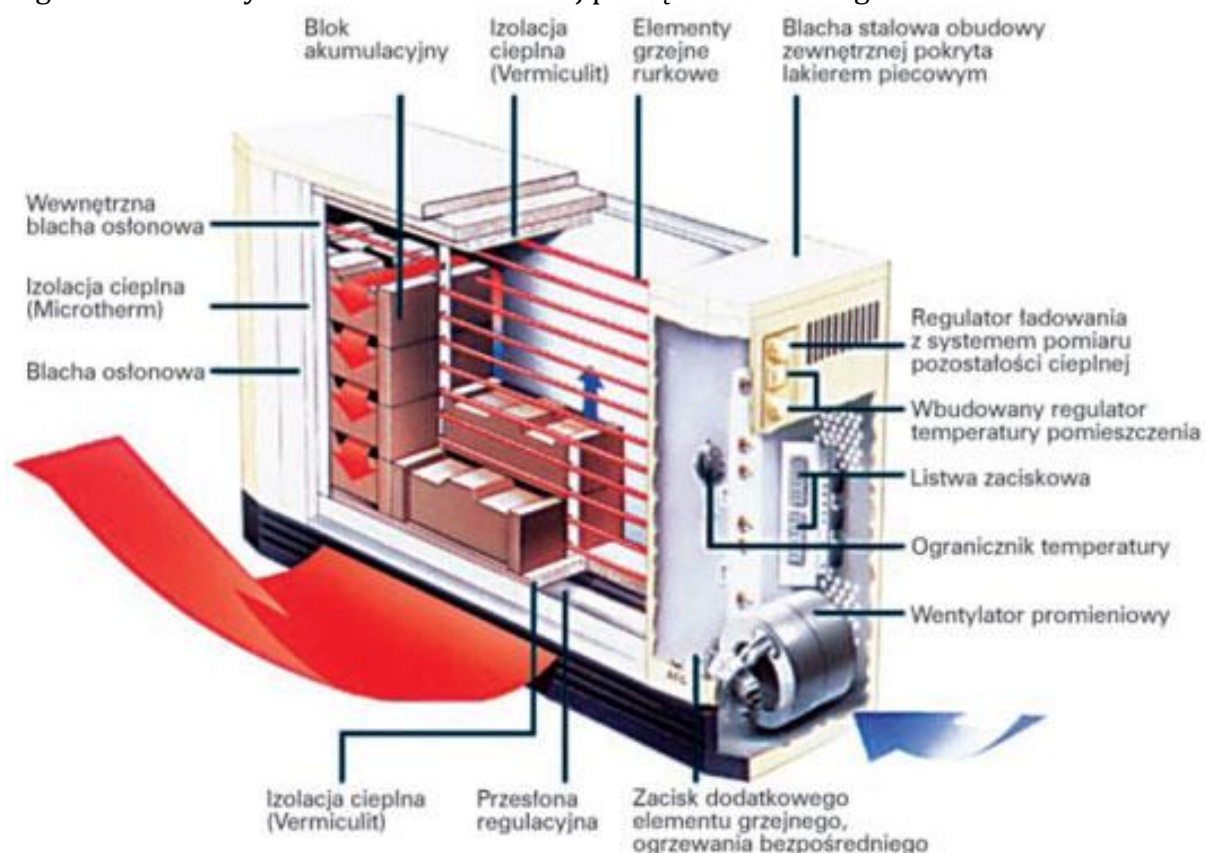
Poniżej opisane zostały wybrane rezystancyjne urządzenia grzejne.



Rys. 1 Elektryczny ogrzewacz wody BIAWAR

Źródło: <http://www.biawar.com.pl>, stan na dzień 28.08.2013

Zasadniczym **elementem ogrzewacza** wody, zwanego potocznie bojlerem, jest rurkowa grzałka z wtopioną wewnątrz spiralą rezystancyjną (oporową). Po nagrzaniu wody do odpowiedniej temperatury, umieszczony wewnątrz zbiornika termostat wyłącza dopływ prądu. Ochłodzenie się wody powoduje ponowne włączenie grzałki i ponowne nagrzewanie wody do wartości ustawionej pokrętkiem termoregulatora.



Rys. 2 Piec akumulacyjny

Źródło: <http://ogrzewnictwo.pl>, stan na dzień 28.08.2013

Piece akumulacyjne są urządzeniami stacjonarnymi, coraz częściej stosowanymi jako podstawowy system ogrzewania pomieszczeń. Ich działaniem steruje zazwyczaj bardzo prosty w obsłudze regulator. Użytkownik musi jedynie nastawić żadaną temperaturę, by więcej już nie pamiętać o eksploatacji pieca. Wszystko jest sterowane elektroniką, analizowana jest nawet temperatura zewnętrzna i ta, którą chcemy uzyskać w pomieszczeniu. Niezależnie od zalet takich jak łatwa obsługa i brak zanieczyszczeń, ogrzewanie to znacznie wyrównuje wykres dobowego obciążenia układu elektroenergetycznego. Dzieje się tak, ponieważ urządzenia gromadzą ciepło w okresach, gdy energia elektryczna jest sprzedawana odbiorcom po niższych cenach, a następnie oddają to ciepło w zależności od potrzeb w ciągu dnia, ogrzewając pomieszczenia.

W przypadku **gospodarstw domowych** akumulacja ciepła w piecach powinna odbywać się w czasie obowiązywania tańszej strefy w specjalnych taryfach oferowanych przez dostawcę energii – np. taryfa nocna, weekendowa lub grzewcza.

Oprócz rezystancyjnych urządzeń grzejnych stosowanych powszechnie w gospodarstwie domowym, wyróżnia się **oporowe urządzenia grzejne stosowane w przemyśle**. Do tej grupy należą głównie urządzenia o działaniu cieplnym, czyli zaopatrzone w element grzejny stanowiący źródło ciepła. Należą do nich piece (nagrzewnice) i suszarki. Są to najczęściej komorowe urządzenia służące do obróbki cieplnej, topienia bądź suszenia materiałów czy wyrobów.

Jako materiał na elementy grzejne używane są najczęściej stopy żelazochromoaluminowe, czyli ferrochromale lub fechrale, znane pod różnymi nazwami firmowymi jak:

- Kanthal,
- bairdonał,
- egapir i inne.

Rzadziej, ze względu na wysoką cenę, stosuje się stopy chromoniklowe (chromonikieliny beżelazowe i chromonikieliny żelazowe). Maksymalne dopuszczalne temperatury pracy tych elementów są rzędu 1000-1360°C. Trwałość tych elementów zależy w głównej mierze od temperatury w jakiej pracują.

Materiałami niemetalowymi używanymi jako elementy grzejne są:

- węgiel,
- grafit,
- karborund – zwany pod innymi nazwami firmowymi jako sylit, globar i inne.

Z urządzeń grzejnych rezystancyjnych pracujących ze współczynnikiem mocy $\cos\varphi = 1$ stosowanych w kraju spotyka się:

- piece elektryczne oporowe komorowe typu POK – hartowanie, odpuszczanie, wyżarzanie – temperatura pracy 600-1000°C;
- piece sylitowe komorowe typu KO i KS – obróbka cieplna metali, wypalanie materiałów ceramicznych – temperatura pracy 1300-1350°C;
- piece elektryczne wgłębne typu PEGAT – przeznaczone również do obróbki metali – temperatura pracy 700-950°C;
- piece elektryczne elewatorowe typu PED – wyżarzanie odlewów z żeliwa – temperatura pracy 950°C;
- piece elektryczne komorowe wysokotemperaturowe typu PEK – wypalanie ceramiki, laboratoria – temperatura pracy 1500°C;
- piece elektryczne komorowe uniwersalne typu PEKAT – obróbka cieplna wsadów stalowych – temperatura pracy 700-950°C;
- piece elektryczne wannowe typu PEW – przeznaczone do obróbki cieplnej przedmiotów metalowych w kąpeli solnej. Elementy grzejne są tu umieszczone w rurach na dnie wanny – temperatura pracy 550°C;
- piece elektryczne tyglowe typu PET – przeznaczone do obróbki cieplnej przedmiotów stalowych w roztopionych solach – temperatura pracy 850°C;
- suszarki elektryczne typu SEI¹ – przeznaczone do suszenia, odparowywania i wygrzewania – temperatura pracy 250°C.

¹ Laskowski J.: *Poradnik Elektroenergetyka Przemysłowego, Wydanie IV Poprawione i uzupełnione*, COSIW SEP, Warszawa 1996, s. 415

II. Elektrodogowe i indukcyjne urządzenia grzejne

Elektrodogowa metoda grzejna, w której prąd przepływa przez ciecz znajdującą się między elektrodami, jest stosowana do nagrzewania wody i wytwarzania pary w kotłach elektrodogowych wodnych i parowych, masy szklanej w wannach szklarskich, wyrobów stalowych w nagrzewnicach termoelektrolitycznych i piecach solnych oraz termoelektrolizerach do produkcji aluminium.

Piece solne elektrodogowe są grzejnikami przeznaczonymi do nagrzewania wsadu metalowego w roztopionej soli. Wytwarzanie ciepła w tych piecach odbywa się zgodnie z prawem Joule'a, w wyniku przepływu prądu przez roztopioną sól. Piece te należą do podgrupy otrzymywania ciepła metodą oporową.

Doprowadzenie ciepła do kąpeli odbywa się za pośrednictwem zanurzonych w niej elektrod. W Polsce produkuje się piece elektrodogowe typu PES o temperaturze 1350°C do nagrzewania przedmiotów metalowych w kąpeli solnej. Urządzenia te pracują ze współczynnikiem mocy ok. $\cos\varphi = 0,95$. Ponieważ sole w stanie zimnym (krystalicznym) mają dużą rezystywność, stosuje się elektrodogy pomocnicze, tzw. elektrodogy rozgrzewcze, umieszczone w małej odległości, które inicjują topienie się soli. Po częściowym jej roztopieniu proces dalszego grzania przejmują elektrodogy robocze, zaś pomocnicze podnoszone są do góry. Stosowanie elektrod rozgrzewczych jest konieczne, gdyż ze względu na małą rezystywność roztopionych soli oraz bezpieczeństwo obsługi, napięcia zasilające są rzędu kilkunastu, maksymalnie kilkudziesięciu woltów. Elektrodogy produkuje się z grafitu lub stali stopowych chromowych, a w przypadku używania cyjanku – z czystego żelaza.

Moc pieców elektrodogowych z zasady nie przekracza 150 kW. Do zasilania pieców stosuje się napięcie przemienne regulowane transformatorem zasilającym. Oprócz transformatorów do regulacji obciążenia służyć mogą przełączniki gwiazda – trójkąt lub regulatory indukcyjne.

Urządzenia grzejne indukcyjne dzielą się na:

- piece indukcyjne rdzeniowe,
- piece indukcyjne bezrdzeniowe,
- nagrzewnice indukcyjne.

Piec indukcyjny rdzeniowy zasilany napięciem przemennym o częstotliwości sieciowej działa na zasadzie transformatora w stanie zwarcia. Uzwojenie pierwotne (tzw. wzбудnik) zasilane jest napięciem jedno lub trójfazowym. Uzwojenie wtórne stanowi metal topiony – wsad – znajdujący się w kanale topnym. Działanie laboratoryjnego pieca indukcyjnego typu Lifumat do topienia próbek metali i stopów można obejrzeć pod adresem: http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=4-3IASb3Lzs.

Próbka metalu przeznaczona do stopienia jest ładowana do ceramicznego tygła, następnie podgrzewana indukcyjnie przez cewkę chłodzoną wodą. Po roztopieniu wsadu uruchamiane jest obrotowe ramię wytwarzające siłę odśrodkową, dzięki której roztopiony metal wypełnia stalową formę (kokilkę) i w niej zastyga, po czym jest wyjmowany z formy.

Warunkiem umożliwiającym pracę dużego pieca jest, aby wsad tworzył zawsze obwód zamknięty. Wymaga to pozostawienia w piecu zawsze pewnej ilości ciekłego metalu – tzw. zalewu. Zalew stanowi w piecach większych 25%, a w małych nawet 50% całkowitej objętości wsadu w piecu. Zalew pozostawia się w piecu w czasie przerwy w normalnej eksploatacji pracy pieca, np. w nocy, gdy rano normalna praca ma być

wznowiona. W celu podtrzymania zalewu w stanie ciekłym, piec musi być bez przerwy zasilany energią elektryczną – ok. 20% mocy znamionowej pieca. Skrzepnięcie metalu w kanale jest bardzo szkodliwe. Piece nowe i po wymianie wyprawy zalewa się przy uruchamianiu metalem roztopionym poza piecem.

Piece te stosuje się do topienia miedzi, brązu, cynku, aluminium i stopów aluminium, miedzi i stopów miedzi. Używane są również w procesie topienia i uszlachetniania żeliwa.

W skład urządzenia grzejnego wchodzi autotransformator służący do regulacji mocy za pomocą zmiany napięcia. Piece o mocy ok. 100 kVA budowane są jako jednofazowe. Naturalny współczynnik mocy tych pieców wynosi 0,6-1,0, a pieców do aluminium 0,4-0,5, ale pracując z baterią kondensatorów mają one współczynnik mocy równy 0,9-1,0.

Piec indukcyjny bezrdzeniowy. Piece tego typu są piecami tyglowymi przeznaczonymi do pracy cyklicznej. Tygiel pieca umieszczony jest we wzbudniku. Wzbudnik zasilany jest prądem o częstotliwości 50 Hz. Ciepło użyteczne powstaje dzięki indukowaniu się we wsadzie prądów wirowych.

Charakterystyczną właściwością pieców indukcyjnych jest mieszanie metalu pod działaniem sił elektrodynamicznych. Piece indukcyjne bezrdzeniowe stosowane są do topienia stali stopowych, metali szlachetnych, metali trudno topliwych i żeliwa oraz do topienia metali w próżni. Piece te budowane są z zasady jako układy jednofazowe. Napięcia zasilające wzbudnik wynoszą najczęściej 500-3000 V. Współczynnik mocy tego pieca jest mały ok. 0,2. We wszystkich piecach wzbudniki są chłodzone wodą. Częścią składową wyposażenia pieca jest zawsze bateria kondensatorów.

Nagrzewnice indukcyjne. W zależności od przeznaczenia i częstotliwości budowane są nagrzewnice rdzeniowe na częstotliwość 50 Hz oraz bezrdzeniowe na wyższe częstotliwości. W Polsce produkuje się między innymi następujące nagrzewnice:

- nagrzewnice indukcyjne rdzeniowe typu NIR przeznaczone do nagrzewania pierścieni stalowych przed nasadzeniem na piasty kół w celu uzyskania połączeń skurczowych. Nagrzewnica taka działa na zasadzie transformatora, uzwojenie pierwotne stanowi wzbudnik, a uzwojeniem wtórnym jest nagrzewany pierścień (wsad). Częstotliwość pracy 50 Hz, temperatura 350°C.
- nagrzewnice indukcyjne do kotłów typu NIK stosowane są do nagrzewania kotłów (autoklawów, reaktorów, kolumn absorpcyjnych) i znajdują szerokie zastosowanie w przemyśle chemicznym. Zasada działania nagrzewnicy polega na indukcyjnym nagrzewaniu ścianek metalowego zbiornika, od których wsad przejmuje energię cieplną.
- nagrzewnice indukcyjne średniej częstotliwości typu NI lub NIH stosowane są do nagrzewania skrośnego. Poddawane nagrzewaniu części metalowe umieszcza się we wzbudniku nagrzewnicy średniej częstotliwości. Indukowane we wsadzie prądy wirowe nagrzewają go powierzchniowo lub skrośnie w zależności od kształtu wsadu i czasu nagrzewania. Częstotliwość pracy 8 kHz lub 10 kHz.

III. Klasyfikacja rozdzielnic niskiego napięcia

Rozdzielnicą nazywa się zespół urządzeń elektroenergetycznych składających się z aparatury rozdzielczej, zabezpieczeniowej, pomiarowej, sterowniczej i sygnalizacyjnej wraz z szynami zbiorczymi, różnorodnymi połączeniami elektrycznymi, elementami izolacyjnymi oraz konstrukcją mechaniczną i osłonami, przeznaczony do rozdziału energii elektrycznej, łączenia i zabezpieczania linii oraz obwodów zasilających i odbiorczych. Rozdzielnice powinny charakteryzować się prostymi i przejrzystymi układami połączeń oraz budową zapewniającą:

- bezpieczeństwo obsługi,
- dogodną eksploatację, w szczególności łatwe i bezpieczne wykonywanie wszelkiego rodzaju przełączeń,
- łatwy montaż i konserwację,
- dużą niezawodność,
- możliwość rozbudowy,
- niewielki koszt i małe gabaryty.

Część rozdzielnicy grupująca zestaw aparatów przeznaczonych do wykonywania określonych zadań nazywamy polem. Rozdzielnice niskiego napięcia mogą być wykonywane jako:

- przyściennie – przylegające do ściany z dostępem do aparatów jedynie od przodu,
- wolnostojące – z możliwością dostępu do aparatów od czoła i od tyłu rozdzielnic.

Rozdzielnice niskiego napięcia, w zależności od konstrukcji oraz sposobu wykonania osłon części będących pod napięciem, są wytwarzane jako:

- tablicowe,
- skrzynkowe,
- szafowe szkieletowe,
- szafowe bezszkieletowe,
- jednoczęłkowe,
- dwuczęłkowe,
- przedziałowe,
- bezprzedziałowe.

Rozdzielnice tablicowe były powszechnie stosowane w pomieszczeniach nieprzemysłowych takich jak domki jednorodzinne, mieszkania, szkoły, szpitale i inne, w których dominują odbiorniki oświetleniowe oraz siłowe o stosunkowo niewielkich mocach znamionowych. Wszystkie aparaty montuje się na tablicy izolacyjnej. Zaciski przyłączeniowe obwodów są wyprowadzane na specjalną listwę mocowaną w taki sposób, że zapewnione jest łatwe wykonywanie łączeń i przełączeń bez zdejmowania tablicy. Połączenia między aparatami wykonuje się przewodem miedzianym o przekroju nie mniejszym jak $2,5 \text{ mm}^2$. Tablice przymocowuje się do ścian za pomocą specjalnych kotew lub kształtowników stalowych osadzonych na ścianie. Odległość między nieizolowanymi przewodami a ścianą nie powinna być mniejsza jak 15 mm. Tablice rozdzielcze należy umieszczać we wnękach lub skrzynkach z drzwiczkami ograniczającymi dostęp do przyrządów i części pod napięciem. Obecnie rozdzielnice tablicowe są stosowane bardzo wyjątkowo. Jednak przez dłuższy czas pozostaną dalej w eksploatacji, głównie w starszych obiektach budowlanych nieprzemysłowych.

Rozdzielnice skrzynkowe – w nich szyny zbiorcze, aparaty elektryczne i zestawy tych aparatów są instalowane w skrzynkach o znormalizowanych wielkościach. Skrzynki łączy się między sobą śrubami lub specjalnymi klinami i mocuje do ram stalowych na ścianach pomieszczeń. Bezpieczeństwo obsługi, niewielkie wymiary, łatwość montażu i rozbudowy, dobra ochrona przed warunkami środowiskowymi, w tym mechanicznymi oraz możliwość ich montażu w pomieszczeniach ogólnodostępnych spowodowały, że są one powszechnie stosowane w układach niskiego napięcia (nn) prądu przemiennego i stałego. Napięcia i prądy znamionowe rozdzielnic skrzynkowych zależą od ich konstrukcji. Do istotnych cech rozdzielnic skrzynkowych można zaliczyć:

- możliwość uzyskania stopnia ochrony IP65,
- doskonałe właściwości mechaniczne i elektryczne materiałów izolacyjnych, nie toksycznych i samogasnących,
- prosty i szybki sposób łączenia skrzynek za pomocą specjalnych klinów,
- możliwość zwiększenia głębokości skrzynek przez zastosowanie ramy pośredniczącej,
- możliwość montażu aparatów o dużych wymiarach,
- możliwość stosowania pierścieni wentylacyjnych o stopniu ochrony IP30 lub IP54,
- duże znamionowe wartości prądów zwarciovych,
- możliwość wykonywania zmian i rozbudowy rozdzielnic,
- łatwy serwis i dogodna eksploatacja,
- estetyczny wygląd.

Pokrywy skrzynek mogą być przezroczyste, matowe lub nieprzezroczyste.



Rys. 3 Przykładowe rozdzielnice skrzynkowe
Źródło: www.wtcentral.com.pl, Stan na dzień 31.08.2013

Rozdzielnice szkieletowe jednoczęłonowe – konstrukcję nośną wykonuje się ze stalowych kształtowników z blach perforowanych spawanych lub skręcanych. Cięższe aparaty, jak np. wyłączniki, przekładniki, bezpieczniki, umieszcza się na stalowych ramach stanowiących jednocześnie część konstrukcji wsporczej rozdzielnicy. Napędy

łączników, przyrządy pomiarowe, lampki sygnalizacyjne, przyciski sterownicze i inne instaluje się najczęściej na czołowej płycie osłonowej rozdzielnic.

Rozdzielnice bezszkieletowe – nie stosuje się osobnych elementów konstrukcji nośnej. Szafa rozdzielnic jest wykonana z odpowiednio ukształtowanych, skręcanych śrubami blach, stanowiących osłony zarówno pomiędzy poszczególnymi aparatami, jak i między szafami. Jedynie przy instalowaniu bardzo ciężkich aparatów może być konieczne wzmocnienie mechaniczne rozdzielnic za pomocą stalowych kształtowników łączących poszczególne węzły konstrukcyjne.

Oprócz rozdzielnic przeznaczonych do sterowania i zabezpieczeń linii elektroenergetycznych i różnych odbiorników energii elektrycznej są wytwarzane i stosowane szafy oraz pulpity sterownicze. Wyposażone są one w różnorodną aparaturę elektryczną i elektroniczną, przeznaczone zaś do sterowania zautomatyzowanymi procesami produkcyjnymi i liniami technologicznymi. Wyposażenie szaf zależy od przeznaczenia, rodzaju sterowanych obwodów i odbiorników oraz złożoności procesów produkcyjnych. Konstrukcje mechaniczne szaf sterowniczych są identyczne lub podobne do szaf rozdzielczych, mają stopień ochrony IP54, przeznaczone są do instalowania w pomieszczeniach ruchu elektrycznego lub pomieszczeniach ogólnie dostępnych.

Opisane rozdzielnice to jedynie niektóre, bardziej rozpowszechnione konstrukcje zaprojektowane i wytwarzane w Polsce lub budowane jako rozwiązania licencyjne. Podobnie liczne są konstrukcje wykonywane przez inne kraje lub koncerny międzynarodowe przemysłu elektrotechnicznego. Rozwiązania tam stosowane są identyczne lub podobne do opisanych pod względem budowy i zasady działania. Różnią się jedynie szczegółami konstrukcyjnymi samych szaf, sposobami rozwiązań prowadnic i zestyków rozłącznych lub różnorodnością standardowych modułów rozdzielnic dwuczłonowych².

IV. Aparaty i urządzenia elektryczne instalowane w rozdzielnicach niskiego napięcia

W rozdzielnicach niskiego napięcia najczęściej instalowanymi aparatami i urządzeniami elektrycznymi są:

1. wyłączniki instalacyjne – są przeznaczone do sterowania i zabezpieczeń przed skutkami przetężeń (przeciążeń i zwarć) obwodów odbiorczych instalacji oraz urządzeń elektrycznych w gospodarstwach domowych i innych. Wytwarza się je na napięcia znamionowe do 440 V, prądy znamionowe do 125 A i prądy wyłączalne do 25 kA, o charakterystykach czasowo-prądowych typu B, C i D. Najbardziej rozpowszechnione są jednak na prądy znamionowe do 63 A i prądy wyłączalne nie większe niż 10 kA. Wyłączniki instalacyjne na umiarkowane wartości prądów znamionowych ciągłych wytwarza się jako płaskie, o szerokości 18 mm, jednobiegunowe oraz wielobiegunowe, utworzone przez połączenie kilku wyłączników jednobiegunowych ze wspólnym napędem na wszystkie bieguny. Właściwości i parametry wyłączników instalacyjnych:
 - *czas umowny* – jest równy 1 h dla wyłączników o prądzie znamionowym do 63 A oraz 2 h dla wyłączników na większe prądy wyłączników;
 - *umowny prąd niezadziałania I_{nt}* – jest równy 1,13 prądu znamionowego wyzwalacza przeciążeniowego wyłącznika;

² H. Markiewicz, *Instalacje elektryczne*, WNT, Warszawa 2003, s 248

- *umowny prąd zadziałania I_t* – jest równy 1,45 prądu znamionowego wyzwalacza przeciążeniowego.

Wyłączniki instalacyjne wielobiegunowe obciążone jednobiegunowo przy pracy od stanu zimnego powinny zadziałać w czasie umownym przy przeciążeniu równym:

- 1,1 umownego prądu zadziałania w przypadku wyłączników dwubiegunowych,
- 1,2 umownego prądu zadziałania w przypadku wyłączników trój- i czterobiegunowych.



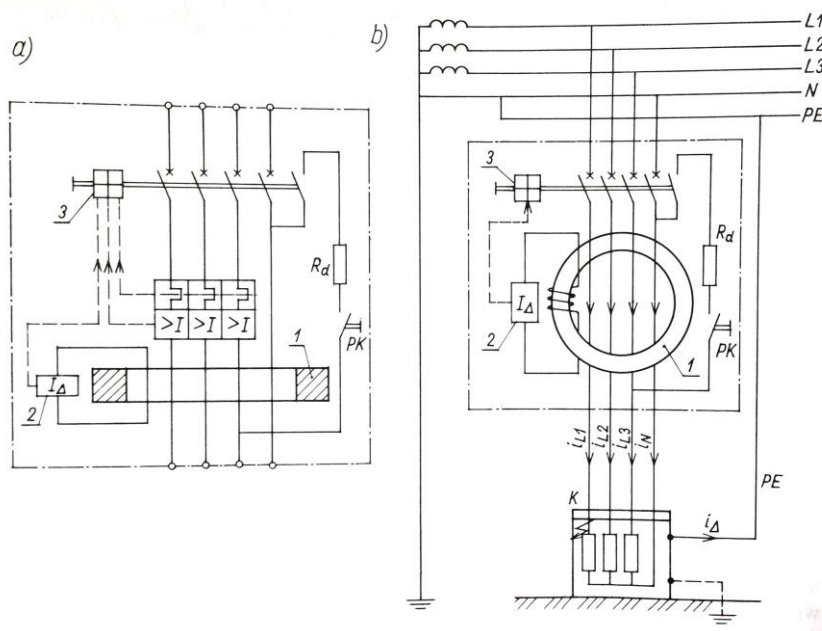
Rys. 4 Rodzina wyłączników instalacyjnych firmy Moeller

Źródło: Opracowanie własne na podstawie zdjęć zaczerpniętych ze strony producenta: <http://moeller.pl/> stan na dzień 31.08.2013

2. wyłączniki różnicowoprądowe – ich 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 Φ wytworzony przez te prądy są równe zero:

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

$$\Phi = 0$$



Rys. 5 - 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

Jeżeli w zasilanym obwodzie wystąpi osłabienie lub uszkodzenie izolacji doziemnej, powodujące przepływ prądu upływowego I_{Δ} 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_{Δ} . Kiedy ten prąd 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.



Rys. 6 Wyłącznik różnicowoprądowy

Źródło: <http://www.tme.eu/pl/katalog/>, stan na dzień 21.08.2013

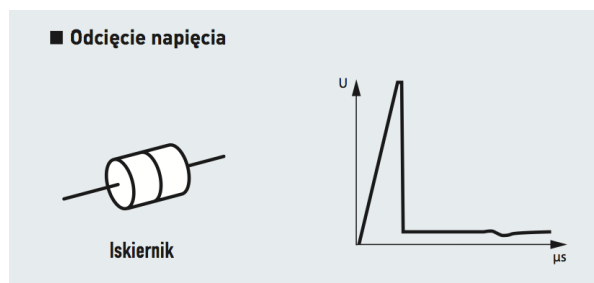
3. ochronniki przeciwprzepięciowe – są urządzeniami elektrycznymi ograniczającymi przepięcia i sprowadzającymi do ziemi prądy udarowe pochodzące od przepięć bezpośrednich i pośrednich. Ochronniki przeciwprzepięciowe typu 1 + 2 (klasy B+C) zapewniają dwustopniowy poziom ochrony. Ich stosowanie nie wymaga użycia dławików odsprzęgających oraz zajmują w rozdzielnicach mniej miejsca niż ochronnik typu 1 (klasy B), typu 2 (klasy C) i dławiki odsprzęgające. Rodzaje ochronników przeciwprzepięciowych:

- typ 1 (klasa B) – pierwszy stopień ochrony. Umożliwiają przepływ do ziemi prądu w postaci fali 10/350 μs , najbliższej w swej charakterystyce fali prądu udarowego. Dlatego też ochronniki tego typu mają większą wydajność rozładowywania energii. Stosowane są w miejscach wprowadzenia zasilania do budynku (w rozdzielnicach głównych) oraz wtedy, gdy instalacja elektryczna jest narażona na bezpośrednie działanie prądu udarowego, czyli gdy:
 - budynek wyposażony jest w instalację odgromową – piorunochron,
 - budynek zasilany jest z linii napowietrznej,
 - budynek zasilany jest z krótkiego podejścia kablowego – poniżej 150 m,
 - budynek posiada wspólny uziom z innymi budynkami narażonymi na bezpośrednie działanie prądu udarowego.

- typ 2 (klasa C) – drugi stopień ochrony. Umożliwiają przepływ do ziemi prądu w postaci fali 8/20 μs , najbliższej w swej charakterystyce falom prądowym z uwagi na bezpośrednie uderzenie pioruna. Stosowane są wewnątrz instalacji elektrycznej za rozdzielnicą główną, czyli w rozdzielnicach obwodowych, piętrowych, mieszkaniowych.
- typ 3 (klasa D) – stosowane do zabezpieczenia końcowego, przy zabezpieczanym urządzeniu, np. gniazdka i puszki.

Istnieją dwa różne sposoby działania ochronników przeciwprzepięciowych. Zasada działania zależy w tym przypadku od technologii zastosowanej do ich wykonania:

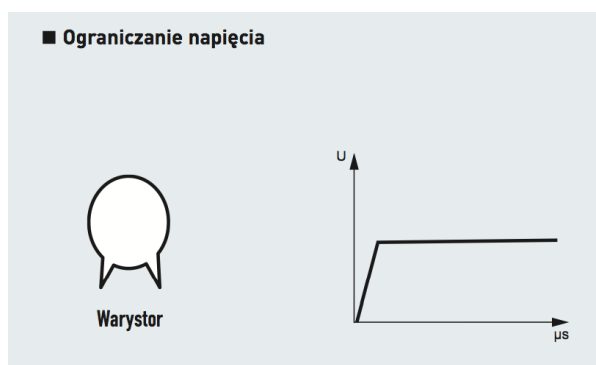
- ochronniki iskiernikowe – mają możliwość odprowadzania dużej energii i indukowania małych zakłóceń. Czas ich reakcji jest zmienny i zależy od warunków atmosferycznych i rodzaju udaru, a prąd następczy osiąga dużą wartość. Są zwykle stosowane w sieciach energetycznych oraz na wejściu instalacji w budynkach przemysłowych i komercyjnych.



Rys. 7 Ochronnik iskiernikowy

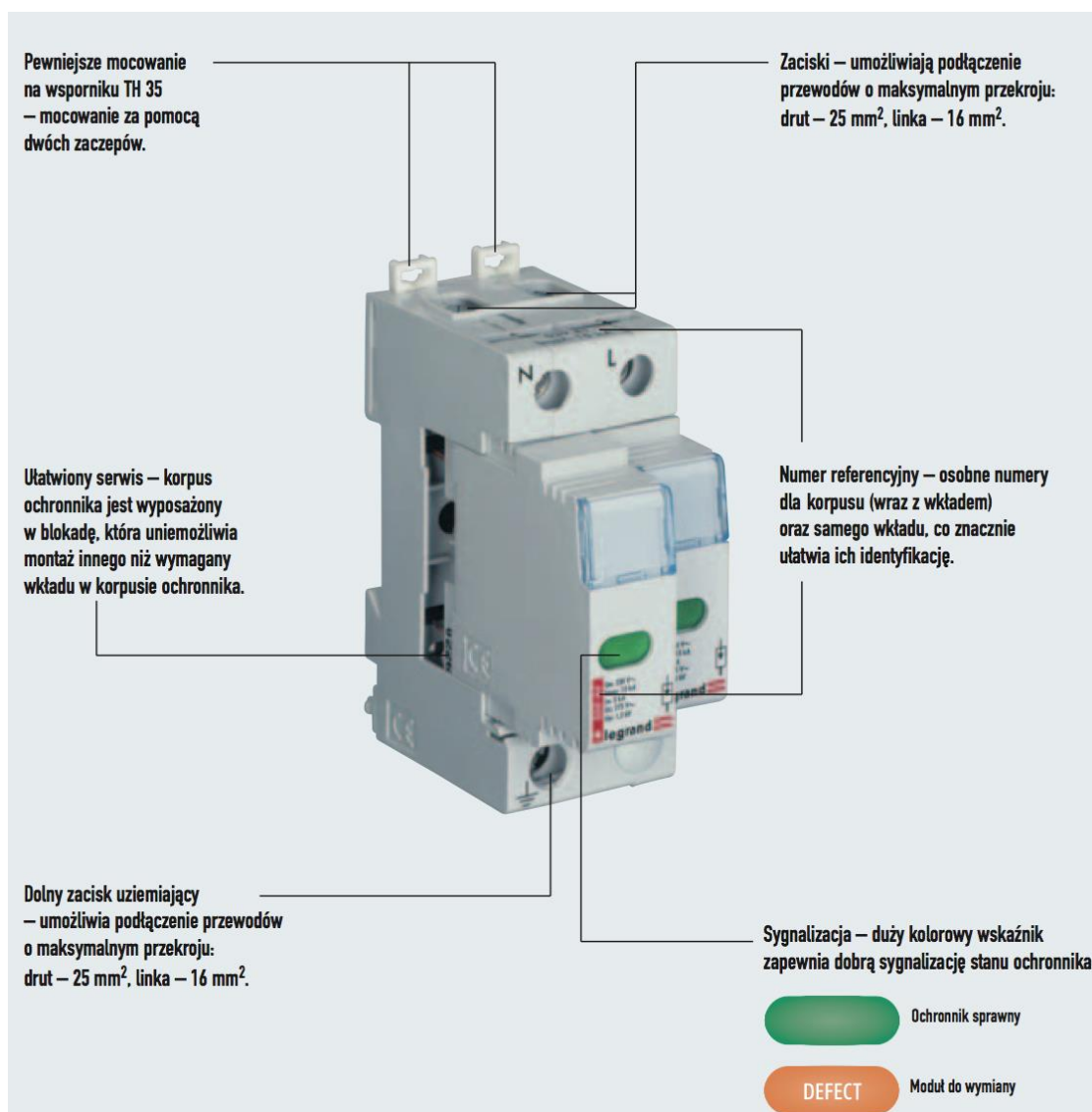
Źródło: Ochronniki przeciwprzepięciowe, Poradnik techniczny, Legrand

- ochronniki warystorowe – warystor jest elementem zbudowanym na bazie tlenku cynku (ZnO) o właściwościach nieliniowych. Przy normalnym napięciu pracy, jego rezystancja jest bardzo wysoka, a prąd upływowy bardzo mały poniżej 1 mA. Gdy pojawia się napięcie, wartość rezystancji gwałtownie maleje i znaczna część prądu zostaje odprowadzona do ziemi, ograniczając w ten sposób przepięcie. Starzenie warystora następuje dość szybko – po kilku wyładowaniach atmosferycznych. Wówczas należy ochronnik wymienić.



Rys. 8 Ochronnik warystorowy

Źródło: Ochronniki przeciwprzepięciowe, Poradnik techniczny, Legrand



Rys. 9 Budowa ochronnika

Źródło: Ochronniki przeciwprzepięciowe, Poradnik techniczny, Legrand

4. wyłączniki silnikowe – są przeznaczone do sterowania i zabezpieczeń przed skutkami przetężeń, a dzięki zainstalowaniu dodatkowych wyzwalaczy również przed niepożądanymi skutkami związanymi z zanikiem lub znacznym obniżeniem napięcia zasilającego; chronią przed asymetrią obciążenia i niepełnofazową pracą silników. Produkowane są na napięcia znamionowe do 690 V i prądy znamionowe do 80 A, jednak najbardziej rozpowszechnione są te o prądach do 40 A. Wyłączniki silnikowe mogą być wyposażone w wyzwalacze przeciążeniowe i zwarciowe, same wyzwalacze przeciążeniowe lub tylko w wyzwalacze zwarciowe. Produkuje się również wyłączniki z wyzwalaczami napięciowymi – zanikowymi lub wzrostowymi – lub reagującymi na asymetrię obciążenia bądź niepełnofazową pracę. Wyłączniki silnikowe instaluje się w obwodach, w których mogą występować w czasie normalnej pracy znaczne przetężenia, dlatego ich charakterystyki czasowo-prądowe są zbliżone do charakterystyk typu D. Prąd niezadziałania takich wyłączników to 1,05, a z zadziałania to 1,20 prądu wyzwalacza przeciążeniowego, dlatego tego typu wyłączniki skuteczniej niż inne konstrukcje aparatów chronią instalacje i urządzenia elektryczne przed skutkami przeciążeń.



Rysunek 10 Wyłącznik silnikowy

Źródło: http://www.tme.eu/pl/katalog/wylaczniki-silnikowe_100413/, stan na dzień 21.08.2013r.

5. bezpieczniki – bezpieczniki topikowe – to łączniki jednorazowego działania, przeznaczone do samoczynnego wyłączania obwodów i odbiorników w przypadkach przepływu prądów o wartościach większych niż prądy znamionowe wkładek bezpiecznikowych, po czasie zależnym od wartości prądu i właściwości wkładki bezpiecznikowej. Bezpiecznik jako kompletny łącznik składa się z podstawy i wkładki bezpiecznikowej.

Rozpowszechnione są dwie podstawowe konstrukcje bezpieczników określanych jako instalacyjne oraz przemysłowe – stacyjne.

W **bezpiecznikach instalacyjnych** do mocowania wkładki topikowej w gnieździe bezpiecznikowym służy specjalna gwintowana główka. W gnieździe – podstawie – jest miejsce do wkręcenia wkładki kalibrowanej o średnicy zależnej od prądu znamionowego wkładki, ograniczającej możliwość zamiany wkładki właściwej na wkładkę o większym prądzie znamionowym. Wymiana wkładki w bezpiecznikach instalacyjnych może być wykonana przez osoby bez fachowego przygotowania, z zachowaniem elementarnych środków bezpieczeństwa.

W **bezpiecznikach przemysłowych** wkładki bezpiecznikowe są wykonane przeważnie w postaci ceramicznych prostopadłościanów ze stykami nożowymi srebrzonymi, mocowanymi w podstawie bezpiecznikowej ze stykami szczękowymi. Bezpieczniki takie powinny być obsługiwane przez osoby upoważnione.

Najbardziej istotną częścią bezpiecznika jest topik wykonany w postaci miedzianego drutu lub kilku drutów połączonych równolegle, a w bezpiecznikach na większe prądy znamionowe w postaci paska lub kilku pasków posrebrzonych. Elementy topikowe są umieszczone w ceramicznej obudowie – korpusie – wypełnionej piaskiem kwarcowym mającym za zadanie gaszenie łuku elektrycznego oraz ogranicza ciśnienie przenoszone na ścianki korpusu podczas palenia się łuku. Piasek ułatwia również odprowadzanie ciepła z elementu topikowego podczas długotrwałego przepływu prądu³.

W zależności od rodzaju zabezpieczanego urządzenia, dobiera się wkładkę bezpiecznikową o odpowiedniej charakterystyce czasowej. Oznaczenie wkładek składa się z dwóch liter, pierwsza z nich – mała – określa zdolność wyłączenia wkładki:

³ H. Markiewicz, *Instalacje elektryczne*, WNT, Warszawa 2003, s 119

- a – charakterystyka niepełnozakresowa; ochrona tylko przed skutkami zwarć,
- g – charakterystyka pełnozakresowa; ochrona przed skutkami zwarć i przeciążeń.

Druga litera, duża, oznacza przeznaczenie zabezpieczenia do poszczególnych urządzeń:

- L – do przewodów i kabli,
- M – do silników,
- R – do elementów energoelektronicznych,
- B – do urządzeń elektroenergetycznych górniczych,
- Tr – do transformatorów,
- G – ogólnego przeznaczenia.

Tak oznacza się bezpieczniki dużej mocy, przemysłowe. Krajowe wkładki topikowe o charakterystyce zwłocznej oznaczone są symbolami WTN-00, 1, 1C, 2, 3 natomiast o charakterystyce szybkiej symbolem WT/F. Litera C oznacza wkładkę o zmniejszonych wymiarach.

Przykład :

WT 00/F 40A – wkładka topikowa szybka o prądzie znamionowym 40A.

WTN 00-160A 500V gG – wkładka topikowa nożowa, zwłoczna, ogólnego przeznaczenia o prądzie znamionowym 160A i napięciu znamionowym 500V. 00 oznacza wielkość wkładki, czyli zakres prądów znamionowych, na które wkładka jest produkowana.

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.

Netografia:

1. <http://www.biawar.com.pl>
2. <http://ogrzewnictwo.pl>
3. http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=4-3IASb3Lzs
4. <http://moeller.pl/>
5. <http://www.tme.eu/pl/katalog/>
6. http://www.tme.eu/pl/katalog/wylaczniki-silnikowe_100413/
7. <http://www.wtcentral.com.pl>