

Bogusław WĘGRZYN¹

TECHNOLOGICZNE ASPEKTY ZAPEWNIENIA JAKOŚCI ENERGII ELEKTRYCZNEJ OBSŁUGI STATKU W BUDOWIE

W artykule przedstawiono kwantyfikację kryteriów jakościowych energii elektrycznej w odniesieniu do zasilania procesów produkcyjnych związanych. Zaprezentowano preferowane układy zasilania spełniające wymogi aktualnych norm w zakresie bezpieczeństwa prac (wykonawców) i ich miejsca (środowisko). Przedstawiono algorytm opracowywania projektu instalacji elektroenergetycznej zasilania statków w czasie budowy, oświetlenia technologicznego oraz zasilania elektronarzędzi i urządzeń pomocniczych. Omówiono uwarunkowania eksploatacyjne układów technologicznego elektrycznego zasilania procesów budowy statku oraz wskazano trendy w ich rozwoju.

1 MODEL ZAPEWNIENIA JAKOŚCI ENERGII ELEKTRYCZNEJ ZASILANIA STATKU W BUDOWIE

W świetle aktualnych aktów prawnych i przepisów dostawca energii elektrycznej ma zapewnić niezawodne dostarczanie energii o odpowiednich parametrach jakościowych. W odniesieniu do nowobudowanych statków jakość energii elektrycznej zasilającej mechanizmy statkowe zależy od standardu zaprojektowanych rozwiązań technicznych wyposażenia elektrycznego, jakości wykonania oraz staranności w przeprowadzaniu sprawdzeń odbiorczych (prób fabrycznych, na uwięzi i w morzu).

Szeroko rozumiana jakość jest wypadkową działań dostawcy (stoczni) i jej poddostawców oraz klienta (armatora), z jej istotnymi elementami takimi jak:

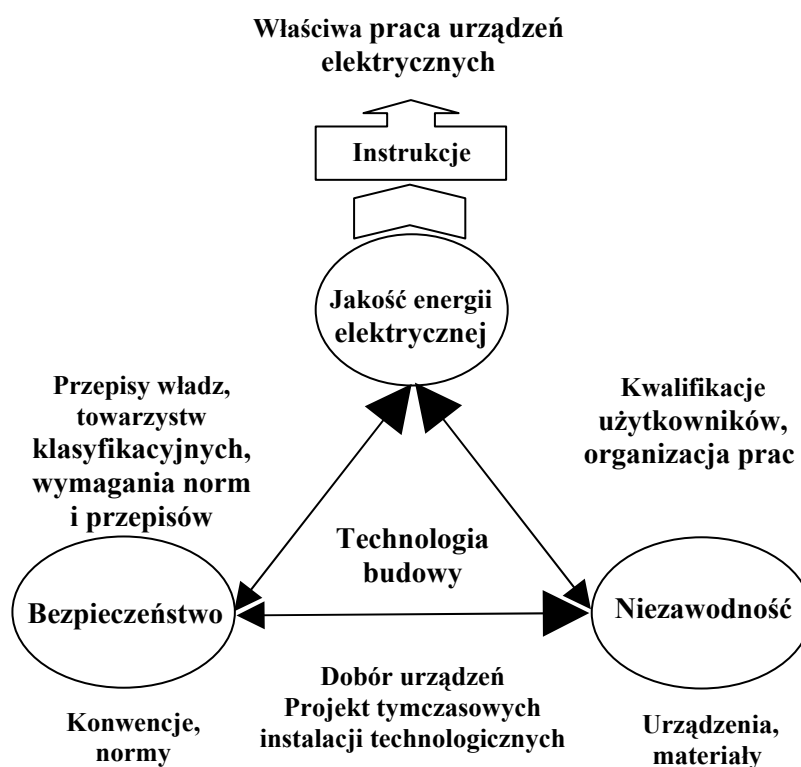
1. Jakość określana jako: „Zespół właściwości i charakterystyk liczbowych wyrobu lub usługi, które wpływają na ich zdolność do zaspokajania potrzeb” - wg ISO 8402: Jakość - Terminologia;
2. Przepisy Władz Administracyjnych i Towarzystw Klasyfikacyjnych, normy europejskie i polskie, standardy zakładowe
3. Próby odbiorcze i eksploatacyjne, egzekwowanie odpowiedniej, uzgodnionej jakości.

Model zapewnienia jakości energii zasilającej budowę statku przedstawiono na rys.1. Instrukcje technologiczne i procedury wykonania prac powinny zapewnić właściwą jakość działania tymczasowych instalacji przywołanych w dokumentacji ich rozmieszczenia na jednostkach pływających tymczasowych instalacji elektroenergetycznych (oświetlenia ogólnego oraz oświetlenia awaryjnego i

¹ Instytut Elektrotechniki PS, ul. Sikorskiego 37, 70-313 Szczecin, bwegrzyn@ps.pl

ewakuacyjnego z własnym źródłem bezprzerwowego dodatkowego zasilania), wodnych, gazów technicznych, wentylacji i ogrzewania jednostki.

Oświetlenie ogólne powinno zapewnić dostateczną widoczność stanowisk pracy, przejść, progów, stopni, uskoków, zagłębień, otworów i innych przeszkód oraz miejsc niebezpiecznych. Rodzaj oświetlenia oraz rozmieszczenie punktów świetlnych nie powinny powodować oślnienia wzroku pracownika [9].



Rys. 1 - Model zapewnienia jakości energii elektrycznej zasilającej budowę statku

2 KRYTERIA JAKOŚCI ENERGII ELEKTRYCZNEJ ZASILAJĄCEJ PROCESY BUDOWY STATKU

Norma PN-EN 50160, grudzień 2002 Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych podaje kryteria oceny jakości energii elektrycznej, które można pogrupować w postaci [3]:

- **wahań napięcia** jako serii zmian wartości skutecznej lub obwiedni przebiegu sinusoidalnego napięcia zasilającego wywołujących zmiany momentu elektromagnetycznego maszyn elektrycznych i poślizgu silników, pojawienie się w sieci dodatkowych **harmonicznych napięcia** (współczynnika THD U

zawartości harmonicznych napięcia) oraz zjawisko **migotania światła (współczynniki migotania Pst i Plt)** zwłaszcza żarowych źródeł światła;

- **zdarzeń** w postaci zapadów napięcia, przepięć, krótkich i długich przerw w zasilaniu. Przyczynami są: zwarcia w systemie rozdzielczym, procesy załączania odbiorników o dużej mocy oraz praca odbiorników o zmiennym obciążeniu. Skutki występują w postaci samoczynnego wyłączenia / rozłączania styczników, przekaźników/ łączników i w efekcie generowane są niewłaściwe **sygnały napięciowe do transmisji informacji**;
- **niesymetrii napięcia i częstotliwości** – przyczyną jest zmienność obciążenia sieci poza dopuszczalną tolerancję $\pm 10\%$ U_n . Obniżenie wartości napięcia powoduje zwiększenie strat przesyłowych na liniach zasilających, transformatorach, zmniejszenie mocy użytkowej elektronarzędzi, itp., natomiast zwiększenie wartości napięcia skutkuje skróceniem trwałości lub uszkodzeniem izolacji urządzeń i wzrostem mocy wydzielanej w odbiornikach w postaci nadmiernego nagrzewania.

Przepisy Polskiego Rejestru Statków jako instytucji klasyfikacyjnej mają na celu zapewnienie bezpieczeństwa statku, ludzi na nim pływających oraz przewożonego ładunku. Oddziałuje to na niezawodność i jakość techniczną - czynniki warunkujące stan techniczny statku przez wymóg, że: „Urządzenia elektryczne nie klasyfikowane należy sprawdzić pod względem ochrony od porażeń, bezpieczeństwa pożarowego oraz wpływu pracy danego urządzenia na pracę sieci elektrycznej”[6,7]. PRS zatwierdza dokumentację i prowadzi nadzór statku budowanego jak i remontowanego, a także jednostki w eksploatacji. Stosowanie tych przepisów i zasad znajduje istotne znaczenie w instalacjach tymczasowego elektrycznego zasilania mechanizmów statku.

Tymczasowe instalacje elektryczne na jednostce pływającej powinny odpowiadać warunkom ochrony przeciwporażeniowej, przewidzianym dla urządzeń o napięciu do 1kV [8, 9].

3 UKŁADY ZASILANIA ELEKTRYCZNEGO PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH BUDOWY STATKÓW

3.1 Zasilanie urządzeń siłowych i instalacji oświetlenia 24V

Zasilanie urządzeń siłowych podczas budowy i remontów statków, realizuje się w układzie TN-C-S przy zasilaniu ze stacji transformatorowej [2].

Obudowę metalową rozdzielniczy łączymy przewodem PE z kadłubem statku. Przy przekrojach kabli 16mm^2 i większych dopuszcza się stosowanie przewodu PEN. Przed podłączeniem sprawdza się stan techniczny urządzenia zgodnie z postanowieniami dokumentacji techniczno-ruchowej (czy ochrona podstawowa jest spełniona). Wykonuje się sprawdzenie ciągłości przewodów ochronnych PE i roboczych 3L, N oraz pomiar rezystancji izolacji. Przewody robocze wprowadzane na statek w czasie remontu muszą być zabezpieczone przez urządzenia powodujące samoczynne wyłączenie zasilania w przypadku przeciążenia i zwarcia. Po załączeniu napięcia urządzenie o dużej mocy podłączamy do zacisków wyjściowych rozdzielni nabrzeża, sprawdzamy

przeciwporażeniową ochronę dodatkową przez szybkie wyłączenie. Czas szybkiego wyłączenia w obwodach siłowych musi być mniejszy od 0,4s.

Zasilanie instalacji oświetlenia 24V (42V) odbywa się poprzez transformator ochronny 400/42V lub 400/24V, który należy ustawić na burcie budowanego statku lub w najbardziej odpowiednim miejscu według uzgodnionego projektu. Transformator jest zasilany poprzez gniazdo wtyczkowe 63A, 3b+Z. Obudowę transformatora połączyć przewodem PE (LY 1x16) z kadłubem statku, a w czasie przebudowy obudowę transformatora połączyć przewodem PEN do rozdzielni nabrzeża. Zasilanie odbywa się w układzie TN-C-S, stosując kable czteryżyłowe L₁, L₂, L₃, PE typu OP. Grupowe rozdzielnie magistralne GRM ustawione są w odpowiednich miejscach i w liczbie stosownej do potrzeb. Do rozdzielnic GRM podłączyć magistralne linie końcowych rozdzielnic magistralnych z gniazdami wtyczkowymi 24/42V, a do rozdzielnic KRM podłączyć ciągi magistralne opraw koszykowych oświetlenia ogólnego. Oprawy oświetlenia przenośnego pracownicy pobierają i podłączają samodzielnie do wyżej wymienionych gniazd wtyczkowych. Natomiast do gniazd wtyczkowych rozdzielni KRM podłączyć akumulatorowe oprawy oświetlenia awaryjnego i ewakuacyjnego. Podczas budowy i remontu zabrania się wyłączania instalacji oświetlenia awaryjnego i sygnalizacji.

4 PODSUMOWANIE

Jakość energii elektrycznej zasilającej tymczasowe instalacje elektroenergetyczne budowy statku jest wypadkową oddziaływania: źródeł zasilania i instalacji zasilającej; instalacji rozdzielczej oraz odbiorników - np. urządzeń spawalniczych, wentylatorów, podgrzewaczy, źródeł światła, itp. Elementy te oddziałują wzajemnie na siebie i w wyniku ich interakcji następuje pogorszenie parametrów napięcia. Nasilenie tych zjawisk jest różne na kolejnych etapach technologicznych budowy statku i zależne jest od rodzaju prowadzonych prac, jak i ilości pracujących na statku wykonawców - patrz tabela 1.

Przedstawione uwarunkowania i algorytmy mogą być wykorzystane jako założenia projektowe do opracowywania szczegółowej dokumentacji tymczasowych instalacji energoelektrycznych zasilania statku w budowie na etapach technologicznych budowy statku z uwzględnieniem dominującego kryterium jakości energii wynikającym ze specyfiki prowadzonych prac. Dla sprawnej i bezpiecznej realizacji procesów produkcyjnych na statku podstawowe znaczenie mają czynniki zgrupowane jako **zdarzenia**, gdyż implikują one pogorszenie stanu bezpieczeństwa wszystkich osób pracujących oraz powodują niepożądane i nieprzewidziane przerwy w realizacji procesów produkcyjnych. Dlatego też instalacje elektroenergetyczne zasilające urządzenia siłowe, źródła światła, elektronarzędzia i urządzenia spawalnicze muszą w swoich założeniach projektowych uwzględniać niezawodność zasilania obwodów odbiorczych, z uwzględnieniem zasad ochrony przeciwporażeniowej. Istotną przyczyną obniżonej jakości spoin spawanych są obniżone wartości napięć zasilających spawarki, powodujące często utratę technologicznych parametrów połączeń spawanych.

Tabela 1 – Aspekty technologiczne zasilania elektrycznego procesów budowy statku

	Etap technologiczny	Wymagania technologiczne	Dominujące kryt. jakości
1	Obróbka elementów kadłuba	Parametry napięciowo-prądowe urządzeń sterowniczych oraz cięcia i spawania	Wahania napięcia
2	Prefabrykacja sekcji	Parametry napięciowo-prądowe urządzeń spawalniczych; właściwe natężenie oświetlenia technologicznego w sekcjach; sprawność wentyl. i ogrzewania	Niesymetria napięcia
3	Montaż kadłuba i prace na pochylni	Parametry napięciowo-prądowe instalacji spawalniczej; pewność zasilania przestrzeni zamkniętych kadłuba; oświetlenie przejść komunikacyjnych i transportowych; zapewnienie oświetlenia w wersji przeciwwybuchowej, Bezprzerwowe zasilanie urządzeń wentyl. i ogrzewania	Zdarzenia
4	Prace wyposażeniowe i próby na uwięzi (do prób morskich)	Dostępność do urządzeń spawalniczych; rozwinięta sieć elektrycznego zasilania urządzeń siłowych, elektronarzędzi, oświetlenia ogólnego 24V/ 42V, awaryjnego i ewakuacyjnego oraz w wersji przeciwwybuchowej; instalacje zasilania z łądu 400V;	Zdarzenia
5	Wyposażenie końcowe	Zasilanie osprzętu do prac malarskich i oświetlenia przeciwwybuchowego,; lokalne oświetlenie 24V (42V) dla przeglądów mechanizmów	Zdarzenia

Tymczasowe instalacje elektryczne przebiegają często w sposób prowizoryczny wykorzystując istniejące już konstrukcje wsporcze. Narażone są często na mechaniczne uszkodzenia izolacji i działanie płomienia acetylenowo-tlenowego. Elementy tych instalacji są często przemieszczane w sposób mało staranny do kolejnego stanowiska pracy przez bezpośrednich użytkowników (spawacze, malarze, izolatory, monterzy, itp.), którzy z reguły nie posiadają odpowiednich elektrycznych uprawnień kwalifikacyjnych [10]. Czynniki te powodują niebezpieczeństwo częstych miejscowych doziemień, zwarć i zaników napięcia oraz w szczególnych przypadkach pożarów. Środkiem do minimalizacji tych skutków jest kompetentne projektowanie tymczasowych okrętowych instalacji elektroenergetycznych w sposób dalej idący w kwestii bezpieczeństwa i niezawodności użytkowania niż typowo ładowe instalacje placów budów i rozbiórki. Istnieją również tendencje do zastępowania elektronarzędzi narzędziami wykorzystującymi istniejące na statku instalacje sprężonego powietrza.

5 LITERATURA

1. Norma branżowa BN-73 / 3060-01 *Oświetlenie elektryczne na placach budowy i realizowanych obiektach*
2. Boczkowski A., *Wybrane zagadnienia ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach elektrycznych do 1kV*, <http://sep.com.pl/> str.41

3. Hanzelka Z., Ożadowicz A., *Zagadnienia jakości energii elektrycznej w instalacjach elektrycznych obiektów budowlanych*. SPEKTRUM SEP, Nr10, Warszawa 2004, str.IX-XIV
4. Maksymiuk J., *Badania niezawodnościowe urządzeń energoelektrycznych*, WNT, Warszawa 1992, str. 285-289
5. Polska Norma PN-EN 60079-14 *Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 14:Instalacje elektryczne w obszarach ryzyka (innych niż zakłady górnicze)*
6. Polski Rejestr Statków – *Instrukcja dla Inspektorów – Instalacje i urządzenia elektryczne, tom I. Nadzory klasyfikacyjne nad budową statków*. Gdańsk marzec.2000r.
7. Polski Rejestr Statków – *Przepisy klasyfikacji i budowy statków morskich. Część VIII. Urządzenia elektryczne i automatyka*. Gdańsk 2002r.
8. Polska norma PN-IEC 60364-4-41 *Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przeciwporażeniowa*.
9. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 30 maja 2001r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy budowie i przebudowie oraz remoncie jednostek pływających, Dz.U. Nr 73, poz.770
10. Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 28 kwietnia 2003r. w sprawie szczegółowych zasad stwierdzania posiadania kwalifikacji przez osoby zajmujące się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci, Dz. U. Nr 89, poz. 828

ELECTRICAL POWER SUPPLY TECHNOLOGICAL ASPECTS IN SHIPBUILDING PROCESSES

In view of existing regulations adequate parameters of power supply influences quality of technological shipbuilding processes. It is stated in Classification Societies' Rules, polish and European standards, and also in shipyard's and equipment producer's standards. It is important to provide sufficient power supply parameters for cutting, welding and coating processes. So it was necessary to make guidelines for design and exploitation of provisional electrical supply wiring systems for shipbuilding processes. As an input data evaluations of criterions of electrical energy parameters and model of providing sufficient quality of power supply have been created with analyzes how quality of energy depends of technological stages conditions during hull and outfitting works. Trends of development of feeding hand tools have been evaluated.