

장비 여유율을 고려한 수중함 전력시스템의 고장나무분석

김진산*, 최진성*, 강필순*, 빈재구**
국립한밭대학교*, 국방과학연구소**

Fault tree Analysis for Underwater Vehicle Power System considering Redundancy of Equipments

Jin San Kim*, Jin Sung Choi*, Feel soon Kang*, Jae Goo Bin**
Hanbat National University*, Agency for Defense Development**

ABSTRACT

수중함 전력시스템(UVPS: Underwater Vehicle Power System)은 함 내에 모든 부하들의 전력 공급을 담당하는 시스템으로서 전력 계통의 안정적인 운영을 위하여 수중함 전력시스템의 신뢰성 확보는 매우 중요한 요소이다. 본 논문에서는 기본형태의 수중함 전력시스템과 장비 여유율을 고려한 수중함 전력시스템의 전기 계통 구성을 비교하고 이에 따른 고장나무 분석을 실시하여 장비 여유율을 고려한 수중함 전력시스템의 신뢰성 향상을 확인한다.

1. 서 론

수중함 전력시스템은 함의 추진 계통과 서비스 계통으로 구분된다. 수중함의 전력시스템의 고장유무는 수중함 및 구성원들의 생존성과 직결되는 매우 중요한 요소로 신뢰성, 안정성이 고려된 전력 계통의 설계가 요구된다. 함의 생존성은 함의 설계 시 반드시 고려해야 하는 사항으로 생존성 향상은 함 설계의 필수과제이다.^[1-3] 본 논문에서는 수중함 전력시스템의 신뢰성 향상을 위해 기본 수중함 전력시스템과 장비 여유율을 고려한 수중함 전력시스템의 전기 계통을 토대로 고장나무분석을 실시하였다. 신뢰성 분석 기법중의 하나인 고장나무분석은 시스템에서 발생하는 중대한 고장이 어떠한 원인에 의하여 발생하는가를 이론적으로 분석하고 세분화하여 최종적으로는 하나의 부품의 고장 원인까지 규명해 나가는 탑다운(Top down)의 기법으로 시스템의 고장을 해석하는데 많이 사용된다.^[4-5] 이러한 고장나무분석을 통해 장비 여유율을 고려한 수중함 전력시스템이 기본 수중함 전력시스템에 비해 신뢰성 개선에 효과가 있음을 확인한다.

2. 수중함 전력시스템의 고장나무분석

2.1 수중함 전력시스템의 구성 요소

그림 1은 본 논문에서 제시하는 수중함 전력시스템(UVPS: Underwater Vehicle Power System)을 나타낸다. 수중함 전력시스템은 전력생산부(Power Generation), 전력변환부(Power Conversion), 전력배전부(Power Distribution)으로 구분되며 전력생산부는 디젤엔진발전기와 배터리, 전력변환부는 DC/DC컨버터와 DC/AC인버터, 전력배전부는 케이블과 차단기와 모선으로 구성된다.

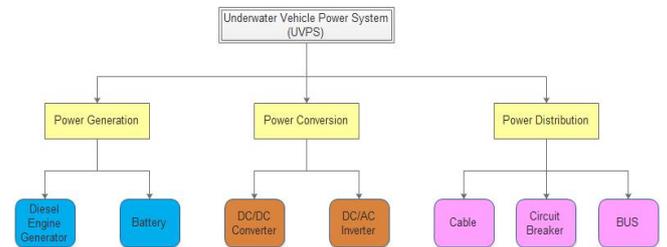


그림 1 수중함 전력시스템의 구성 요소
Fig. 1 Component of the UVPS

2.2 기본 수중함 전력시스템의 고장나무분석

그림 2는 기본 수중함 전력시스템의 전기 계통도를 나타낸다. 전기 계통도는 수중함 전력시스템의 구성 요소를 바탕으로 구성되었으며 수중함 내 필수 부하를 추진부하, DC24V부하, AC115V60Hz부하, AC115V400Hz부하로 나누었다. 기본적인 형태는 추진전동기를 기준으로 좌·우가 대칭을 이루며 MainBUS(주모선)에 의해 모든 부하에 전력이 공급되는 형태이다. 그림 3은 기본 수중함 전력시스템의 전기계통도를 바탕으로 구성한 고장나무를 나타낸다. 전기계통도의 필수 부하를 중심으로 AC115V60Hz 전원공급기능, AC115V400Hz 전원공급기능, DC24V 전원공급기능, 추진전동기 전원공급기능으로 나뉘며 각각의 전원공급은 좌현과 우현에서 모두 공급을 받는 형태이다. 본 논문에서는 AC115V60Hz 전원공급기능의 하부기능인 L AC115V60Hz BUS에 의한 공급기능을 중심으로 분석한다.

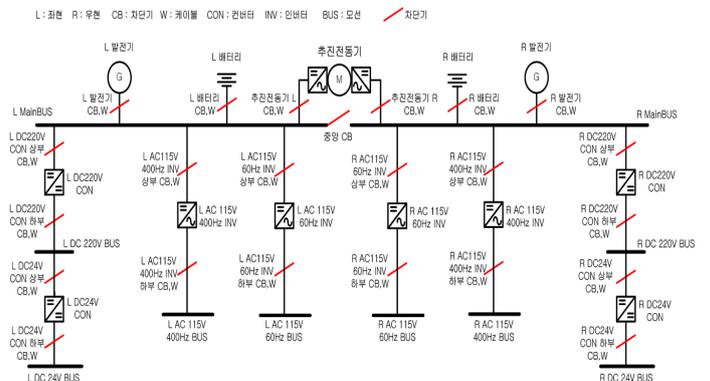


그림 2 기본 수중함 전력시스템의 전기 계통도
Fig. 2 Electrical schematic of the basic UVPS

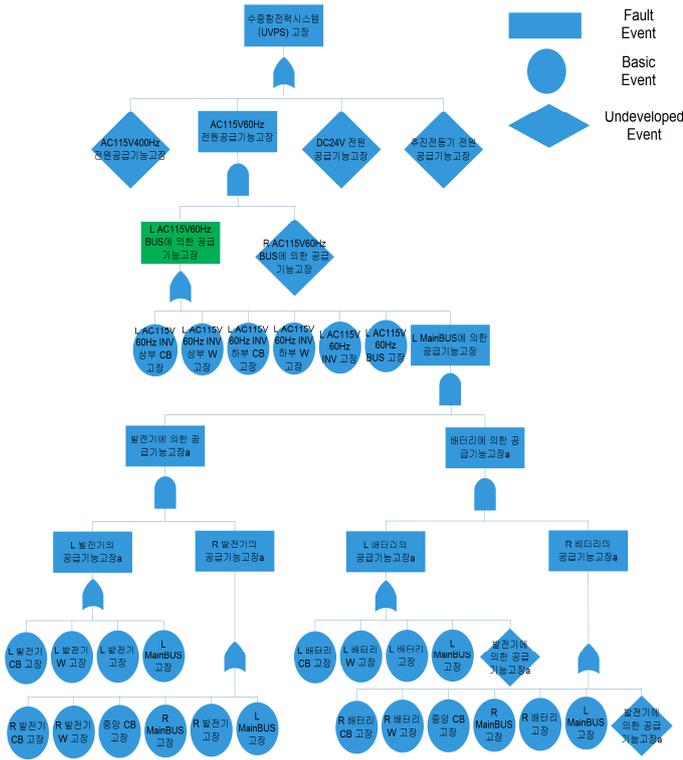


그림 3 기본 수중함 전력시스템의 고장 나무
Fig. 3 Fault tree of the basic UMPS

2.3. 장비 여유율을 고려한 수정된 수중함 전력시스템의 고장나무분석

그림 4는 장비 여유율을 고려한 수중함 전력시스템의 전기계통도를 나타낸다. 기본 구조와의 차이는 각 BUS에 전력변환 장치인 DC/DC 컨버터와 DC/AC 인버터가 추가된 형태이다. 그림 5는 장비 여유율을 고려한 수중함 전력시스템에서 L AC115V60Hz BUS에 의한 공급기능의 고장나무를 나타낸다. 기본구조의 L AC115V60Hz BUS에 의한 공급기능 고장나무와의 차이는 L AC115V60Hz BUS에 의한 공급기능고장이 L AC115V60Hz INV1에 의한 공급기능고장과 L AC115V60Hz INV2에 의한 공급기능고장이 AND게이트로 연결되어 있다는 것이다. 즉, INV(인버터) 장비를 추가하여 L AC115V60Hz INV1이 고장나더라도 L AC115V60Hz INV2에 의해서 전력공급이 되어 장비추가에 따른 신뢰성 향상 원리이다. 전기계통은 좌현과 우현이 대칭이므로 R AC115V60Hz BUS에 의한 공급 기능에도 동일한 원리로 신뢰성이 향상된다.

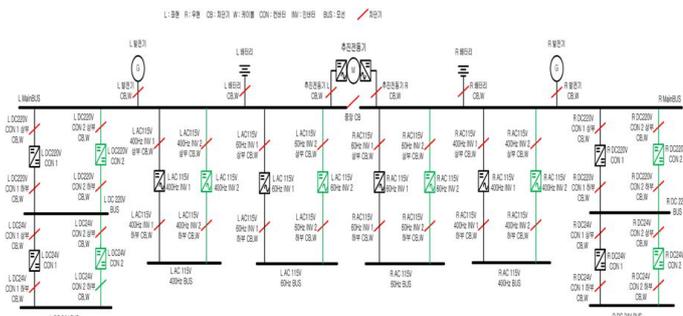


그림 4 장비 여유율을 고려한 수중함 전력시스템의 전기계통도
Fig. 4 Electrical schematic of the UMPS considering Redundancy of Equipment

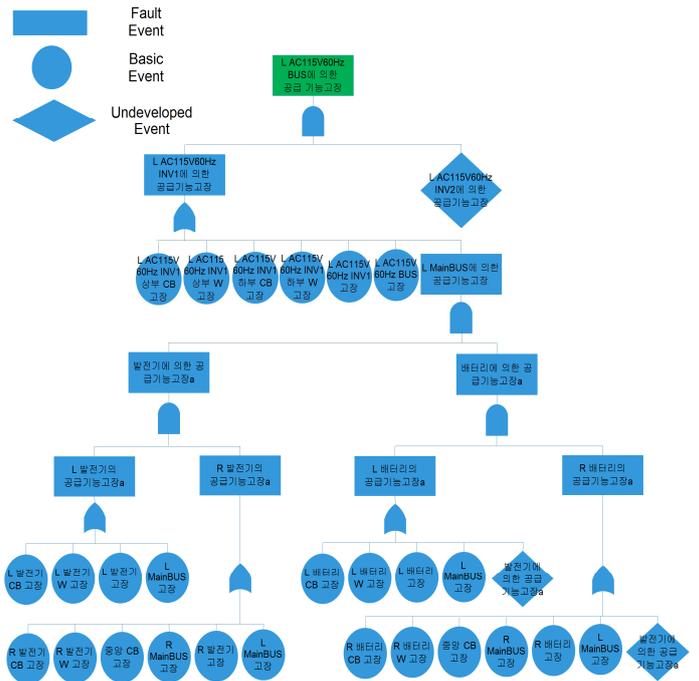


그림 5 장비 여유율을 고려한 수중함 전력시스템의 고장나무
Fig. 5 Fault tree of the UMPS considering Redundancy of Equipment

3. 결론

본 논문에서는 수중함의 전력시스템을 전기계통으로 분석하여 이를 바탕으로 고장나무분석을 실시하였다. 기본 수중함 전력시스템의 고장나무와 장비 여유율을 고려한 수중함 전력시스템의 고장나무의 비교·분석을 통해 장비 추가에 따른 수중함 전력시스템의 신뢰성 향상을 확인하였다. 이에 따라 장비 추가 뿐만 아니라 계통의 여유율을 고려하여 신뢰성 개선이 가능한 수중함 설계 대안을 도출할 수 있을 것으로 예상된다.

참고 문헌

- [1] 공연권, 이정협, 정정훈, 최완수, "함정 개념설계 단계에서의 취약성 해석 방법에 관한 연구", 대한 조선 학회, 3 4 Nov., pp. 777 782, 2011년.
- [2] 백현민, 정근식, 이명호, 최계성, "함정의 통합 전력시스템 구성에 관한 연구", 한국마린엔지니어링학회지 제38권.제9호, pp. 1070 1074, 2014년 11월.
- [3] 이흥석, 구분길, 이화석, 박준호, "전기추진선박내 계통 신뢰성을 향상시키기 위한 PMS에 관한 연구", 대한전기학회 학술대회 논문집, pp. 99 101, 2014년 11월.
- [4] R. Menis, A. da Rin, A. Vicenzutti, G. Sulligoi, "Dependable Design of All Electric Ships Integrated Power System: Guidelines for System Decomposition and Analysis," IEEE ESARS 2012, pp. 1 6, Oct. 2012.
- [5] Department of Defense (1991), MIL HDBK 217F, Prediction of Electronic Equipment.