

Bogusław WĘGRZYN<sup>1</sup>

## UWARUNKOWANIA TECHNOLOGICZNE PRÓB SYSTEMÓW ELEKTROENERGETYCZNYCH STATKU

*W artykule omówiono aspekty technologiczne prowadzenia prób systemów elektroenergetycznych statku zapewniających jakość i niezawodność napięcia zasilającego. Na przykładzie statku CON-RO B201 przedstawiono współczesny układ sieci elektroenergetycznej statku spełniającej aktualne wymagania i uwarunkowania technologiczne ich sprawdzenia odbiorczego. W programach prób na uwięzi i w morzu zachodzi potrzeba uwzględnienia wymagań europejskich norm zharmonizowanych HD – za leżności te przedstawia model sprawdzeń odbiorczych oraz determinanty technologicznego i jakościowego wykonawstwa elektrycznych instalacji.*

### 1 WPROWADZENIE

Problematyka zapewnienia jakości energii elektrycznej w okrętowych sieciach elektroenergetycznych skupia się głównie wokół projektowych (konstrukcyjnych i technologicznych) i wykonawczych aspektów zapewnienia żądanej niezawodności i bezpieczeństwa pracy w standardowych węzłach instalacji elektrycznych, przy jednoczesnym spełnieniu wymagań klienta (armatora), obligatoryjnych norm i przepisów Towarzystw Klasyfikacyjnych oraz administracyjnych.

Pod względem wytwarzania i użytkowania energii elektrycznej statki są bardzo specyficznymi obiektami. Mamy tu do czynienia z dużą różnorodnością urządzeń elektrycznych, począwszy od silników o dużej mocy, a skończywszy na skomplikowanych elektronicznych systemach automatyki, nawigacji i łączności. Występują również narażenia środowiskowe: klimatyczne (duża wilgotność i zasolenie powietrza, skoki temperatury), drgania, przechyły, zaburzenia elektromagnetyczne, czynniki antropogenne oraz ograniczenia związane z dostępem do specjalistycznego serwisu poszczególnych urządzeń. W ten sposób otrzymujemy obraz warunków, w jakich musi funkcjonować okrętowa sieć energetyczna [1].

### 2 SYSTEM ELEKTROENERGETYCZNY STATKU

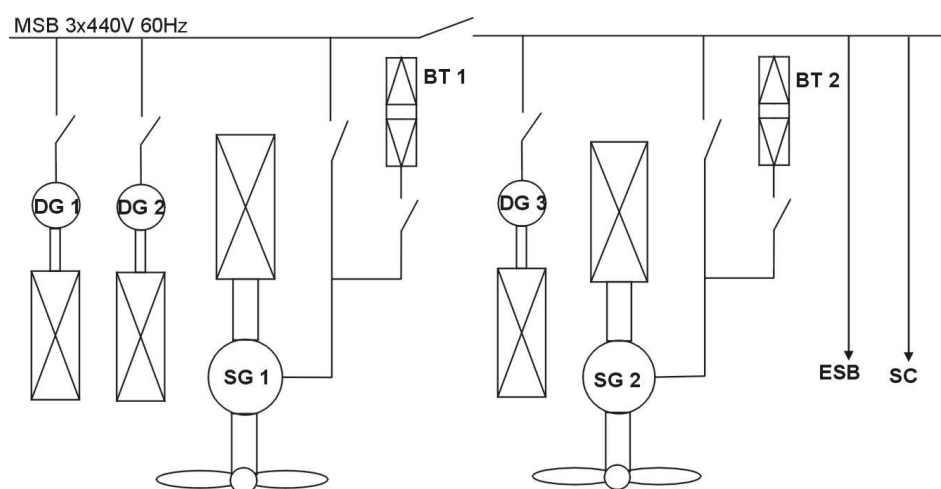
Przykładem nowoczesnego systemu elektroenergetycznego jest okrętowa sieć elektroenergetyczna statku con-ro B201 zasilana przez: dwie prądnice wałowe, każda o

---

<sup>1</sup> Politechnika Szczecińska Instytut Elektrotechniki 70-313 Szczecin, ul. Sikorskiego 37, tel. (091) 4494152, e-mail: bwegrzyn@ps.pl

mocy 1250kVA, 3x440 V, 60 Hz (pokrywające zapotrzebowanie na energię podczas jazdy w morzu); trzy spalinowe zespoły prądotwórcze, każdy o mocy 1000kVA, 3x440 V, 60 Hz (stanowią one główne źródła energii elektrycznej statku) i jeden awaryjny spalinowy zespół prądotwórczy 3x440 V, 60 Hz.

Zgodnie z przepisami PRS [4] i z normą PN-IEC 60092-201 [3] określono liczbę oraz moc zespołów prądotwórczych i przetwornic elektrycznych wchodzących w skład podstawowego źródła energii. Na rysunku 1 przedstawiono schemat systemu zasilania szyn w rozdzielniczy głównej oraz stery strumieniowe (BT) jako największe odbiory elektryczne.



Rys.1. Schemat zasilania szyn rozdzielniczy głównej (MSB) B201

Odbiorniki najważniejsze są zasilane bezpośrednio z szyn głównych rozdzielnic i połączone z szynami głównymi poprzez wyłączniki samoczynne. Istotną rolę w zapewnieniu trwałości napięcia i jego zasadniczych parametrów spełnia układ Meyera, czyli układ wyłączania odbiorów mniej ważnych w przypadku przeciążenia prądnicy dołączonej do szyn rozdzielniczy głównej.

Główną zasadą technologiczną jest wykonywanie prób wyposażenia elektrycznego możliwie na jak najwcześniejszym etapie procesu wytwarzania, najlepiej na stacjach prób fabrycznych. Podlegają im w szczególności prądnice i rozdzielnice oraz kable (próby napięciowe, zwarciove i przeciążeniowe) [5]. Dotyczy to szczególnie elementów sieci elektroenergetycznej wymagających wczesnego zamontowania na statku przed zamknięciem pokładu, takich jak: prądnica wałowa i zespoły prądotwórcze, elektryczne stery strumieniowe, rozdzielnice: główna, awaryjna, rozdzielnica połączenia z lądem i niektóre rozdzielnice pomocnicze.

Programy prób na uwięzi oraz prób morskich przygotowuje wykonawca statku w uzgodnieniu z Armatorem i realizowane są zgodnie z firmowymi instrukcjami urządzeń i instalacji i z wymaganiami towarzystw klasyfikacyjnych [4], a także władz administracyjnych na bazie aktualnych standardów stoczni. 1 września 2007 r. w

miejsce normy PN-IEC 60 364-6-61 wprowadzono na okres przejściowy do 1.09.2009 normę PN-HD 60 364-6 „Sprawdzanie” (w wersji anglojęzycznej) [2]. Norma ta jest zharmonizowaną i jako taka zawiera obligatoryjne wymagania dotyczące sposobu przeprowadzania i dokumentowania prób sprawdzających odbiorczych i okresowych. Zawiera wykazy check lists (szczegółowych czynności sprawdzających) oraz zunifikowane wzory protokółów z badań odbiorczych. Wymusza to konieczność zweryfikowania wszystkich programów prób statków najpóźniej do 1 września 2009 oraz uwzględnienia nowych wymagań towarzystw klasyfikacyjnych i władz administracyjnych.

### **3 WNIOSKI – RAMOWE ZALECENIA TECHNOLOGICZNE**

Złożony proces budowy statku determinuje prowadzenie monitorowania jakości statku na wszystkich etapach jego produkcji przy spełnieniu podstawowych aspektów technologicznych, takich jak:

1. Zastosowane materiały powinny spełniać wymagania towarzystw klasyfikacyjnych w aspekcie wytrzymałości, trwałości i zapalności – świadectwo typu i wyrobu oraz atesty.
2. Próby wyrobu powinny być przeprowadzane zgodnie z zasadami określonymi w międzynarodowych normach IEC, a osoby prowadzące próby muszą posiadać aktualne świadectwa kwalifikacyjne upoważniające do wykonywania pomiarów.
3. Wszystkie elementy ślusarskie wyposażenia elektrycznego muszą być zakonserwowane, a tylko w wyjątkowych przypadkach montowane bez ostatniej powłoki malarskiej.
4. Wszystkie elementy wyposażenia elektrycznego montowane w przestrzeniach zamkniętych powinny być poddane odbiorowi konstrukcyjnemu na przedmontażu lub przed trwałym zabudowaniem (zbiorniki, ściany, sufity, kanały kablowe).
5. Wszystkie elementy wyposażenia elektrycznego podatne na uszkodzenie mechaniczne lub nadmierne narażenia środowiskowe w warunkach dużego natężenia prac wyposażeniowych należy zdemontować do czasu uruchomienia mechanizmów.
6. Nastawy czujników i elementów wykonawczych układów blokad i zabezpieczeń należy wprowadzać w warunkach laboratoryjnych przy pomocy kalibrowanych mierników wzorcowych. Nastawy należy na trwale oznakować, a ich wartości potwierdzić podpisami odbioru inspektora armatora w protokóle. W czasie prób na statku należy sprawdzać tylko działanie toru/instalacji wykonawczej na zasadzie zmiany stanu zadziałania czujnika, a nie jego dokładnej nastawy.
7. Próby elektrowni prowadzić dwuetapowo: układy zabezpieczeń prądnic, pracę równoległą (uzupełnienie mocy czynnej zapewnić poprzez opornik wodny) oraz wszystkie stany alarmowe należy odbyć w możliwie najwcześniejszym etapie technologicznym celem przekazania agregatów do użytku na potrzeby statku i innych prób wymagających właściwego zasilania statkowego. Próba rozkładu mocy biernej jest możliwa praktycznie z chwilą uruchomienia wszystkich

systemów statkowych, a zwłaszcza wentylacji, klimatyzacji i obiegów silnika głównego.

8. Próby węzłów elektrycznych należy prowadzić zgodnie z programem prób na uwięzi i w morzu w formie odbioru konstrukcyjnego i w działaniu. Sposób prowadzenia poszczególnych prób powinien zostać określony w standardowej technologicznej instrukcji stanowiskowej uwzględniającej wymagania nowej normy PN-HD 60364-6 [2].
9. Dane z protokołu pomiarów rezystancji wszystkich obwodów i urządzeń powinny być podstawą do wprowadzenia określonych nastaw mierników kontroli stanu izolacji obwodów 440V i 220V. Mimo iż minimalna wartość rezystancji izolacji nowych urządzeń wynosi 100M $\Omega$ , a kabli powyżej 1M $\Omega$ , to rezystancja zastępcza obwodów kablowych sieci elektroenergetycznej połączonych równolegle jest rzędu kilkudziesięciu kiloomów.
10. Próby muszą być przeprowadzane zgodnie z wymaganiami bezpieczeństwa, co oznacza, że w czasie prób obciążeniowych i napięciowych nie mogą być prowadzone w rejonie prób inne prace, a zwłaszcza spawalnicze lub malarskie.

Realizacja przedstawionych powyżej ramowych zaleceń technologicznych zapewni sprawne przeprowadzenie prób odbiorczych sieci elektroenergetycznych i pełną weryfikację zastosowanych rozwiązań projektowych oraz jakości procesów wykonawstwa elektrycznych instalacji okrętowych.

#### 4 LITERATURA

1. Mindykowski J., *Ocena jakości energii elektrycznej w systemach okrętowych z układami przekształtnikowymi*, Okrętownictwo i Żegluga, Gdańsk 2001.
2. Polska Norma PN-HD 60364-6 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia - Część 6: Sprawdzanie*, PKN kwiecień 2007.
3. Polska Norma PN-IEC 60092-201 *Instalacje elektryczne na statkach; projektowanie systemu, postanowienia ogólne*. PKN 2000.
4. Polski Rejestr Statków: *Przepisy klasyfikacji i budowy statków morskich część VIII – Instalacje elektryczne i systemy sterowania*, Gdańsk, czerwiec 2007.
5. Węgrzyn B.: *Zapewnienie jakości elektrycznego wyposażenia statku na bazie aktualnych norm i przepisów*, VIII Konferencja Okrętownictwo i Oceanotechnika, Międzyzdroje, Wyd. Politechniki Szczecińskiej 2006, str. 293-301.

## **TECHNOLOGICAL CONDITIONS OF SHIP'S POWER SUPPLY SYSTEMS TESTS**

*Paper presents technological aspects of acceptance tests in view of voltage quality and reliability. Power supply system of con-ro vessel B201 was shown as an example of modern ship's solution fulfilling class requirements. Production technology determinants and input data for creating and conducting dock tests and sea trials programs have been determined.*