

전륜 조향 전기식 작동기 치명부품 분석

김현기*

*한국항공우주연구원

e-mail: shotgun1@kari.re.kr

Analysis of Critical Components of Electro-Mechanical Actuator for Front Wheel Steering

Hyun-gi Kim*

*Korea Aerospace Research Institute

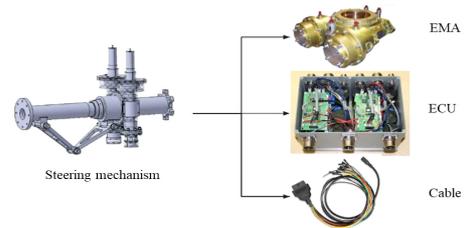
요약

본 논문에서는 고장유형 및 영향분석을 통해 항공기의 전륜 조향 전기식 작동기를 구성하는 부품들의 치명도를 분석하였다. 먼저, 전륜 조향 전기식 작동기를 구성하는 각 부품들의 기능을 분석하고 고장모드와 그에 대한 영향성을 파악하였다. 그리고, 217-Plus와 NSWC-11 등의 신뢰성 분석 문헌과 각종 고장유형 및 영향분석 자료를 통해 전기식 작동기가 운용되는 환경을 고려하여 각 부품들의 고장률을 분석하였다. 이후, 기능 및 고장률 분석으로 도출된 결과를 통해 주요 부품들의 위험 우선수를 계산하였다. 최종적으로, 고장유형 및 영향분석을 통해 전륜 조향 전기식 작동기에 대한 치명부품을 선정하였다.

1. 서론

최근 전기식 작동기(Electro-Mechanical Actuator, EMA)는 유무인 항공기에 다양한 용도로 적용되고 있으나, 전통적인 유압식 작동기보다 신뢰성 연구가 부족하다. 본 논문에서는 항공기 전륜조향 EMA에 대한 치명부품 선정 연구를 수행하였다. 먼저, 전륜조향 EMA의 시스템을 정의하였다. 그리고, 부품 단위로 기능 분석을 수행한 후, 고장모드 및 영향분석(Failure Mode and Effect Analysis)을 통해 해당 시스템의 고장모드 및 그 영향을 파악하였다. 최종적으로, 217-Plus⁽¹⁾와 미국 해상무기센터(Naval Surface Warfare Center, NSWC)⁽²⁾ 신뢰성 평가자료를 기반으로 위험 우선수(Risk Priority Number, 이하 RPN)를 계산하여 EMA에 대한 치명부품을 분석하였다.

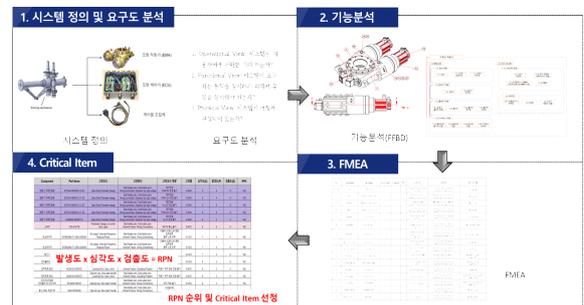
나타나는 고장모드와 원인을 파악하여 해당 고장이 시스템에 어떠한 영향을 미치는지 분석하였다. 마지막으로 FMEA에서 제시한 RPN 순위를 선정하여 전륜 조향 EMA의 치명부품을 선정하였다.



[그림 1] Sub-system of Steering Control EMA

2. 분석 절차

전륜 조향 EMA는 Fig. 1과 같이 모터와 기어박스를 통하여 전륜축을 회전시키는 기계식 작동기, 제어명령을 전송하는 제어기 그리고 제어기와 작동기를 연결하는 케이블로 이루어져 있다. Fig. 2는 전륜 조향 EMA에 대한 치명부품 분석 절차이다. 먼저, EMA의 목적과 요구조건을 고려하여 시스템 분석을 수행하였다. 다음으로 요구분석에 따른 각 시스템과 부품의 기능을 분석하고, 부품 고장 발생시



[그림 2] Analysis of Critical Components for EMA

3. 분석 결과

NSWC-11, May 2011.

기계식 작동기에 대한 분석 결과, 모터가 가장 치명부품인 것으로 분석되었다. 모터 고장이 발생할 경우, EMA를 제어할 수 없게 되므로 심각도 9로 분석하였다. 그리고, 모터의 주요 고장 원인은 모터내부에 있는 권선에 의한 것으로 파악되었는데, NSWC에서 제시한 권선 고장률을 근거로 하여 발생도는 9등급으로 분석되었다. 또한, 권선에서 고장 발생할 경우 EMA를 분해하고 모터를 파괴하여 내부를 확인해야 하므로 검출하는데 어려움이 있어 검출도 9등급으로 분석되었다. 따라서, 모터는 심각도 9, 검출도 9, 발생도 9, RPN 729으로 파악되어, 작동기와 전체 EMA 시스템의 RPN 1위로 선정되었다. 제어기 분석 결과, DC-DC 컨버터 고장이 발생하면, 제어기 구동 불능으로 EMA가 작동되지 않는 현상이 발생하여 심각도 8로 분석하였다. DC-DC 컨버터의 주요 고장원인은 솔더 접합부의 파단으로 파악되었는데, 해당 고장에 대한 검출에는 어려움이 있어 검출도 6등급으로 분석하였다. 다만, 217-Plus에서 제시한 DC-DC 컨버터 고장률은 높지 않아 발생도는 4로 파악되었다. 따라서, DC-DC컨버터는 심각도 8, 검출도 6, 발생도 4, RPN 192로 제어기의 가장 치명부품으로 평가되었다.

4. 결론

본 연구에서는 전륜조향 EMA에 대한 치명부품을 분석하였다. 먼저, 최소 부품 단위로 기능 분석을 진행하여 EMA 고장모드에 대한 영향을 파악하였다. 그리고, EMA 운용환경에 대해 217-Plus와 NSWC를 적용하여 각 부품의 고장률을 분석하였다. 이후, RPN 선정에 필요한 지수들을 점수화하고, 각 부품에 대한 RPN 결과를 통해 취약부품의 우선순위를 평가하였다.

후기

본 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 한국산업기술 기획평가원(KEIT)의 연구비 지원으로 수행되었습니다. (과제번호 20015920, 단일통로항공기 전륜 조향작동용 고신뢰도 전기식 작동기 개발)

참고문헌

- [1] Reliability Information Analysis Center, "Handbook of 217Plus, Reliability Prediction Models," RIAC-HDBK-217Plus, 2006.
- [2] Naval Surface Warfare Center, "Handbook of Reliability Prediction Procedures for Mechanical Equipment," Logistics Technology Support,