

PRZYKŁAD MODELU LOGICZNEGO WYBRANEJ STRUKTURY SYSTEMU SIŁOWNI OKRĘTOWEJ W ANALIZIE DRZEW USZKODZEŃ

1. Wprowadzenie

Analiza systemów w oparciu o drzewa uszkodzeń polega na szczegółowym i dedukcyjnym badaniu zasad pracy rozpatrywanego obiektu technicznego [5]. Metodę tę wykorzystuje się w analizie niezawodnościowej na etapie projektowania oraz jako pomoc w diagnozowaniu stanów systemów będących w eksploatacji.

Drzewa uszkodzeń stanowią modele, które są graficznym odwzorowaniem zapisu logicznego kombinacji możliwych zdarzeń mogących wystąpić w czasie eksploatacji systemu technicznego. Jako zdarzenia traktować należy wszelkie dynamiczne zmiany w strukturze i działaniu elementów będących fizyczną częścią systemu.

Instalacje siłowni okrętowej mogą być opisane drzewem uszkodzeń generowanym w oparciu o ogólny model logiczny *MAI* (ang. *generic Model of Auxiliary Installations*) [2]. Wynika to z faktu, iż każdą pomocniczą instalację okrętową bezpośrednio lub po wstępnej redukcji można przedstawić w postaci szeregowo-równoległej struktury niezawodnościowej składającej się z r bloków, z czego każdy blok zawiera s ścieżek szeregowych złożonych z t elementów uznanych za podstawowe. Model ten można to przedstawić w postaci:

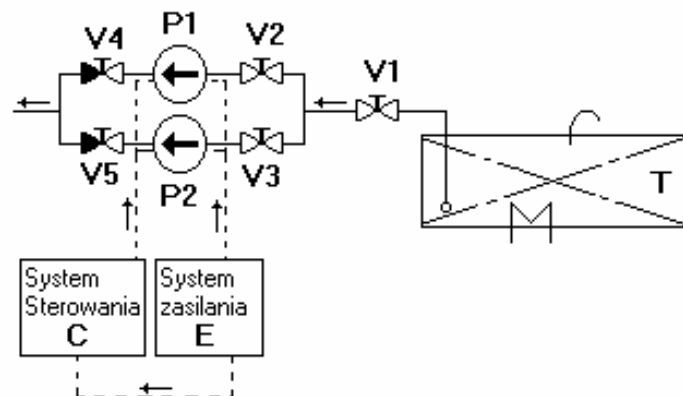
$$ZS = \bigcup_{i=1}^r \left[\bigcap_{j=1}^{s(r)} \left(\bigcup_{k=1}^{t[r,s(r)]} E_{ijk} \right) \right] \quad (1)$$

Model ten reprezentuje drzewo uszkodzeń, w którym zdarzenia bazowe są niezależne i nie wykluczające się. Zależność ta zgodnie z zasadami logiki boolowskiej jest prawdziwa także dla struktur stanowiących wybraną część systemu siłowni okrętowej z uwagi na ich przeznaczenie funkcjonalne, np. bloki pompowe, sprężarkowe, wymienników ciepła itp. [1, 3].

W niniejszym artykule zaprezentowano analizę redundantnego bloku pompowego obiegu instalacji smarowania silnika głównego (na statku PŻM, serii B-591).

2. Obiekt analizy

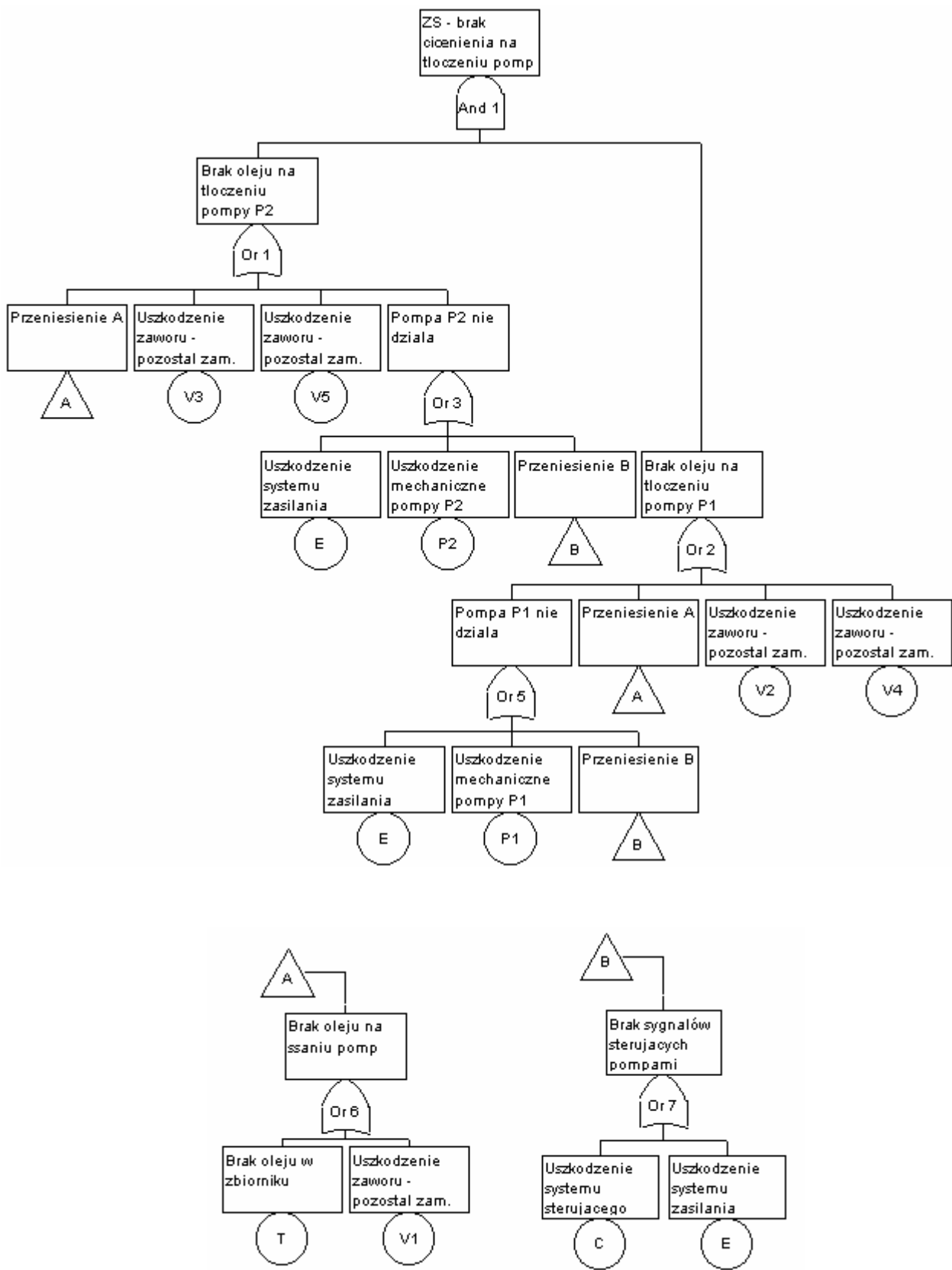
Przedmiotem analizy jest zespół pompowy wraz z zbiornikiem obiegowym i przynależnymi systemami sterowania i zasilania. Omawiany podsystem przedstawiono na rysunku 1. System składa się z: *T* – zbiornik obiegowy; *V1*, *V2*, *V3* - ręczne zawory odcinające; *V4*, *V5* – zwrotne zawory odcinające; *P1*, *P2* – pompy obiegowe; *C* – system sterowania pompami, *E* – system zasilania elektrycznego pomp.



Rys. 1. Struktura analizowanego przykładu

3. Drzewo uszkodzeń dla wybranej struktury

Dla omawianego podsystemu zbudowano przykładowe drzewo uszkodzeń, które zostało zaprezentowane na rysunku 2. Wszystkie oznaczenia elementów struktury zachowano zgodnie przedstawionym schematem.



Rys. 2. Drzewo uszkodzeń zespołu pompowego

4. Analiza jakościowa

Powyższe drzewo uszkodzeń można przekształcić na równanie boolowskie w pełni zgodne z modelem *MAI* opisanym równaniem (1). Zdarzenie szczytowe *ZS* jakim jest brak ciśnienia/przepływu oleju smarnego w kolektorze tłocznym bloku pompowego można zapisać w następującej postaci:

$$ZS = (E_{BP1} \wedge E_{BP2}) \vee E_{WP} \vee E_{SS} \quad (2)$$

gdzie:

E_{BP1} – uszkodzenie bloku pompy *P1* (pompa wraz z ręcznymi zaworami ssawnym i tłocznym),

E_{BP2} – uszkodzenie bloku pompy *P2* (pompa wraz z ręcznymi zaworami ssawnym i tłocznym),

E_{WP} – uszkodzenie o wspólnej przyczynie *CCF* wpływające na pracę obu pomp *P1* i *P2*,

E_{SS} – uszkodzenie jednego z elementów struktury szeregowej po stronie ssawnej pomp.

Kolejno można rozwinąć poszczególne składniki równania do postaci zawierających uszkodzenia przyjętych elementów systemu na poziomie zdarzeń pierwotnych (bazowych). Równania te zaprezentowano poniżej z zachowaniem oznaczeń elementów (jako indeksy zdarzeń pierwotnych) przytoczonych w rozdziale 2.

$$\begin{cases} E_{BP1} = E_{P1} \vee E_{V2} \vee E_{V4} \\ E_{BP2} = E_{P2} \vee E_{V3} \vee E_{V5} \\ E_{WP} = E_C \vee E_E \\ E_{SS} = E_T \vee E_{V1} \end{cases} \quad (3)$$

Po podstawieniu powyższych związków postać modelu logicznego reprezentującego drzewo uszkodzeń omawianego zespołu pompowego przyjmuje postać:

$$ZS = [(E_{P1} \vee E_{V2} \vee E_{V4}) \wedge (E_{P2} \vee E_{V3} \vee E_{V5})] \vee E_C \vee E_E \vee E_T \vee E_{V1} \quad (4)$$

Na podstawie równania (4) możemy wyznaczyć zbiór Ω przekrojów minimalnych omawianego systemu:

$$\Omega = \{(E_T), (E_{V1}), (E_C), (E_E), (E_{P2}, E_{P1}), (E_{P2}, E_{V2}), (E_{P2}, E_{V4}), (E_{V3}, E_{P1}), \\ (E_{V3}, E_{V2}), (E_{V3}, E_{V4}), (E_{V5}, E_{P1}), (E_{V5}, E_{V2}), (E_{V5}, E_{V4})\} \quad (5)$$

5. Uwagi końcowe

Drzewa uszkodzeń zbudowane dla instalacji siłowni okrętowych mogą być rozwijane w oparciu o modele logiczne, co zaprezentowano powyżej. Omawiane modele mogą znajdować zastosowanie zarówno dla całych systemów jak i ich podstruktur o określonych funkcjach. Istotne jest zautomatyzowanie procesu budowy i przetwarzania drzew uszkodzeń w oparciu o efektywne algorytmy, w tym także oparte na modelach logicznych.

Istnieje wiele koncepcji syntezy drzew uszkodzeń dla różnego typu złożonych systemów technicznych, wobec czego konieczna jest ich adaptacja i poprawa efektywności pod kontem zastosowania w analizie pracy instalacji siłowni okrętowych, a nawet całych systemów energetyczno-napędowych.

Literatura

1. 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, str. 83-88.
2. Chybowski L., *Auxiliary installations' fault tree model for operation analysis of vessel's power plant unit*. Балттехмаш – 2002, KGTU, Kaliningrad, Czerwiec 2002.
3. Chybowski L., *Wykorzystanie bramki k-z-n w analizie pracy siłowni okrętowej*. Балттехмаш – 2002, KGTU, Kaliningrad, Czerwiec 2002.
4. *CARA-Fault Tree Academic version 4.1*. Sydvest Software. Trondheim 1999. <http://www.sydvest.com>
5. 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.

EXAMPLE LOGICAL MODEL FOR SELECTED STRUCTURE OF MARINE POWER PLANT INSTALLATION IN FAULT TREE ANALYSIS

The paper contains presentation of generic logical model application in fault tree analysis for redundant pump unit from generic lubrication oil system. Selected qualitative analysis for example fault tree were presented.

PRZYKŁAD MODELU LOGICZNEGO WYBRANEJ STRUKTURY SYSTEMU SIŁOWNI OKRĘTOWEJ W ANALIZIE DRZEW USZKODZEŃ

Materiał prezentuje zastosowanie ogólnego modelu logicznego w metodzie drzew uszkodzeń dla redundantnego zespołu pompowego w przykładowym systemie oleju smarowego. Przedstawiono wybrane analizy jakościowe dla przykładowego drzewa uszkodzeń.