

단일 추진시스템 진단을 통한 고장진단 방법론에 관한 연구

송창환*, 이영진**, 구경완***, 이권순*
 동아대학교*, 한국폴리텍항공대학**, 호서대학교***

Study for Fault Diagnosis Methodologies Using Diagnosis for Monopropellant Propulsion System

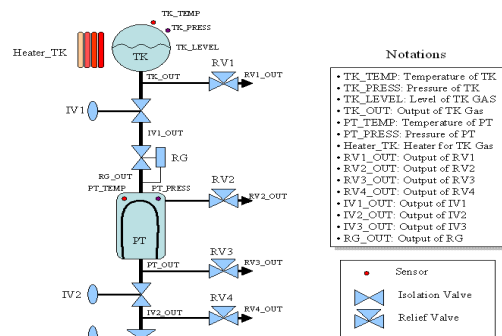
Chang-Hwan Song*, Young-Jin Lee**, Kyung-Wan Ku***, Kwon-Soon Lee*
 Dong-A University*, Korea Aviation Polytechnic College**, Ho-Seo University***

Abstract - The diagnostic/prognostic problems for condition based maintenance or Prognostics and Health Management has been used. Primary objectives of diagnosis/prognosis are maximizing system availability and minimizing downtime from fault isolation through more effective troubleshooting efforts. Diagnosis aims to detect the onset of failures to improve system performance and reduce life cycle cost by reducing the failure time. The prognosis can reduce operational and support total ownership cost and improve safety of machinery and complex systems. In this Paper, a fault diagnosis methodology has been described using a monopropellant propulsion system model as a test bench.

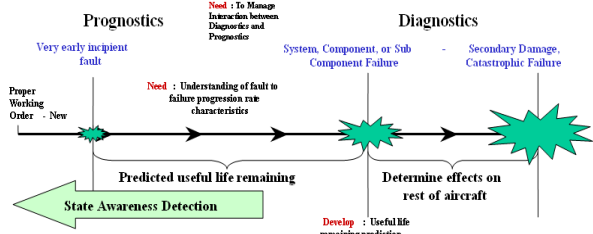
력 규칙 RG에 단독 밸브 IV1를 통해서 공급하는 비활성 기체의 공기통 탱크로 이루어져 있으며, <그림2>에 보는 바와같이 이 모델을 기반으로 simulink 블록도를 작성하였다.

1. 서 론

기술이 발달함에 따라 산업구조의 다변화되고 시스템이 복잡 운영, 다변화/다기능 등을 갖추에 따라 높은 안정성과 신뢰성, 활동성, 그리고 낮은 고장발생 등을 요구하지만, 그에 따른 고장이 일어나게 되면 심각한 파급효과가 나타나게 되며, 고장율이 늘어나게 되었다. 이에 따라, 고장진단과 예방진단 등에 대한 필요성이 증가하게 되었다.



Failure Progression Timeline



<그림 1> 시간변화에 따른 진단법

진단법에는 <그림 1>에서 보는바와 같이 고장이 일어난 시점 후에 고장여부를 판단하는 고장진단과 고장이 일어나기 전 징후를 통하여 미리 예측하는 예방진단으로 크게 나눌 수 있다.

고장진단에는 모델기반, 확률기반, 데이터기반 기법들이 있으며, [1],[2]에서는 김광수, 조현철 등이 온라인 확률추정기법을 통하여 유도진동기의 고장진단에 관해 연구하였고, [3],[4],[5]에서 이흥희 등은 모델기반기법을 이용하여 고장진단에 관해 연구하였다.

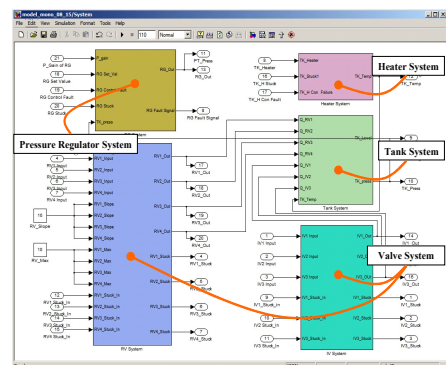
본 논문에서는 나사에서 사용 중인 MPS 즉, 우주선에 사용되는 단일 추진시스템의 진단방법을 통하여 고장진단 방법론에 대하여 서술하고자 한다.

2. 본 론

본 연구에서는 단일추진 시스템의 모델링을 수학적으로 분석하고 추진시스템에 일어날 수 있는 고장 등의 특성을 파악하여 그에 따른 고장 테이블을 가상으로 작성하여 그 테이블을 바탕으로 고장진단 및 예방진단을 시뮬레이션 하였다.

2.1 단일 추진시스템의 모델링

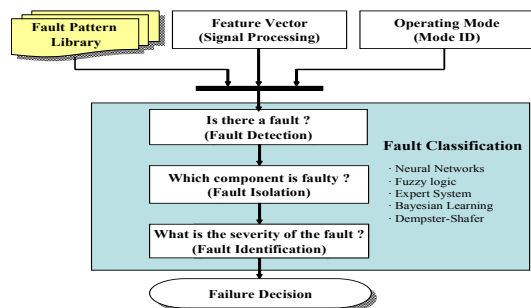
시스템은 수소 과산화물 (H₂O₂)를 촉매를 이용하고 산소, 물 및 필요추력을 일으키는 확장 가스를 창조하는 열로 분해한다. 이 시스템은 압



<그림 2> 단일 추진 시스템의 모델링 및 simulink 블록도

2.2 고장진단 및 예측

본 연구에서는 진단과 예측을 파악하기 위해 신호전처리를 통하여 측정데이터를 분류, 압축, 필터링하였으며, <그림3>과 같은 순서로 고장진단을 수행하였다.



<그림 3> 고장진단 추진 계략도

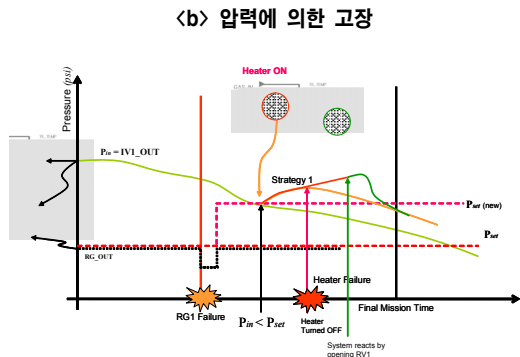
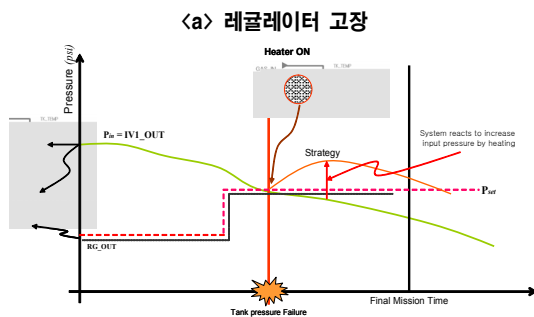
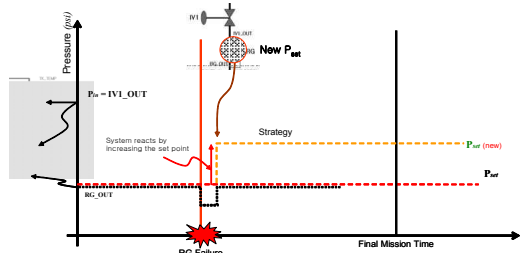
<그림 3>에서 언급한 fault pattern library는 본 논문에서 연구한 단일추진시스템의 고장발생원인 및 고장 모드를 파악하여 가상으로 고장에 대한 모드를 종류별로 <표 1>에서와 같이 나타내었다.

<표 1> fault pattern library

Failure Mode	Effect	Description																											
Leaking Gas Tank	Low_L_TK	Low Level of TK GAS																											
	High_L_TK	High Level of TK GAS																											
히터 Malfunction or Defective Measurement Sensors	히터_Con Failure	히터 Control Failure																											
	히터_Stuck	히터 Stuck																											
	Low_P_TK	Low Press of TK																											
	High_P_TK	High Press of TK																											
	Low_P_PT	Low Press of PT																											
	High_P_PT	High Press of PT </tr <tr> <td>Low_T_TK</td> <td>Low Temp of TK</td> </tr> <tr> <td>High_T_TK</td> <td>High Temp of TK</td> </tr> <tr> <td>Low_T_PT</td> <td>Low Temp of PT</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Defective 밸브</td> <td>IV1_STUCK</td> <td>Isolation 밸브 1 Stuck</td> </tr> <tr> <td>IV2_STUCK</td> <td>Isolation 밸브 2 Stuck</td> </tr> <tr> <td>IV3_STUCK</td> <td>Isolation 밸브 3 Stuck</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">Defective Relief 밸브</td> <td>RV1_STUCK</td> <td>Relief 밸브 1 Stuck</td> </tr> <tr> <td>RV2_STUCK</td> <td>Relief 밸브 2 Stuck</td> </tr> <tr> <td>RV3_STUCK</td> <td>Relief 밸브 3 Stuck</td> </tr> <tr> <td>RV4_STUCK</td> <td>Relief 밸브 4 Stuck</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Defective 레귤레이터</td> <td>RG_STUCK</td> <td>Regulation 밸브 Stuck</td> </tr> <tr> <td>RG_Con Failure</td> <td>레귤레이터 Control Failure</td> </tr>	Low_T_TK	Low Temp of TK	High_T_TK	High Temp of TK	Low_T_PT	Low Temp of PT	Defective 밸브	IV1_STUCK	Isolation 밸브 1 Stuck	IV2_STUCK	Isolation 밸브 2 Stuck	IV3_STUCK	Isolation 밸브 3 Stuck	Defective Relief 밸브	RV1_STUCK	Relief 밸브 1 Stuck	RV2_STUCK	Relief 밸브 2 Stuck	RV3_STUCK	Relief 밸브 3 Stuck	RV4_STUCK	Relief 밸브 4 Stuck	Defective 레귤레이터	RG_STUCK	Regulation 밸브 Stuck	RG_Con Failure	레귤레이터 Control Failure
	Low_T_TK	Low Temp of TK																											
	High_T_TK	High Temp of TK																											
	Low_T_PT	Low Temp of PT																											
Defective 밸브	IV1_STUCK	Isolation 밸브 1 Stuck																											
	IV2_STUCK	Isolation 밸브 2 Stuck																											
	IV3_STUCK	Isolation 밸브 3 Stuck																											
Defective Relief 밸브	RV1_STUCK	Relief 밸브 1 Stuck																											
	RV2_STUCK	Relief 밸브 2 Stuck																											
	RV3_STUCK	Relief 밸브 3 Stuck																											
	RV4_STUCK	Relief 밸브 4 Stuck																											
Defective 레귤레이터	RG_STUCK	Regulation 밸브 Stuck																											
	RG_Con Failure	레귤레이터 Control Failure																											

2.3 시뮬레이션 결과

<그림 2>의 simulink 모델을 이용하여 <표 1>의 fault pattern library의 고장패턴별로 시뮬레이션을 실시하였다.



<그림 4> 고장 모드 시뮬레이션 결과

위의 <그림 4>의 시뮬레이션 결과를 통해 예측 가능한 시점에서의 예방진단을 통하여 고장을 예측하고 그에 따른 후조치를 통하여 고장을 예방할 수 있는 것을 확인할 수 있다.

3. 결 론

고장진단과 예측진단의 역할은 지속적인 온라인 고장 검출, 고장 격리, 시간에 실패 정보 및 확실성 경계 또는 예측 간격을 제공하기 위한 것이다. 본 연구에서는 NASA에서 사용되는 단일 추진시스템의 고장진단에 사용된 방법을 통하여 고장진단 및 예방진단 방법에 대하여 연구하였으며, 본 고장진단 및 예방진단 기법을 토대로 전기기기에서 가장 많이 사용되는 유도전동기에 적용하여 향후 연구를 계속 수행할 예정이다.

[감사의 글]

본 연구는 건설교통기술평가원의 교통체계효율화 사업의 연구비지원(07교통체계-물류05)에 의해 수행되었음.

[참 고 문 헌]

- [1] 김광수, 조현철, 이권순 “확률기법을 이용한 유도전동기의 고장진단 알고리즘 연구”, 08’ 대한전기학회 전기설비전문위원회 추계학술대회 논문집, 112-119, 2008
- [2] 조현철, 김광수, 이권순, “온라인 확률분포 추정기법을 이용한 확률모델 기반 유도전동기의 고장진단”, 대한전기학회 논문지, 57권 10호, 1847-1853, 2008
- [3] 이흥희, 이현영, “유도전동기 모델기반 고장진단에 대한 연구”, 전력전자 학술대회 논문집, 644-647, 2003
- [4] 한광진, 이권수, 홍대건, 김주곤, 강형진, 윤팔주 “EHB 시스템을 위한 실시간 모델 기반 고장진단 시스템”, 한국자동차 공학회 논문집, 16권, 4호, 173-178, 2008
- [5] 이종열, 배상욱, 이기상, 박귀태 “동적퍼지모델기반 고장진단 시스템의 설계”, 한국 퍼지 및 지능시스템학회 논문지, 10권, 2호, 94-102, 2000
- [6] W. Vesely, M. Stamatelatos, J. Dugan, J. Fragola, J. Minarick III, and J. Railsback, “Fault freehand book with Aero space Applications”version1.1, NASA, August2002.
- [7] L. Tang, Gregory J. Kacprzynski, and Michael J. Roemer, “Automated contingency Management Design for Advanced Propulsion systems,” AIAA, September 2005.
- [8] G. Zhang, S. Lee, N. Propes, Y. Zhao, G. Vachtsevanos, A. Thakker, and T. Galie, “A Novel Architecture for an Integrated Fault Diagnostic/Prognostic System,” AAI Symposium, Stanford, California, March 25-27, 2002