

Tomasz Nowak

Akademia Morska w Gdyni

ROZDZIELNICE OKRĘTOWE – PRZEGLĄD WYBRANYCH WSPÓŁCZESNYCH ROZWIĄZAŃ

Dynamiczny rozwój elektroenergetyki okrętowej w ostatnich latach oraz zainstalowane coraz większe napięcia i moce wymagają coraz sprawniejszych systemów dystrybucji energii (rozdzielnic). Artykuł jest próbą nieskomplikowanego spojrzenia na rozwój w dziedzinie budowy rozdzielnic okrętowych nn i Sn na podstawie kilku najważniejszych rozwiązań oferowanych przez producentów w kontekście wymagań towarzystw klasyfikacyjnych.

WPROWADZENIE

Rozdzielnicą elektroenergetyczną nazywa się zbiór urządzeń elektroenergetycznych, zazwyczaj umieszczonych we wspólnej obudowie, przeznaczonych do rozdziału energii elektrycznej, składający się z aparatów rozdzielczych, zabezpieczających i pomiarowych, aparatury sterowniczej i sygnalizacyjnej wraz z szynami zbiorczymi i częściami izolacyjnymi oraz konstrukcją mechaniczną.

Obserwowany gwałtowny rozwój systemów elektroenergetycznych na statkach wymaga sprawnego i logicznego zasilania. Ciągły wzrost specyfikacji statków, zwiększanie mocy zainstalowanej spowodował powszechne wprowadzenie do systemów okrętowych wysokiego napięcia (3,3; 6 kV) oraz odpowiednio zaprojektowanych układów rozdziału mocy. Koniecznym w tym przypadku zabiegiem staje się przegląd oferowanych przez producentów rozwiązań rozdzielnic oraz analiza użyteczności proponowanego rozwiązania.

1. SYSTEM ROZDZIELCZY STATKU

Systemy i urządzenia okrętowe wymagają odpowiedniego zasilania elektrycznego o określonej i normowanej jakości. Ze względu na bezpieczeństwo oraz możliwe poważne straty ekonomiczne w przypadku nieprawidłowego działania okrętowego systemu elektroenergetycznego zachodzi konieczność budowy systemów elektroenergetycznych o dużej niezawodności.

Standardowe rozwiązania systemu rozdziału energii na statku oparte są na systemie promieniowym składającym się z modułowej rozdzielnicy głównej (RG), gdzie dostarczana jest energia z prądnic, a następnie wysyłana do rozdzielnic pomocniczych lub bezpośrednio odbiorników. Przykładem standardowego rozwiązania jest rozdzielnica RG 103A w laboratorium Akademii Morskiej w Gdyni (rys. 1) [1].

W skład standardowej rozdzielnicy głównej wchodzi:

- szyny zbiorcze główne,
- aparatura rozdzielcza (łączniki, bezpieczniki),
- aparatura pomiarowa (mierniki, przekładniki pomiarowe),
- aparatura sterownicza i sygnalizacyjna,
- układy wzbudzenia i regulacji napięcia,
- układy synchronizacji prądnic,
- układy zabezpieczeń generatorowych,
- aparatura komunikacji systemu sterowania i kontroli,
- obudowa z oświetleniem.



Rys. 1. Okrętowa rozdzielnica RG 103A w Laboratorium Elektroenergetyki Akademii Morskiej w Gdyni

Fig. 1. Ship Main Switchboard 103A in Laboratory of Electrical Engineering Maritime University of Gdynia [self made photo]

Aparatura sterownicza i mierniki związane z rozdzielnicami głównymi mogą być umieszczone także w oddzielnych pulpitych kontrolno-pomiarowych. Takie rozwiązania rozdzielnic wynikają z wymagań zawartych w przepisach klasyfikacyjnych. Polski Rejestr Statków między innymi określa w przepisach wyposażenie RG ze względu na zasilanie ważnych urządzeń oraz jej posadowienie i współpracę z rozdzielnicą awaryjną RA i innymi systemami statku.

Z szyn rozdzielnicy głównej powinny być zasilane oddzielnymi obwodami następujące odbiorniki:

- napęd elektryczny urządzenia sterowego,
- napędy elektryczne pomp pożarniczych,

- napędy elektryczne pomp zęzowych,
- napędy elektryczne urządzeń kotwicznych,
- rozdzielnice urządzeń radiokomunikacyjnych i nawigacyjnych,
- rozdzielnica świateł nawigacyjnych,
- rozdzielnice pulpitu sterowniczo-kontrolnego ruchu statku,
- napędy elektryczne mechanizmów zapewniających pracę napędu głównego,
- urządzenia sterowania śrub nastawnych,
- urządzenia do ładowania baterii akumulatorów,
- inne niewymienione wyżej odbiorniki, określane każdorazowo przez PRS [2].

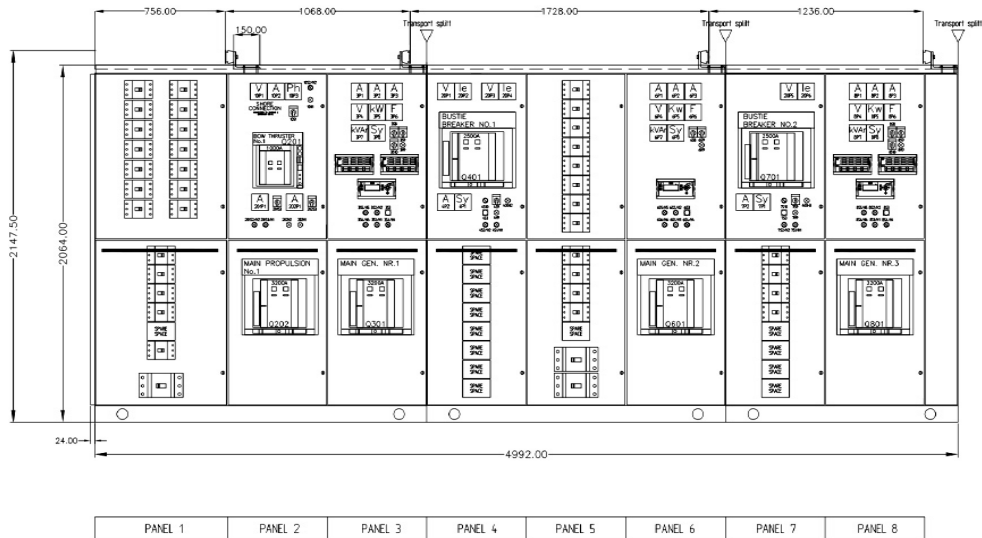
Rozdzielnice pulpitu sterowniczo-kontrolnego powinny być zasilane dwoma niezależnymi obwodami bezpośrednio z rozdzielnicy głównej lub poprzez transformatory. W przypadku umieszczenia w pulpicie urządzeń elektrycznych, nawigacyjnych, radiowych, elektrycznych urządzeń automatyki i zdalnego sterowania mechanizmami głównymi i pomocniczymi urządzenia te powinny być zasilane niezależnymi obwodami. Konstrukcja drzwiczek rozdzielnic i pulpitu powinna być taka, aby po ich otwarciu zapewniony był dostęp do części wymagających obsługi, a części znajdujące się pod napięciem i umieszczone na drzwiczkach powinny być zabezpieczone przed przypadkowym dotknięciem. Otwierane drzwiczki i pokrywy, na których umieszczone są elektryczne aparaty sterownicze i przyrządy pomiarowe, powinny być skutecznie uziemione co najmniej jednym przewodem giętkim. Połączenia aparatów i przyrządów powinny być wykonane również przewodami giętkimi. Szyny zbiorcze i przewody połączeniowe używane w rozdzielnicach i pulpitach powinny być wykonane z miedzi elektrolitycznej i tak zwymiarowane, aby nie nagrzewały się ponad temperaturę dopuszczalną, określoną w normach. Aparaty, przyrządy i obwody rozdzielnic odchodzące z rozdzielnic i pulpitu powinny mieć napisy informacyjne, zawierające oznaczenie obwodu, wartości nastawienia zabezpieczeń przeciążeniowych i prądy znamionowe zastosowanych bezpieczników. Rozdzielnice główne lub pulpity należy wyposażyć w przyrządy kontrolujące parametry źródeł energii elektrycznej oraz stan oporności izolacji sieci statku. Wartości graniczne powinny być oznaczone kolorem czerwonym.

Rozdzielnice i pulpity należy umieszczać w miejscach łatwo dostępnych, umożliwiających normalną obsługę i wymianę części. Wnęki przeznaczone na umieszczenie rozdzielnic i pulpitu powinny być wykonane z materiału niepalnego lub pokryte takim materiałem.

Przykładem współczesnej rozdzielnicy modułowej jest rozdzielnica UT 535 N wykonana przez firmę Rolls Royce Marine PES Austevoll AS w roku 2011. Zawiera ona 3 główne szyny zbiorcze na napięcie 440 V, podzielone na 3 sekcje, oddzielone łącznikami. Zasilają one również rozdzielnicę 230 V poprzez transformatory (rys. 2). Składa się z 11 wyspecjalizowanych pól, które mają następujące przeznaczenie:

- pole nr 1 – pole odbiorników ważnych nr 2,
- pole 2 i 9 – pole napędów i pędników 1 i 2,

- pole 3, 6, 8 – pole generatorów odpowiednio: G_1 , G_2 , G_3 ,
- pole 4 i 7 – pole łącznika szyn zbiorczych 1 i 2,
- pole nr 5 – pole odbiorników 230 V,
- pole nr 10 – pole odbiorników ważnych nr 2,
- pole nr 11 – pole generatora HG (przy połączeniu z łądem).



Rys. 2. Część frontowa rozdzielnicy UT535N, pola 1–8 [2]

Fig. 2. Front panel of Switchboards UT535N, switchgear 1–8 [2]

Podstawową automatykę zastosowaną w rozdzielnicy stanowi PMS (*Power Management System*) duńskiej firmy DEIF, model Delomatic 4, zintegrowany z rozdzielnicą. Łącznie system liczy 5 jednostek (DGU) – po jednej dla każdego z generatorów (w tym jedna dla generatora w rozdzielnicy awaryjnej). Każda jednostka DGU posiada swój wyświetlacz DU (*Display Unit*), a w polach nr 3 i nr 8 są umieszczone po 2 panele AOP (*Advanced Operator Panel* – zaawansowany panel obsługi). Delomatic 4 jest elastycznym systemem zarządzania energią o szerokiej skali średnich i zaawansowanych zastosowań. System ten ma na celu kontrolę, nadzór i ochronę generatorów. Pod jego kontrolą może pracować do 15 generatorów. Ponadto Delomatic 4 może kontrolować generatory wałowe, łączniki, połączenia z łądem itp. [2].

System ten wykonuje szeroką gamę czynności związanych z zarządzaniem energią, takich jak:

- niezależny start/stop z programowalnym priorytetem startu,
- kontrola odbiorów ciężkich,
- rozpoczęcie sekwencji blackoutu,
- kontrola i nadzór łączników sekcji szyn oraz łączników z łądem,
- symetryczny i asymetryczny rozdział obciążenia,
- wyłączenie odbiorników mniej ważnych.

Istnieje możliwość rozbudowy każdej jednostki DGU o dodatkowe moduły, które są montowane w ramce. Te mogą różnić się wielkością, w zależności od potrzeb systemu i modułów synchronizujących. Wszystkie rozwiązania są oparte na czterech następujących modułach:

- PCM (8TE) – przychodzący wraz z ramką zasilacz systemu, procesor główny (CPU) i router wejść/wyjść w systemach rozproszonych i w przypadku różnych interfejsów zewnętrznych (3xCAN, 1xRS485, ARCnet, USB);
- IOM (6 TE) – uniwersalny moduł wejść/wyjść, zawierający: 16 kanałów wejść (możliwość wyboru trybu analogowego lub cyfrowego za pomocą mostków), 12 wyjść przekaźnikowych, 2 wyjścia analogowe (0 ... 20 mA, 4 ... 20 mA);
- SCM 4-1 (6 TE) – multiprzetwornik elektrycznych pomiarów 3-fazowych o wysokiej precyzji (klasa 0,5) oraz zintegrowany synchronizator i kontroler łączników;
- SCM 4-2 (12 TE) – multiprzetwornik elektrycznych pomiarów 3-fazowych o wysokiej precyzji (klasa 0,5), zintegrowany synchronizator i kontroler łączników oraz panel kontrolera dla GOV i AVR (binarny lub analogowy).

Sterowanie pracą prądnic odbywa się na podstawie realizacji następujących funkcji:

- załączanie prądnicy na szyny bez napięcia,
- synchronizacja ręczna,
- załączenie prądnicy na szyny do pracy równoległej,
- regulacja częstotliwości,
- rozdział mocy,
- wyłączenie zasilania szyn z prądnicy,
- sterowanie łącznikiem stycznikowym zasilającym odbiory,
- automatyczna synchronizacja i załączenie prądnicy.

2. NOWOCZESNE ROZWIĄZANIA ROZDZIELNIC OKRETOWYCH NN

2.1. ELMOR RNG – modułowy system rozdzielnic niskiego napięcia

System rozdzielnic RNG to kompleksowe rozwiązanie konstrukcyjno-montażowe, opracowane z myślą o zaspokojeniu wysokich wymagań rynku w dziedzinie niskonapięciowych urządzeń rozdzielczo-sterowniczych, takich jak:

- niezawodność działania,
- bezpieczeństwo obsługi,
- funkcjonalność i łatwość obsługi,
- przejrzystość układu elektrycznego,
- możliwość wykonania większości prac konserwacyjnych i naprawczych bez pozbawiania rozdzielnic napięcia,
- łatwość wprowadzania zmian w wyposażeniu.

Istotą tego systemu jest modułowość oraz unifikacja. Wynika z nich duża elastyczność na etapie projektowania, produkcji, eksploatacji i ewentualnych prac modernizacyjnych. System RNG oferuje wiele dogodnych rozwiązań, z których najważniejsze to:

- możliwość stacjonarnej, wtykowej i wysuwnej zabudowy wyposażenia,
- możliwość instalowania bloków funkcjonalnych na płytach stacjonarnych, wtykowych lub na członach wysuwnych (kasetach),
- możliwość wewnętrznego podziału za pomocą przegród i osłon ochronnych,
- łatwy dostęp do aparatury.

System RNG oferuje bogatą gamę rozwiązań bloków funkcjonalnych w wykonaniu jedno- lub dwuczłonowym. Aparatura bloków funkcjonalnych może być zainstalowana w segmentach na stałe bądź w członach ruchomych (kasetach) lub na płytach wtykowych. Zarówno kasety, jak i płyty są zunifikowane pod względem mechanicznym i elektrycznym. Kasety mogą zajmować cztery położenia: „praca”, „próba”, „odłączenie”, „rozdzielenie”.

W położeniu „próba” jest możliwe bezpieczne sprawdzenie obwodów pomocniczych. W położeniu „rozdzielenie”, tzn. po całkowitym usunięciu kasety z segmentu, specjalne przegrody izolacyjne na szynociągu zapewniają ochronę przed dotykiem części pod napięciem (rys. 3) [5].



Rys. 3. Kasety członu ruchomego systemu RNG [2]

Fig. 3. The movable cassette RNG system [2]

2.2. Kongsberg K-Power – integracja z motorstarterami

Rozdzielnice główne K-Power firmy Kongsberg to kompaktowe centrum dystrybucji energii, które spełnia specyficzne wymagania i trudne warunki środowiskowe jednostek handlowych i typu offshore. Wraz z PMS-em K-Chief oraz inteligentnymi motorstarterami rozdzielnica K-Power idealnie nadaje się dla jednostek ze zintegrowanymi rozwiązaniami automatyki.

Główną zaletą rozdzielnic K-Power są zintegrowane inteligentne motorstartery. Zapewniają one pełną kontrolę obsługiwanych urządzeń, ich ochronę i monitorowanie oraz funkcje trybu zdalnego. Ich zastosowanie wiąże się ze zmniejszeniem ilości okablowania, a zatem również z mniejszymi kosztami (rys. 4).



Rys. 4. Przykładowy widok szaf sterowniczych zintegrowanych z rozdzielnicą K-Power [2]

Fig. 4. View of the control boxes integrated with switchboards K-Power [2]

Przykładowe szafy sterownicze zintegrowane z rozdzielnicą to:

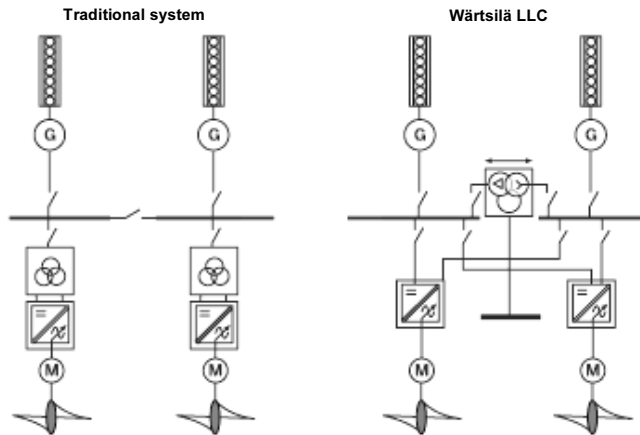
- startery indywidualne i grupowe,
- motorstartery,
- tablice rozdzielcze mocy i oświetlenia,
- tablica próby elektrycznej,
- tablica ładowania i rozładowania akumulatorów,
- sterowanie zdalne i alarmy [2].

2.3. Wärtsilä Low Loss Concept (LLC)

System LLC jest nowym alternatywnym systemem rozdziału energii w sieciach niskiego i średniego napięcia o mocy od 5 do 70 MW, opatentowanym przez firmę Wärtsilä w 2008 roku. Projekt ten został opracowany z myślą o napędach elektrycznych, hybrydowych, oszczędności paliwa oraz alternatywnych sposobach produkcji energii.

System LLC przedstawia nowy kierunek w dziedzinie zasilania przetwornic napędów elektrycznych. Głównym motywem powstania tego rozwiązania jest wyeliminowanie bądź zredukowanie liczby transformatorów zasilających na rzecz przetwornic częstotliwości, zwłaszcza tych zasilających napęd elektryczny.

LLC jest oparte na często używanym rozwiązaniu z transformatorem przesuwającym fazę o 30 stopni, który zapewnia niezbędną eliminację prądów harmonicznych generowanych przez mostki prostownicze falownika [3].



Rys. 5. Układ Wartsilä LLC [2]

Fig. 5. System of LLC Wartsilä [2]

3. NOWOCZESNE ROZWIĄZANIA ROZDZIELNIC OKRĘTOWYCH SN

Rozdzielnice średniego napięcia budowane są na napięcia znamionowe od 3 do 11 kV. Prądy znamionowe ciągłe szyn zbiorczych i pól zasilających zazwyczaj wynoszą od 400 do 4000 A, zaś prądy znamionowe krótkotrwałe jednosekundowe osiągają wartości od 10 do 50 kA.

Rozdzielnice Sn mogą mieć konstrukcję modułową lub kompaktową, budowane w różnej technologii izolacji (powietrznej, gazowej SF₆, żywicznej – rys. 6) i SA oferowane przez różnych producentów, takich jak: Elmor, Schneider Electric, Aparator itp.

Najbardziej rozpowszechnionymi rozdzielnicami są rozdzielnice modułowe, które są składane z jednakowych członów montażowych, zawierających pola o różnym przeznaczeniu, np. liniowe, transformatorowe, kablowe, pomiarowe. Modułowy system budowy rozdzielnic umożliwia zestawianie poszczególnych pól w miejscu instalacji rozdzielnicy, bez konieczności ingerencji w ich wyposażenie wewnętrzne, oraz łatwą rozbudowę.

Rozdzielnice średniego napięcia o konstrukcji modułowej mogą być dowolnie konfigurowane z niezależnych modułów. Do łączenia pól modułowych służą specjalne elementy o różnych konstrukcjach.



Rys. 6. Rozdzielnica modułowa HABer SM6 [3]

Fig. 6. Switchboard Haber SM6 [3]

Współczesne rozdzielnice średniego napięcia charakteryzują następujące cechy:

- wysoka niezawodność,
- pewne w działaniu systemy blokad elektrycznych i mechanicznych niepozwalające na wykonywanie błędnych czynności łączeniowych,
- umieszczenie wszystkich części czynnych będących pod napięciem w metalowych uziemionych przedziałach,
- długi okres eksploatacji bez zabiegów konserwacyjnych,
- łatwy i szybki dostęp obsługi do urządzeń i aparatów wewnątrz przedziałów,
- wyposażenie w nowoczesną i niezawodną aparaturę łączeniową,
- duża odporność na wpływy środowiskowe,
- odporność na łuk elektryczny,
- możliwość zdalnej kontroli i sterowania za pomocą interfejsów komunikacyjnych,

Zasadniczymi elementami konstrukcyjnymi rozdzielnic średniego napięcia (tak jak w wyżej omawianych rozdzielnicach nn), które umożliwiają ich budowę i konfigurację, są wyodrębnione części o określonym przeznaczeniu (pola). Zawierają one aparaty i części przeznaczone do wykonywania określonych funkcji.

W skład rozdzielnic Sn przeważnie wchodzi następujące pola:

- transformatorowe;
- liniowe – zazwyczaj wyposażone w trójpozycyjny rozłącznik (załączone, wyłączone, uziemione); rozłącznik ten jest przeznaczony do załączania lub wyłączania zasilania szyn przy prądzie znamionowym i przy prądzie zwarciovym;

- bezpiecznikowe;
- wyłącznikowe z wyłącznikiem powietrznym, próżniowym lub z izolacją gazową z SF₆ i z trójpozycyjnym odłącznikiem;
- pomiarowe z przekładnikami prądowymi i napięciowymi.

We wszystkich rozdzielnicach istnieje możliwość instalowania aparatury do pomiarów kontrolnych, montażu wskaźników przepływu prądu zwarciego i ograniczników przepięć. Poza standardowym wyposażeniem montuje się wyposażenie ułatwiające i zwiększające bezpieczeństwo eksploatacji, m.in. panele sterownicze, automatykę, wskaźniki położenia zestyków aparatury łączeniowej, komplety blokad elektrycznych i mechanicznych uniemożliwiających wykonywanie błędnych czynności łączeniowych, blokady: uziemnik–rozłącznik, uziemnik–drzwi (pokrywy), dwustronnie uziemiane wkładki bezpiecznikowe w polu transformatorowym.

Pola rozdzielnic umieszczone są w metalowych obudowach zawierających określony czynnik izolacyjny. Czynnikiem izolacyjnym może być powietrze wraz z izolacją stałą szyn zbiorczych i elementów łączących lub gaz izolacyjny – sześćfluorek siarki SF₆ [3].

Rozdzielnice średniego napięcia budowane są w formie konstrukcji jedno-przedziałowych lub wieloprzędziałowych. Oznacza to, że pole rozdzielnic zamknięte w obudowie nie jest podzielone na części zwane przedziałami lub jest podzielone na przedziały. W rozdzielnicach bezprzedziałowych wszystkie aparaty i osprzęt zainstalowane są w całej przestrzeni szafy bez wyodrębniania jej części. W rozdzielnicach wieloprzędziałowych poszczególne części wyposażenia – szyny zbiorcze, doprowadzenia i odprowadzenia, obwody pomocnicze, aparaty łączeniowe stacjonarne i wysuwne – instalowane są w wydzielonych przedziałach. Przedziały mogą być dostępne dla obsługi całkowicie lub częściowo albo w ogóle niedostępne. Konstrukcje wieloprzędziałowe rozdzielnic średniego napięcia umożliwiają znaczne ograniczenie skutków zwarć łukowych przez zamknięcie tych zwarć w przestrzeni jednego przedziału bez narażenia wyposażenia innych przedziałów na uszkodzenie lub zniszczenie. Wyodrębnienie poszczególnych przedziałów zwiększa niezawodność funkcjonowania rozdzielnic i bezpieczeństwo jej obsługi.

Rozdzielnice średniego napięcia oferowane są z pojedynczym lub z podwójnym systemem szyn zbiorczych. Rozdzielnice składające się z większej liczby pól są zazwyczaj sekcjonowane z podwójnym układem szyn zbiorczych poziomym lub pionowym.

Najbardziej rozpowszechnione są konstrukcje rozdzielnic z izolacją powietrzną pomiędzy częściami urządzeń należącymi do różnych faz. Rozdzielnice tego rodzaju opierają się na kombinacji izolacji powietrznej i próżniowej aparatury łączeniowej (niekiedy aparatury z izolacją gazową SF₆). Nowoczesne urządzenia elektroenergetyczne, zwłaszcza urządzenia łączeniowe, muszą zapewnić wysoki poziom bezpieczeństwa i niezawodności, wysokie parametry techniczne, wygodę obsługi, ergonomię, niskie koszty eksploatacji. Wymagania te spełniają w szerokim zakresie wyłączniki próżniowe.

Wyłączniki próżniowe produkowane są w wersji stacjonarnej, do montażu w polu rozdzielnic na stałe w pozycji nieruchomej i w wersji wysuwnej. Do wykonywania czynności łączeniowych wyłączników próżniowych wykorzystuje się sprężynowe napędy zasobnikowe ręczne lub silnikowe do sterowania zdalnego. Ze względu na konieczność oszczędności miejsca i zmniejszania rozmiarów rozdzielnic często stosuje się stałe materiały izolacyjne do izolowania torów prądowych. Rozdzielnice takie są bardziej niezawodne i bezpieczniejsze w eksploatacji. Rozdzielnice z izolacją powietrzną mogą być dostarczane z dowolną liczbą pól i z dowolnymi ich rodzajami.

W ostatnich latach rozwijana jest również produkcja aparatury łączeniowej i rozdzielnic średniego napięcia w izolacji gazowej SF₆ (sześćsielfluorek siarki). Zasady pracy tych rozdzielnic oraz przeznaczenie poszczególnych pól są identyczne jak w rozdzielnicach z izolacją powietrzną. Główna różnica polega przede wszystkim na zastosowaniu czynnika izolacyjnego o lepszych właściwościach dielektrycznych i lepiej gaszącego łuk niż powietrze (gaz SF₆).

Rozdzielnice z izolacją gazową SF₆ charakteryzują się: długim okresem użytkowania (30 lat), znacznym bezpieczeństwem obsługi, bezobsługową eksploatacją łączników, dużą trwałością elektryczną, niskimi przepięciami łączeniowymi, niewystępowaniem utleniania styków, dużą zdolnością łączeniową, niepalnością, małymi wymiarami, łatwością rozbudowy, znikomymi kosztami eksploatacji. Mogą być montowane z dowolną liczbą pól i z dowolnymi ich rodzajami.

Nadzór nad pracą rozdzielnic może być sprawowany za pomocą paneli sterowniczych lub zdalnie, za pomocą interfejsów komunikacyjnych lub łączy bezprzewodowych. Skraca to możliwe przerwy w zasilaniu, gdyż zwarcia i inne zakłócenia są szybko wykrywane i usuwane. W każdym czasie mogą być przeanalizowane obciążenia i zmieniona konfiguracja poboru mocy. Można również w sposób ciągły kontrolować jakość dostarczanej energii i jej ciągłość. Jednostka zdalnego sterowania może kontrolować praktycznie wszystkie parametry rozdzielnic, np. przepływy prądów doziemnych, ciśnienie gazu SF₆, poziom próżni, wartości prądów po stronie wtórnej i wartości prądów i napięć po stronie pierwotnej transformatora rozdzielczego [6].

W celu zapewnienia bezpieczeństwa obsługi w rozdzielnicach średnich napięć stosuje się szereg rozwiązań technicznych, m.in.:

- blokady elektryczne i mechaniczne uniemożliwiające wykonywanie błędnych czynności łączeniowych,
- wyposażenie pól w uzimniki,
- blokady uniemożliwiające załączenie aparatury łączeniowej przy zamkniętych uzimnikach,
- okienka rewizyjne w drzwiach rozdzielnic do kontroli położenia zestyków łączników bez otwierania drzwi,
- blokady otwierania drzwi i pokryw pod napięciem [4].

PODSUMOWANIE

Zestawienie ze sobą rozdzielnic kasetowo-polowych ELMOR-u RG 103 A (1984 rok) i Rolls-Royce'a (2011 rok – mimo niedawnej modernizacji tej pierwszej) bardzo wyraźnie pokazuje różnice między rozdzielnicami produkowanymi w latach 80. i 90. ubiegłego wieku a tymi wykonanymi w ciągu ostatnich kilku lat. Istotną różnicą jest już sam układ oraz rozmieszczenie pól rozdzielnic. W przypadku RG 103 A pola generatorów są umieszczone bezpośrednio obok siebie, a osobnym polem jest pole synchronizacji. Z kolei pola generatorów rozdzielnicy UT 535 N są umieszczone w odpowiadającej każdej sekcji szyn zbiorczych. To rozwiązanie umożliwia łatwiejszą obsługę, bezpieczeństwo eksploatacji i konserwacji.

Drugą istotną różnicą jest automatyka rozdzielnic. W RG 103 A jest ona oparta zasadniczo na sterowaniu ręcznym oraz ewentualnym wspomaganium automatyki adaptowanym sterownikiem PLC, który współpracuje z aparaturą pomiarową, sterującą i zabezpieczającą. Nie posiada on jednak zintegrowanych regulatorów czy przetworników. Natomiast za automatykę w rozdzielnicy UT 535 N opowiada PMS Delomatic-4 firmy DEIF. Posiada on zintegrowane DGU (DEIF Generator Unit) dla każdego z generatorów i w odróżnieniu od PLC z rozdzielnicy RG 103 A jest dużo bardziej wyspecjalizowanym, kompaktowym i nowoczesnym rozwiązaniem. Urządzenia zabezpieczające to kolejny przykład integracji spotykanej w nowych rozwiązaniach. W rozdzielnicy RG 103 A występuje kilka osobnych typów aparatów zabezpieczających poszczególne prądnice. Rozdzielnica UT 535 N została wyposażona w nowoczesne łączniki typu Masterpact, zawierające gamę styków pomocniczych, takich jak styki wykrywania położenia łącznika czy styki obwodu wyłącznika nadprądowego. Posiadają ponadto moduł Micrologic, zawierający wbudowane czujniki, czy przekładniki prądowe. Nowoczesność w rozdzielnicy UT 535 N widać też w przypadku aparatury monitorująco-alarmującej. Zarówno synchronoskopy CSQ-3, jaki i panele PMS-a zapewniają dużo większe bezpieczeństwo obsługi systemu elektroenergetycznego.

Nowe wyspecjalizowane rozdzielnice przedstawione w punkcie drugim artykułu odpowiadają trendowi obsługi instalowanych na statkach w coraz większym wymiarze urządzeniom energoelektronicznym. Wydaje się, że taka integracja wydatnie polepsza algorytmy sterowania urządzeń, tym samym wpływa się na polepszenie efektywności ekonomicznej statku w eksploatacji.

Rozdzielnice Sn natomiast charakteryzują się różnymi rozwiązaniami dotyczącymi spełnienia wymagań armatorskich i środowiskowych. Jednakże wszystkie spełniają podstawowe wymagania określone konkretnymi parametrami, które można stabelaryzować. Najczęściej podawanymi parametrami atrybucyjnymi są: rodzaj obudowy, rodzaje pól, napięcie znamionowe, napięcie robocze, rodzaj izolacji, częstotliwość znamionowa, liczba układów szyn zbiorczych, prąd znamionowy szyn zbiorczych, prąd znamionowy pola transformatorowego, dopuszczalny prąd zwarciovowy jednosekundowy, maksymalny prąd szczytowy, odporność na łuk elektryczny, dostępność pól, stopień ochrony obudowy itp.

Mnogość oferowanych parametrów eksploatacyjnych jest obecnie interesującym wyróżnikiem oferowanych rozwiązań pozwalającym na podejmowanie trafnych decyzji inwestycyjnych podczas budowy lub modernizacji statku.

LITERATURA

1. Cichosz E., Skorek W., *Aktualizacja dokumentacji technicznej uczelnianej elektrowni z rozdzielnicą RG*, Wydawnictwo Akademii Morskiej w Gdyni, Gdynia 2009.
2. Warkusz M., *Przegląd współczesnych rozwiązań głównych i awaryjnych rozdzielnic okrętowych*, Wydawnictwo Akademii Morskiej w Gdyni, Gdynia 2014.
3. *Elektrosystemy*, 2011, nr 9(140), s. 137–141.
6. <http://www.gislebork.pl/c/oferta-handlowa/rozdzielnice-sn-w-izolacji-powietrznej/>.
5. http://www.elmor.com.pl/pl_.
4. <http://radiorex.pl/rozdzielnice-okretowe,lp,1326.html>.

SHIP MAIN SWITCHBORDS – REVIEW MODERN CONSTRUCTION

Summary

Increase of electric ship network and voltage and power loads are required better distribution power systems (switchboards). This article is focused for development of HV and LV Ship Main Switchboards on the base several the most important solutions provided by switchboards manufacturers.