

신뢰도 기반 발전플랜트 정비를 위한 고장 데이터베이스 구축 방법

김명배*†, 김태훈*, 김현철**, 임신영**

*한국기계연구원 에너지플랜트안전연구실, **한국지역난방공사 기술연구소

Failure Data Base for Reliability-Based Maintenance for a Power Plant

Myungbae Kim*†, Taehoon Kim*, Hyungchul Kim**, Shinyoung Lim**

*Dept. of Plant Safety Technology, Korea Institute of Machinery and Materials (KIMM)

**Korea District Heating Corp. (KDHC)

ABSTRACT : A method of failure data management for Reliability-Centered Maintenance was shown for a boiler feedwater pump of a power plant. The major part of it is an analysis of failure mode, failure cause, and failure effects, which is the main component of a failure data base like OREDA(Offshore Reliability Data). Case study shows main element of the preventive maintenance planning such as the maintenance period can be statistically determined from the failure data.

초록 : 본 연구에서는 발전 플랜트의 보일러 급수 펌프를 대상으로 신뢰도 기반 정비를 적용하기 위한 고장 데이터 관리에 관한 방법에 대하여 논의하였다. OREDA와 같은 고장 데이터베이스에서 중요한 구성 요소인 고장모드, 고장원인, 고장영향, 고장의 심각도를 분석하는 것이 신뢰도 기반 정비에서 중요한 부분이다. 정비주기와 같이 예방 정비 계획을 세울 때 중요한 부분은 고장 데이터의 통계적 처리로부터 결정될 수 있음을 확인하였다.

Key words : Power Plant (발전플랜트), Reliability-Centered Maintenance (신뢰도 기반 정비), Failure Database (고장 데이터베이스)

1. 서론

발전플랜트의 신뢰도 기반 정비 체계를 구축하기 위하여 필요한 내용은 여러 가지가 있으나 다음과 같은 7개 분야를 포함하도록 하고 있다¹⁾. 해당 설비와 성능기준, 고장모드, 고장원인, 고장영향, 고장의 심각도, 고장을 예방하거나 감소시키기 위한 체계적인 업무, 적당한 예방책이 없을 경우의 대안. 이 중에서 설비와 성능기준은 플랜트 설계에서 확정되는 것이고 고장모드, 고장원인, 고장영향, 고장의 심각도는 플랜트를 운용하면서 얻어지게 된다. 나머지 2가지는 앞의 5가지 자료를 이용하여 구체화되는 예방정

비 업무이다. 고장모드, 고장원인, 고장영향, 고장의 심각도 등은 이미 FMEA(Failure Modes and Effects Analysis)²⁾라는 방법론으로 잘 알려져 있으며, 모든 플랜트뿐만 아니라 자동차, 항공기, 열차 등 기계시스템에도 매우 유효한 고장 관리 방법이다. 이러한 4가지의 고장 관리에 관한 요소들은 플랜트 운전 시에 얻을 수 있으며, 이를 위하여 표준화된 절차와 개념을 필요로 한다. 즉 주관적인 요소가 배제된 객관적인 자료를 얻기 위하여 표준화되고 구체적인 절차가 필요하다. 이러한 자료들은 기기의 고장 데이터베이스 구축을 위하여 필요한 핵심적인 내용이기도 하다. 플랜트 기기의 고장 데이터베이스는 국내에는 거의 없으며, 국외에서는 발전플랜트, 원자력플랜트, 해양플랜트 등의 분야에서 꾸준히 구축되어 오고 있다. 이러한 데이터베이스는 플랜트의 설계는 물론 플랜트 운용 관리에도 필수적인 자료이다.

† Corresponding author
mbkim@kimm.re.kr

2. 고장관리를 위한 주요 요소

2.1 설비 분류 체계

고장을 관리하기 위한 체계를 구축하기 위하여 가장 우선적으로 필요한 것은 분류 체계이다. 고장이 발생할 가능성이 있는 부품을 나열하고, 이를 기능별로 모으면 하나의 단독 설비 또는 장비의 분류체계가 된다. 이를 플랜트 전체에 확장하면 설비분류체계가 완성 된다. 현재 국제적으로는 피라미드식의 분류체계^{3,4)}가 통용되고 있으며, 국내의 발전플랜트 회사에서 사용되고 있는 설비분류체계와는 다르다.

설비분류체계의 최하위를 부품 수준으로 까지 자세하게 할 수 있으나, 필요 이상으로 자세할 경우 관리에 부담이 될 수 있다. 여기에서는 정비 관점에서 설비분류의 최하위를 선정하였다. Table 1은 보일러 급수 펌프에 대한 분류 방식이다.

2.2 고장모드, 고장원인 및 고장의 심각도

고장을 효율적으로 관리하기 위해서는 고장형태와 그 원인을 기록하고 보존해야 한다. 이러한 목적을 위하여 도입된 것이 고장모드와 고장원인이다. 고장원인은 개념이 분명하지만, 고장모드는 개인에 따라 다양하게 정의 될 수 있다. 그러므로 여기에서는 국제적으로 통용되는 기준⁵⁾에 따라 보일러 급수 펌프에 대한 고장모드와 고장원인을 Table 2와 Table 3에 정리하였다.

고장의 심각도는 설비의 최하위 부품에 고장이 발생하였을 경우 그 고장이 설비자체에 미치는 영향을 의미한다. 그 영향이 심각하여 설비가 즉시 기능을 상실하는 경우는 심각한(critical) 고장, 설비의 기능이 제대로 발휘되지 못하면 성능저하(degraded) 고장, 일회성 고장의 경우는 incipient, 고장의 영향이 알려지지 않는 경우는 unknown 등의 4가지로 고장의 심각도가 구성 된다.

Table 1 Equipment subdivision – boiler feedwater pump

Equipment unit		Boiler Feedwater Pump			
Subunit	Power transmission1)	Pump unit	Control and monitoring	Lubrication System	Miscellaneous
Maintainable items	MOP (Main Oil Pump)	Casing	Actuating device	H/Coupling L/O	Cooling system (M/Seal Cooler Jacket)
	AOP (Aux. Oil Pump)	Impeller	Control unit	Cooler	
	Motor (For AOP)	Shaft	Internal power supply	Valves	
	Wheels (Coupling to driver, Coupling to driven unit)	Thrust	Monitoring	Strainer	
	Bearing	Sleeve bearing	Sensors2)	Piping	
	Oil sump	Thrust bearing	Valves	Oil	
	Shell	Guide vane	Wiring	Seals	
	Housing	Seal	Piping		
	Valves	Balance device			
	Orifices	Coupling key			
		Sleeves			
		Rings			
		Keys			
		Deflector			
		Disc			
		Bush			
		Seats			
	Valves				
	Piping				

1) Hydro Coupling

2) Sensors : Pressure indicators, D/P indicating transmitters, Temperature indicators, Temperature elements, Vibration elements, Speed measuring transducer, Oil level switch

2.3 고장관련 데이터의 수집과 관리

이상에서 언급한 것은 특정한 설비에서 고장이 발생하면, 어느 부품에서 어떠한 모드로, 왜 고장이 발생하였는지, 그 영향은 어떤지를 기록하기 위하여 사전에 정의해둔 개념들이다. 고장을 체계적으로 관리하기 위해서는 먼저 개념을 체계화 시켜야 한다. 이렇게 사전에 명확하게 정의해두면 개인의 판단에 따른 차이는 최소화 시킬 수 있다.

플랜트 현장관리 엔지니어는 고장이 발생할 경우 이상에서 언급한 내용을 기록하고 관리하여야 한다. 이를 위하여 Table 4와 같은 양식의 고장데이터³⁾를 작성하여야 한다.

고장기록 양식으로부터 고장율에 대한 정보를 얻을 수

있다. 고장율은 정비주기를 통계적으로 구할 수 있는 매우 귀중한 정보일 뿐만 아니라

예방정비(preventive maintenance) 계획을 수립하는데 아주 유용한 정보이다. 설비의 부품별 고장모드와 고장율 데이터는 고장 우선순위를 평가하는데 유용할 것이다. 또한 고장의 심각도와 연결시켜 활용하면 정비내용에 따른 정비주기를 결정하는 데에도 활용할 수 있다.

3. 결론

본 연구에서는 국제적으로 통용되고 있는 기준과 특정 플랜트 분야에서 구축된 고장 데이터 체계를 이용하여, 신

Table 2 Failure modes – boiler feedwater pump

Code	Description	Example
AIR	Abnormal Instrument Reading	거짓 경보, 계측기 고장
BRD	Breakdown	심각한 손상(파손, 고착)
ELP	External leakage process medium	Oil, gas, condensate, water 의 외부 누출1)
ELU	External leakage utility medium	윤활유, 냉각수의 외부 누출1)
ERO	Erratic output	출력이 불안정하여 진동하거나 변화의 폭이 큰 경우
FTS	Failure to start on demand	요구에 의한 작동 실패
HIO	High output	규정 이상의 속도, 출력
INL	Internal leakage	내부 누출 (작동 및 설비 유체)
LOO	Low output	규정 이하의 속도, 출력
NOI	Noise	비정상적 소음
OHE	Overheating	과열(기계 부분, 배기부분, 냉각수 등)
OTH	Other	여기에서 언급되지 않은 고장 유형
PDE	Parameter deviation	감시되는 변수가 한계를 벗어나는 경우 (high/low alarm)
PLU	Plugged/choked	유로가 막혀서 유동에 지장을 주는 경우
SER	Minor in-service problems	느슨해짐, 변색, 먼지 등
STD	Structural deficiency	재료의 손상(크랙, 마모, 파손, 부식)
STP	Failure to stop on demand	정지 요구의 실패
UNK	Unknown ³⁾	고장유형을 파악하기 위한 정보가 부족할 때
UST	Spurious stop	예상치 못한 shutdown
VIB	Vibration	비정상적 진동

Table 3 Failure causes – boiler feedwater pump

Blockage/plugged (막힘)	Leakage (누출)	Wear (마모)
Breakage (파손)	Erosion (부식)	Other (타원인)
Cavitation (공동)	External influence-general (외부 영향-일반)	Out of adjustment (조정범위 밖)
Clearance/alignment failure (간극/정렬 고장)	Looseness(헐거워짐)	Overheating (과열)
Combined causes (복합원인)	Material failure- general (재료 손상-일반)	Sticking (고착)
Contamination (오염)	Mechanical failure- general (기계적 고장-일반)	Instrument failure-general (계측고장-일반)
Control failure (제어고장)	Misc. external influences (기타 외부 영향)	Vibration (진동)
Corrosion (부식)	Miscellaneous- general (기타-일반)	Faulty signal /indication/alarm (신호/지시/알람 고장)
Deformation (변형)	No cause found (해당 없음)	Unknown (모름)
Earth/isolation fault (어스/분리 실패)	No signal/indication/alarm (신호/지시/알람없음)	New item
Electrical failure ?general (전기고장-일반)	Open circuit (단락)	

Table 4 Failure data form

항 목	내 용	항 목	내 용
고장일련번호		기기의 기능에 관한 고장영향	심각, 보통, 경미, 모름
기기식별번호		고장원인(Failure causes)	고장을 발생시킨 조건(Table 3 참조)
고장날짜		고장 난 단위기기	명칭 (설비분류체계 참조)
고장유형(Failure mode)	Table 2 참조	고장 난 부품	명칭 (설비분류체계 참조)
정비우선순위	높음, 중간, 낮음	고장발견 방법	감시 장치, 육안 등
정비주기	(작동 또는 설치)* 기준 명시	고장시의 운전 조건	운전, start-up, 시험, idle, standby
플랜트안전 (인명, 환경, 시설)에 관한 고장영향	없음, 부분, 전체로 구분	추가 사항	고장원인, 고장환경 등에 관한 기술
플랜트운전 (정지, 중단)에 관한 고장영향	없음, 부분, 전체로 구분		

* 작동 기준은 기기가 실제로 작동하는 시간을 기준으로 하며 설치하는 기기가 작동하지 않더라도 설치된 시간을 기준으로 한다.

신뢰도 기반 발전플랜트 정비를 위한 고장 데이터베이스 구축 방법

뢰도 기반의 정비체계 구축을 위한 핵심적인 데이터, 즉 고장관리 데이터에 관한 내용을 다루었다. 내용의 구체성을 확보하기 위하여 발전 플랜트의 보일러 급수 펌프를 대상으로 하였다.

신뢰도 기반의 정비체계는 결국 고장데이터를 기반으로 이루어지는 것이며, 고장관련 데이터를 일정한 양식으로 관리하면 고장 데이터베이스가 구축된다. 이러한 고장 데이터베이스는 플랜트의 설계나 운용을 위한 핵심적인 자료이다. 국내 대부분의 플랜트에서는 고장 데이터베이스의 중요성이나 의미가 잘 알려져 있지 않기 때문에, 그 내용이 국제적으로 통용 되지 상당한 시간이 지났어도, 국내에는 이와 같은 개념이 잘 보급되어 있지 않다.

후 기

본 연구는 한국지역난방공사의 지원으로 수행되는 신뢰도 및 위험도 기반 유지보수기법 도입방안 연구 과제의 일

환으로 수행되었습니다. 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. SAE International, 2009, Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes, SAE JA1011.
2. CCPS, 2008, Guidelines for Hazard Evaluation Procedures, 3rd Ed., Wiley, New York, pp. 134~141.
3. ISO, 2006, Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries - Collection and Exchange of Reliability and Maintenance Data for Equipment, ISO 14224:2006(E), ISO.
4. OREDA Participants, 2009, OREDA Offshore Reliability Data Handbook, 5th Ed., OREDA. 