

Mgr inż. LESZEK CHYBOWSKI
Politechnika Szczecińska
Wydział Mechaniczny
Studium Doktoranckie

SYSTEM ENERGETYCZNO-NAPĘDOWY JAKO PODSTRUKTURA SYSTEMU DYNAMICZNEGO POZYCJONOWANIA JEDNOSTKI OCEANOTECHNICZNEJ

STRESZCZENIE

W materiale przedstawiono przykład dekompozycji systemu pozycjonowania dynamicznego jednostki oceanotechnicznej. Przedstawiono budowę podsystemu energetyczno-napędowego oraz przykładowe drzewo uszkodzeń dla pracy z pozycjonowaniem dynamicznym.

1. Wstęp

Statki pozycjonowane dynamicznie (*DP*) służą wypełnieniu funkcji specjalnych związanych z operacjami oceanotechnicznymi, takimi jak prace nurkowe, wiercenia podwodne, wykorzystanie pojazdów zdalnie sterowanych (*ROV*), kładzenie rurociągów itp. Funkcje te muszą zostać przeprowadzone przy zachowaniu bardzo restrykcyjnych przepisów bezpieczeństwa [1, 6]. W celu spełnienia tego warunku oraz dla sprawnej i efektywnej pracy tego typu jednostek bardzo istotne znaczenie ma niezawodność systemu dynamicznego pozycjonowania. Poważna awaria może, bowiem doprowadzić do zagrożenia życia i zdrowia uczestników projektu, duże straty materialne oraz ryzyko spowodowania katastrofy ekologicznej.

Powszechnie przyjętą metodą analizy bezpieczeństwa jednostek oceanotechnicznych jest analiza rodzajów i skutków zawodności (*FMEA*) [1, 4]. Poszczególne rodzaje uszkodzeń mogą być z powodzeniem rozwijane na głębszych poziomach dekompozycji przy wykorzystaniu metody drzew niezdatności [1, 2, 7].

2. Dekompozycja systemu pozycjonowania dynamicznego

System pozycjonowania dynamicznego składa się z kilku zasadniczych podsystemów, te z kolei mogą zostać rozłożone na mniejsze instalacje, których poprawne działanie może być analizowane metodą drzewa niezdatności. W tabeli 2.1. przedstawiono przykład dekompozycji systemu DP statku specjalizującego się w układaniu kabli oraz pracach nurkowych [2, 4]. Statek wyposażony jest w system dynamicznego pozycjonowania (*DP System*) *Simrad ADP 703* z rezerwowym systemem *ADP 701*.

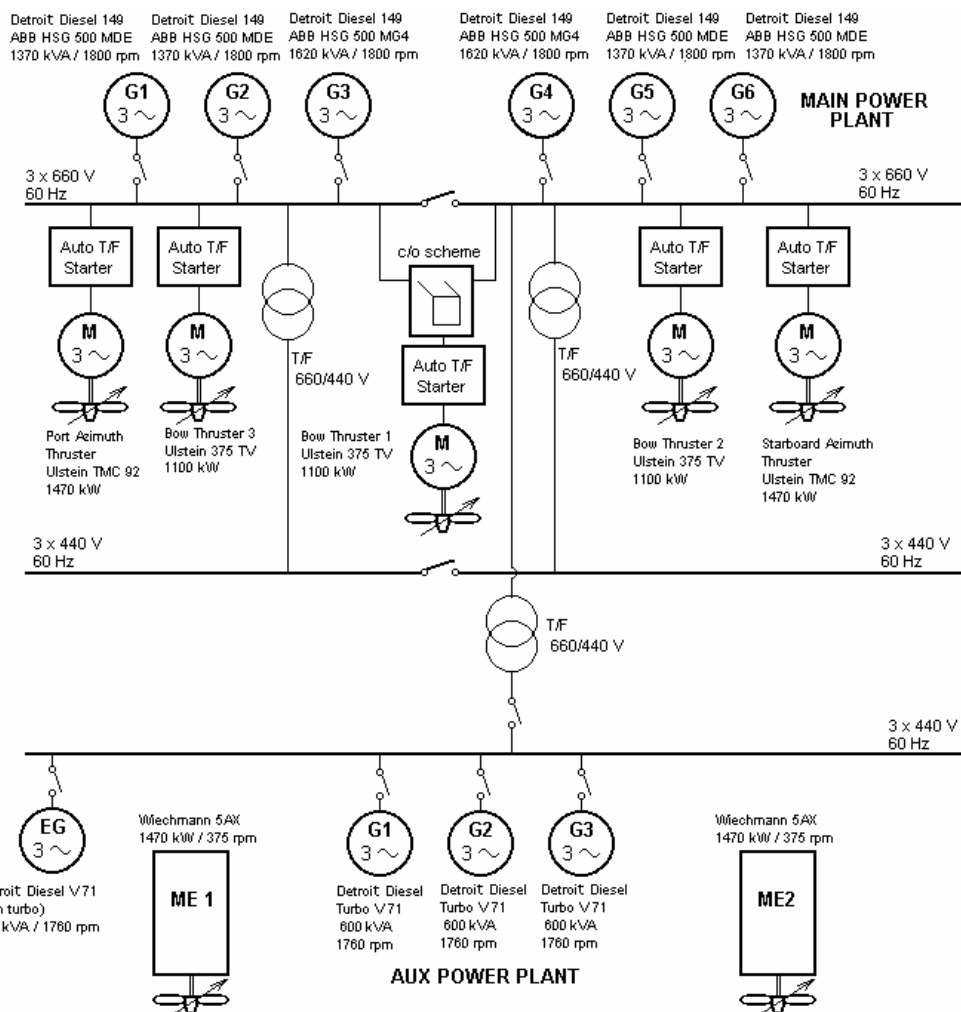
Do najważniejszych podsystemów należą systemy wytwarzania i rozdziału energii elektrycznej, system napędowy (stery strumieniowe), czujniki odniesienia oraz system sterowania i zasilania awaryjnego. Podsystem wytwarzania energii elektrycznej oraz podsystem napędowy tu analizowane są wspólnie i określane mianem systemu energetyczno-napędowego.

Tabela 2.1.

System pozycjonowania dynamicznego statku DP System								
System wytwarzania energii elektrycznej		System rozdziału energii elektrycznej	Stery strumieniowe		Czujniki odniesienia	System sterowania	Zasilanie awaryjne	
Elektrownie główne		Elektrownia pomocnicza		Stery dziobowe tunelowe	Rufowe stery azymutalne	TW HPR Artemis Syled Micro GPS Żyrokompas VRS Siła i kierunek wiatru	ADP 703 ADP 701	UPS 1 UPS 2 UPS 3 UPS 4 Elektrownia awaryjna EG
Lewa burta MG	Prawa burta MG	Elektrownia rufowa		BT 1 BT 2 BT 3	Lewa burta AT 1 Prawa burta AT 2			
Generatory: G1, D2, D3	Generatory: G4, G5, G6	Generatory: AG1, AG2, AG3		- instalacja oleju hydr. skoku śruby - sterowanie i zasilanie silników el. - inne	- instalacja oleju hydr. skoku śruby - instalacja oleju hydr. sterowania obrotem steru wokół osi pionowej - instalacja chłodzenia w. morską - sterowanie i zasilanie silników el. - inne			
<ul style="list-style-type: none"> - instalacja paliwowa - instalacja oleju smarnego - instalacja chłodzenia wodą morską - instalacja chłodzenia wodą słodką - instalacja powietrza rozruchowego - sterowanie silnikami - elementy funkcjonalne silników 		<ul style="list-style-type: none"> - instalacja paliwowa - instalacja oleju smarnego - instalacja chłodzenia wodą morską - instalacja chłodzenia wodą słodką - instalacja powietrza rozruchowego - sterowanie silnikami - elementy funkcjonalne silników 						

Dla systemu dynamicznego pozycjonowania bardzo duże znaczenie ma system energetyczno-napędowy, którego awaria wywołuje częściowe lub całkowite ograniczenie funkcjonalności statku. Poniżej przedstawiono przykład systemu energetyczno-napędowego (SEN) statku pozycjonowanego dynamicznie.

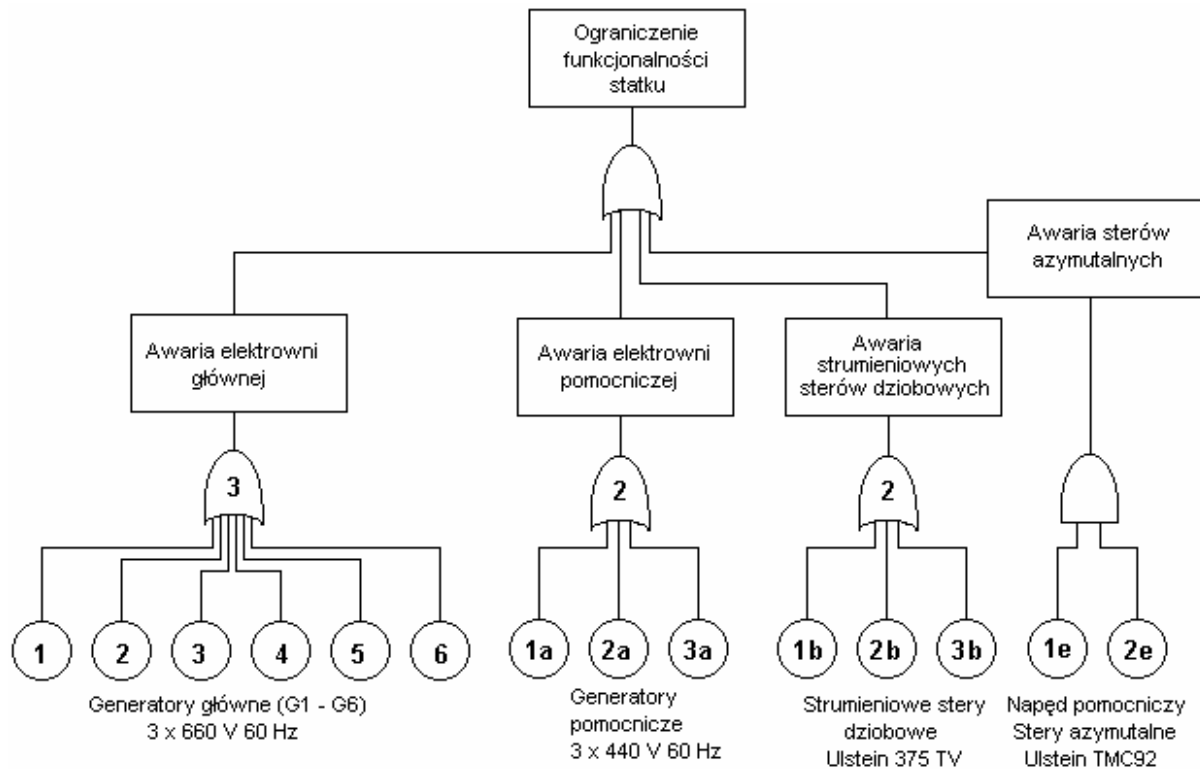
Uproszczony schemat systemu energetyczno-napędowego analizowanej jednostki przedstawiono na rysunku 1. W analizie uwzględniono następujące elementy systemu: elektrownia główna (4 x *Detroit Diesel 149 – ABB HSG 500 MDE – 1370 kVA/1800 obr/min* oraz 2 x *Detroit Diesel 149 – ABB HSG 500 MG4 – 1620 kVA/1800 obr/min*), elektrownia pomocnicza (3 x *Detroit Diesel V71 Turbo – 600 kVA/1760 obr/min*), napęd pomocniczy elektryczny (2 x *Ulstein TMC92 – 1470 kW*) oraz dziobowe stery strumieniowe (3 x *Ulstein 375 TV – 1100 kW*).



Rys. 1. Uproszczony schemat systemu energetyczno-napędowego statku MSV „Seaway Kestrel”

3. Praca systemu energetyczno-napędowego podczas pracy z systemem DP

W czasie prac podwodnych statek utrzymywany jest w określonym położeniu dzięki systemowi dynamicznego pozycjonowania DP. Głównymi odbiorcami energii elektrycznej tego systemu są strumieniowe stery dziobowe oraz stery azymutalne. Rysunek 2 przedstawia przykładowe drzewo uszkodzeń systemu energetyczno-napędowego dla statku podczas pracy z systemem DP.



Rys. 2. Drzewo uszkodzeń systemu energetyczno-napędowego podczas pracy systemu DP

Struktura przedstawiona na rysunku 2 wymaga pracy dużej liczby podzespołów, co jest zauważalne przy porównaniu jej ze strukturami reprezentującymi inne stany eksploatacyjne statku. Układy zapasowe sterów znajdują się w stanie rezerwy gorącej [5]. Zgodnie z procedurami eksploatacyjnymi dla zapewnienia pełnej funkcjonalności statku konieczna jest poprawna praca przynajmniej: czterech głównych zespołów prądotwórczych, dwóch pomocniczych zespołów prądotwórczych, jednego steru azymutalnego oraz dwóch dziobowych sterów strumieniowych.

Omawiane drzewo uszkodzeń można sprowadzić do zapisu w formie algebry Boole'a, który przyjmuje postać pokazaną w równaniu (1). Oznaczenia elementów zostały zachowane za rysunkiem 2.

$$\begin{aligned}
 ZS = & [E_1 \wedge E_2 \wedge (E_3 \vee E_4 \vee E_5 \vee E_6)] \vee [E_1 \wedge E_3 \wedge (E_4 \vee E_5 \vee E_6)] \vee [E_1 \wedge E_4 \wedge (E_5 \vee E_6)] \vee \\
 & \vee [E_5 \wedge E_6 \wedge (E_1 \vee E_2 \vee E_3 \vee E_4)] \vee [E_2 \wedge E_3 \wedge (E_4 \vee E_5 \vee E_6)] \vee [E_2 \wedge E_4 \wedge (E_5 \vee E_6)] \vee \\
 & \vee [(E_3 \wedge E_4 \wedge (E_5 \vee E_6))] \vee [E_{1a} \wedge (E_{2a} \vee E_{3a})] \vee (E_{2a} \wedge E_{3a}) \vee [E_{1b} \wedge (E_{2b} \vee E_{3b})] \vee \\
 & \vee (E_{2b} \wedge E_{3b}) \vee (E_{1e} \wedge E_{2e})
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

4. Uwagi końcowe

Niezawodna praca systemu pozycjonowania dynamicznego jest niezbędna dla spełnienia zadań, do których przewidziany jest statek oceanotechniczny [1, 2, 5]. Praca systemu i jego elementów może być analizowana zgodnie z przedstawionym planem dekompozycji. Uszkodzenia poszczególnych podsystemów mogą prowadzić do awarii całego systemu, a w skrajnych przypadkach nawet do katastrofy ekologicznej, np. w postaci uwolnienia toksycznych produktów przetwarzania ropy naftowej, zagrożenia życia i zdrowia nurków itp.

Powyżej przedstawiono przykładowe drzewo niezdatności modelujące system energetyczno-napędowy statku pozycjonowanego dynamicznie. Poprawne działanie struktur odpowiedzialnych za wytworzenie i rozdział energii elektrycznej oraz elementów napędowych stanowi kluczowe znaczenie dla niezawodnej, efektywnej i bezpiecznej pracy systemu DP.

Drzewa niezdatności stanowią silne narzędzie przydatne w prezentacji i modelowaniu systemów o zmiennej strukturze funkcjonalnej, co jest związane z przejmowaniem funkcji pełnionych przez elementy podstawowe systemu przez elementy rezerwowe w wyniku zaistnienia niezdatności.

Istotne jest znalezienie połączeń pomiędzy poszczególnymi systemami, w których uszkodzenie danego elementu może powodować wyłączenie z pracy kilku podsystemów. Rozwiązaniem jest analiza niezawodności elementów systemu DP na poziomie poszczególnych instalacji rurociągowych [3] oraz elektrycznych. Analizy te wygodnie dokonać jest przy użyciu metody drzewa niezdatności, co stanowi efektywne uzupełnienie stosowanych analiz FMEA.

Literatura

1. American Bureau of Shipping, Risk assessment applications for marine and offshore oil and gas industries. ABS, Houston, June 2000.
2. Chybowski L.: Analiza pracy systemu energetyczno-napędowego statku typu offshore z wykorzystaniem metody drzew uszkodzeń. Materiały XXII Sympozjum Siłowni Okrętowych SymSO 2001, WTM Politechnika Szczecińska, Szczecin, 2001, s. 83-88.
3. Chybowski L., Auxiliary installations' fault tree model for operation analysis of vessel's power plant unit. Балттехмаш – 2002, KGTU, Kaliningrad, Czerwiec 2002.
4. Napier P. J.: Failure Mode and Effect Analysis 'MSV Norlift' based on NMD Class 3 requirements. GM-808-0991-1201. Global Maritime, February 1992.
5. Nicewicz G., Grzebieniak R.: Rezerwowanie w systemie energetyczno-napędowym siłowni statku wiertniczego i statku transportowego. Materiały 22 MSN, Zielona Góra, Maj 2001. Tom Mechanika s. 13-18.
6. Norsk Standard Common Requirements. Marine Operations. J-CR-003 Rev. 1, January 1995.
7. Vesely W. E., Goldberg F. F., Roberts N. H., Haasl D. F., Fault Tree Handbook. NUREG-0492. U. S. Nuclear Regulatory Commission, Government Printing Office, Washington, January 1981.

Propulsion and power plant unit as subsystem of dynamic positioning system installed on offshore vessel

SUMMARY

This paper contains presentation of offshore vessel's dynamic positioning system decomposition example. Propulsion and power plants construction and fault tree for DP operation state of this system were presented.