

원자력발전소 정지형 여자기의 예방정비기준(PMT) 개발

진수환[†] · 박진엽 · 홍영희

한국수력원자력(주) 원자력발전기술원

(2011년 4월 25일 접수, 2011년 5월 26일 수정, 2011년 5월 31일 채택)

Development of the Preventive Maintenance Template for Static Exciter in the Nuclear Power Plant

Soo-Hwan Chin[†], Jin-Youb Park and Young-Hee Hong

Korea Hydro & Nuclear Power Co., LTD, Nuclear Engineering & Technology Institute(NETEC)

(Received 25 April 2011, Revised 26 May 2011, Accepted 31 May 2011)

요 약

예방정비기준은 기기의 높은 신뢰성을 유지하기 위해 정비방법을 문서화한 것으로 기기별 최적화된 예방정비 항목과 주기를 명시하고 기기의 성능저하 메커니즘을 설명하는 지침서이다. 기존의 기기 또는 설비에 대한 정비전략은 상태감시 정비보다는 일정한 주기가 되면 정비를 수행하는 주기정비가 주된 전략이었다. 본 논문은 원전 정지형 여자기에 대하여 기존의 주기정비 형태가 아닌 상태기반 정비 기법을 강화하고 정비 프로그램을 표준화하여 최적화된 정비전략을 구축하기 위한 예방정비 기준을 개발한 내용으로 기기 신뢰성, 발전소 이용률을 향상시킬 수 있는 기반이 될 것으로 판단된다.

주요어 : 예방정비기준, 상태기반정비, 시간기준정비, 예측정비, 여자기

Abstract — PMI(Preventive Maintenance Template) is a standardized maintenance program that describes maintenance items & period as operation condition to increase component reliability at the component level. The existing maintenance programs are focused on time based maintenance to inspect and repair component depend on fixed period. But recently, we have developed advanced maintenance program(named PMT) to increase reliability and optimize maintenance program of the plant significant component. This paper presents how to develop the PMT for nuclear power plant's static exciter.

Key words : PM Template, Condition Based Maintenance, Time Based Maintenance, Predictive Maintenance, Exciter

1. 서 론

예방정비기준이란, 기기 유형별 정비전략을 문서화한 것으로 기기별 최적화된 예방정비 항목과 주기를 명시하고 기기의 성능저하 메커니즘을 설명하는 지침서이다. 일반적으로 기기 또는 설비의 정비기법을 분

류할 때 보통 고장정비, 주기정비 및 상태기반 정비로 구분하는데 과거에는 기기에 대한 별도점검 없이 기기 고장이 발생하면 정비를 수행하는 고장정비가 주류를 이루었으나 최근에는 기기에 고장이 발생하기 전에 사전에 설비점검 및 부품을 교체함으로써 고장을 예방하는 예방정비 기법이 도입되어 대부분의 기기 정비에 적용하고 있다 [1,2].

EPRI(Electric Power Research Institute)에서 분석한 기기의 고장유형을 보면 전체 고장의 90%가 불시 고장 유형으로 분석되어 일정 시간의 경과에 따라 주

[†]To whom corresponding should be addressed.
25-1 Jang-dong, Yuseong-gu, Daejeon, 305-343, Korea
Tel : 042-870-5656; E-mail : chin0620@khnp.co.kr

기적으로 정비를 수행하는 주기정비는 역효과를 줄 가능성이 있는 것으로 분석되었으며 분해정비 후에는 정비오류 또는 교체부품의 결함 등에 따른 조기고장의 확률이 오히려 증가하는 것으로 나타났다 [3]. 특히, 최근의 설비 또는 기기의 구성은 예전과 다르게 다양하고 복잡해지고 있기 때문에 불시고장의 유형이 늘어나고 있다. 기기를 운영하는 운영자 입장에서도 최근에는 비용-효율적인 정비전략을 구축하기 위해 많은 노력을 수행하고 있는 실정이다. 이러한 이유로 최근 정비 패러다임은 일방적인 주기정비 보다는 상태기반 정비를 강화한 예방정비 프로그램을 적용하는 방향으로 전환되었다 [4].

본 논문은 각각의 원자력발전소에서 수행하고 있는 여자기 예방정비 기준을 분석하여 차이점을 도출하고 체계적인 기능적 중요도 결정을 통한 기기 분류, 대상 기기에 대한 고장모드 및 영향분석을 통해 전략적인 정비를 수행할 수 있는 정비직무와 주기를 최적화한 예방정비기준을 개발한 내용이다. 기존의 시간기준 정비 보다는 상태기반 정비를 강화하였으며 전사적으로

표준화 및 최적화된 예방정비 기준을 적용할 수 있도록 개발되었다. 원자력발전소 여자기의 예방정비 기준 개발 및 적용을 통해 여자기에 대한 정비 수준을 향상시키는 기술기반을 구축하였으며 앞으로 건설되는 신규원전의 여자기 정비에도 활용하고자 한다.

2. 예방정비 기준의 개발 방향

2-1. 기기고장의 유형

전통적으로 일반적인 기기의 고장 유형을 알기 쉽게 곡선의 형태로 나타내면 Fig. 1과 같은 욕조모양 곡선(Bathtub-curve)을 나타낸다 [5]. 기기의 설치 직후, 조립시의 문제점이나 교체품의 문제 등으로 인해서 설치 직후 일정기간 동안 고장발생확률이 높으며, 일정기간동안 잘 운전이 되고 나면 그 이후 기기의 노후화 등으로 인해서 고장확률이 증가하기 까지 일정한 고장확률을 나타내는 것이 일반적이다.

문제는 기기의 고장발생 시점을 정확히 예측하기가 불가능한 점인데 보통 기기의 고장확률이 다시 증가

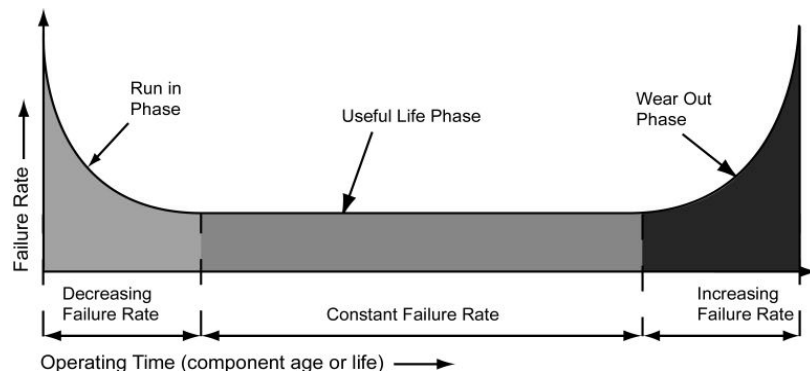


Fig. 1. The Bathtub Curve of Component Failure.

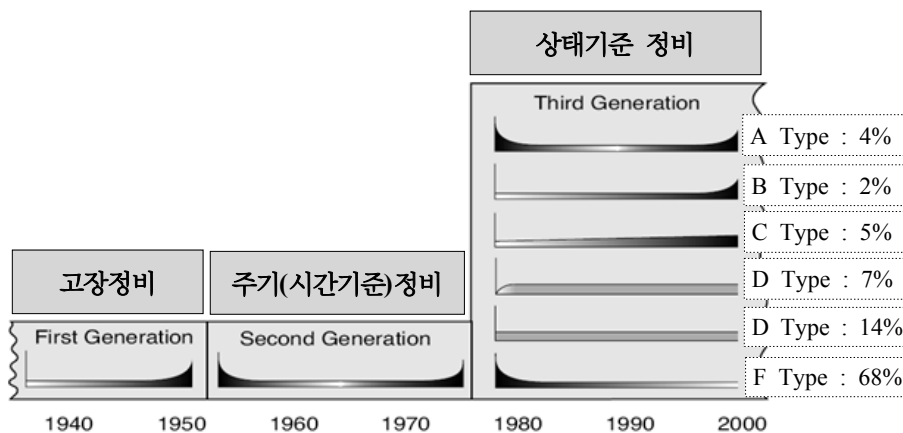


Fig. 2. Reliability Attributes.

하기 전에 정비를 수행하여 대상 기기가 건전하고 안정적인 성능을 입증하는 것이 필요하다. 이러한 행위를 일반적으로 예방정비(Preventive Maintenance)라 하는데 기존의 예방정비 프로그램은 대체적으로 상태기준(Condition-based) 정비 보다는 일정한 주기에 따라 정비를 수행하는 시간기준(Time-based) 정비를 수행하였다. 최근에 적용하는 예방정비 프로그램은 과거와는 다르게 시간기준 정비를 줄이고 보다 비용-효과적이고 기기 신뢰도를 향상시키기 위하여 기기의 상태에 따라 정비를 수행하는 상태기준 정비를 수행하는 방향으로 전환되고 있는 추세이다.

Fig. 2에서 보듯이 최근에는 기기의 고장유형이 전통적인 패턴, 즉, Bathtub Curve 형태가 아니라 다양한 고장 패턴을 나타내고 있는데 전체 고장의 약 90%가 불시고장(Random Failure, D~F Type) 유형으로 분석되고 있다.

2-2. 상태기준 정비의 중요성

Fig. 3과 같이 전통적인 시간기준의 정비를 수행할 경우 기기의 분해정비 후 발생하는 정비오류 또는 교

체 부품의 결함 등으로 정비 후 조기고장의 확률이 오히려 증가하는 것으로 분석 [6] 되었으며 이로 인해 조기고장으로 인한 시간기준 정비의 역효과를 인식하기 시작하였다. 불시고장 유형의 고장은 주기정비 보다는 상태감시 결과에 따라 기기의 상태가 악화되어 필요한 경우에만 정비를 수행하는 상태기준 정비가 비용, 효과는 물론 기기의 이용률과 신뢰도 측면에서 적합하다는 인식을 갖게 되었다.

2-3. 예방정비 기준 개발방향

대부분의 고장은 Fig. 4와 같이 순간적으로 발생하지 않고 상태가 악화되어 감지 가능한 P점을 지나 고장점 F에 까지 이르게 되는데 대상 기기에 대한 상태감시의 주기를 P-F Interval 이내로 설정을 할 경우에는 불시 고장에 대한 적절한 대처가 가능하다 [7]. 이에 따라 원전 정지형 여자기의 예방정비 기준의 개발 방향은 주기적으로 수행하는 시간기준 정비를 줄이고 설비의 상태에 따라 정비를 수행하는 상태기준 정비를 강화하는 것으로 개발하였다.

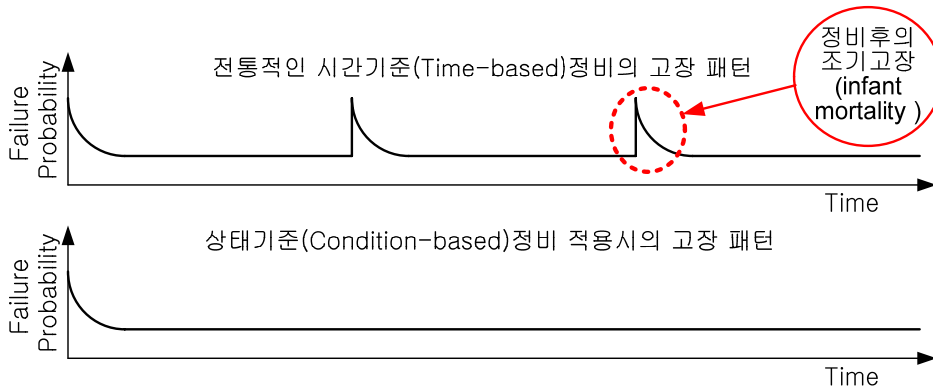


Fig. 3. Failure Pattern of Time and Condition Based Maintenance.

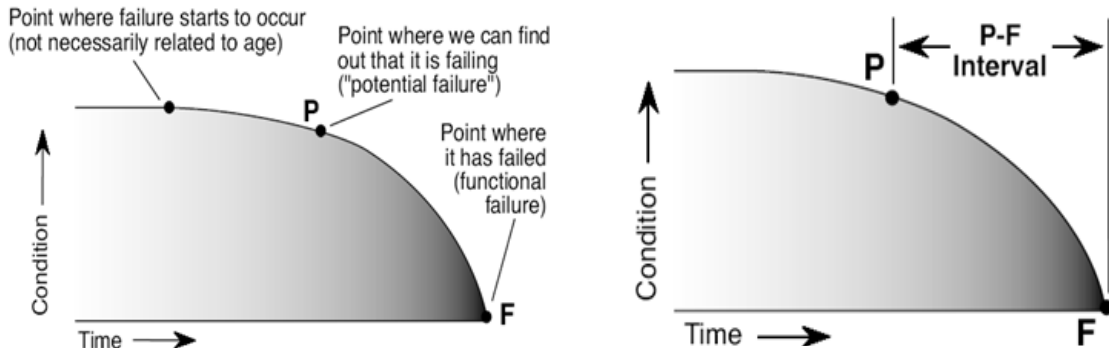


Fig. 4. Random Failure Mechanism.

3. 예방정비 기준 개발 범위 및 프로세스

3-1. 예방정비 기준 대상기기 및 범위

여자기는 발전기 계자에 직류를 만들어 계자권선에 자장을 형성시켜 주어 발전기 고정자에 전압을 유지하는 기기로 발전소 정상 운전 중에 발전기의 단자전압을 일정하게 유지하는 기능을 수행하는 설비이다. 여자기의 입력전원을 어디로부터 가져 오는지에 따라서 일반적으로 회전형, 정지형으로 나뉘게 되는데 국내 원자력발전소의 경우는 여자변압기 2차 측으로부터 입력전원을 가져오는 형식으로 이러한 형식을 정지형 여자시스템이라고 말한다 [8,9].

발전소 운전 중 여자기가 정지되면 발전소 정지를 초래하기 때문에 동 기기는 발전소의 중요 관리기기 중 하나이며 여자기의 신뢰성 확보 및 기능을 유지하는 것은 중요한 사항이다. 특히 원자력발전소의 경우 연료장전 후 보통 18개월 동안 연속 운전하는 것을 감안하면 여자기의 최적화된 정비전략을 구축하여 신뢰성을 확보하는 것은 발전소 이용률 향상과 밀접한 관계가 있다.

본 논문의 예방정비 기준 개발 범위는 발전기 전압을 일정하게 유지하는 역할을 수행하는 전압 조절 제어기(제어카드 포함), 정류기, 정류기를 냉각하는 냉각팬, AC/DC 모션, 여자기 패널 필터, 각종 퓨즈로 정의하였다. 기존의 정비사례를 분석한 결과, 고장발생의 대부분이 제어카드의 열화 또는 동작불능에 의해 여자기 전체 설비가 정지되는 사례가 가장 많았으며 이외에 냉각팬 고장에 따른 정류기 정지 사례 등이 조사되었다.

여자기의 연계 기기로 분류될 수 있는 여자용 변압기, 계자차단기, 보호계전기, 계기용변성기, 계기용변류기 등은 별도의 해당 예방정비 기준에 포함되어 본 예방정비 기준에서는 제외하였다.

3-2. 예방정비 기준 개발 프로세스

예방정비 기준 개발 프로세스는 크게 대상기기 선정, 기존 예방정비 프로그램 데이터 확보 및 분석, 기능적 중요도 결정(FID : Functional Importance Determination), 고장모드 영향분석(FMEA : Failure Mode Effect Analysis), 예방정비 직무와 주기선정을 하여 예방정비 기준을 개발하는데 각 단계별 중요 의사결정 사안이 있을 경우 대상기기 전문가로 구성된 전문가 패널 회의를 개최하여 해당 사안에 대한 자료 분석, 의견수렴 과정을 거쳐

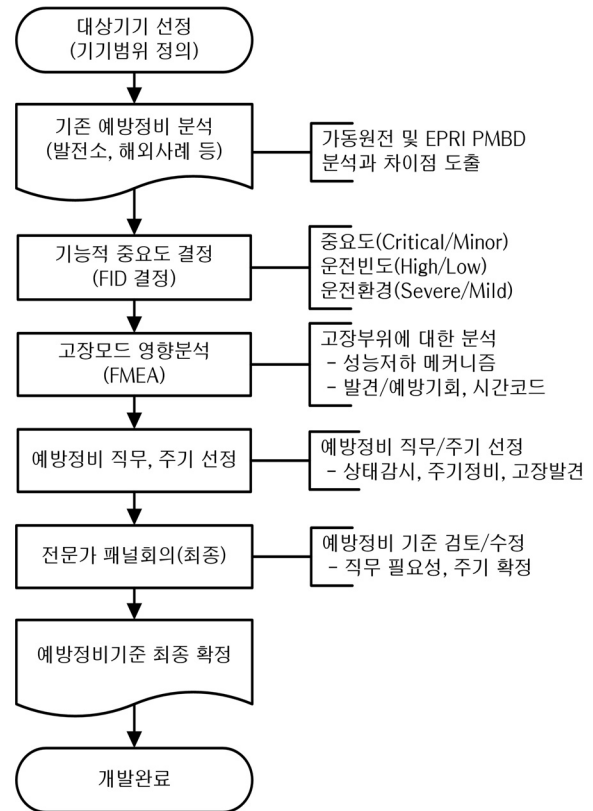


Fig. 5. Development Process of PMT.

의사결정을 하게 된다.

4. 정지형 여자기 예방정비 기준 개발

4-1. 현황 조사, 분석

최적의 예방정비 기준을 개발하기 위해 각 발전소의 여자기 예방정비 현황(예방정비 항목, 주기 및 정비이력)을 파악하고 EPRI의 예방정비 기초자료인 PMBD (Preventive Maintenance Basis Database)와의 편차를 분석하였다 [10,11].

분석 결과, 가동원전의 여자기 예방정비 프로그램의 경우, Table 1과 같이 동일한 기기에도 불구하고 예방정비 항목 및 주기가 발전소별로 상이하게 운영되는 사례가 발견되었으며 기존의 예방정비 프로그램은 상태기반 정비나 예측정비가 아닌 일정한 주기에 따라 정비를 수행하는 시간기준 정비 위주로 구성되어 있음을 확인하였다. EPRI PMBD와 가장 큰 차이점은 기기 범위 및 직무구분으로 기기범위는 본 예방정비 기준 기기범위에서 제외한 계자차단기, 여자변압기, CT/PT 등에 대한 정밀점검(10Y)을 수행하고 있으며 열화상분

Table 1. Maintenance Tasks and Period of NPP's Exciter.

Task Name	Plant Name						EPRI PMBD
	A	B	C	D	E	F	
Condition Monitoring Tasks	-	-	-	-	-	-	3M
- Thermography	1S	1S	1D	1S	1D	1S	1S
- Operator Round							
Time Directed Tasks	1F	1F	1F	1F	1F	1F	2Y
- General Inspection	1F	1F	1F	-	1F	1F	-
- Performance Test	-	-	-	-	-	-	10Y
- Overhaul							
Failure Finding Tasks	-	-	-	-	-	-	-

[범례 : S(Shift), D(Day), M(Month), Y(Year), F(Fuel Cycle)]

Table 2. Function Importance Determination(FID) of PMT.

Function Importance Determination(FID)									
Criticality	Critical				Minor				
	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	
Duty Cycle									
Service Condition	Severe		Mild		Severe		Mild		
FID Classification	CHS	CLS	CHM	CLM	MHS	MLS	MHM	MLM	

석을 통한 상태감시 직무를 강화하고 있는 것으로 분석되었다.

4.2. 기능적 중요도 결정

여자기 예방정비 항목별 주기적용을 위하여 기능적 중요도 결정(Function Importance Determination)을 하게 되는데 FID 분류 기준은 기기 중요도의 경우 Critical, Minor로 구분되며 Critical은 기능적으로 중요한 경우 즉, 위험도가 크거나 출력운전에 필수적인 것을 의미하며 Minor는 기능적으로는 중요하지 않으나 경제적으로 중요한 것을 의미한다. 운전빈도는 연속적으로 운전되는 경우에는 High, 대기 운전되는 경우에는 Low로 분류하며, 운전환경은 비정상적인 온도 환경, 진동 등에 영향을 받는 경우에는 Severe, 청결지역인 경우 Mild로 분류하여 구분한다. 이러한 세 가지의 분류 항목을 조합하여 8가지 유형의 매트릭스 기능적 중요도 결정 항목을 개발하였다.

여자기는 발전소 정지를 유발할 수 있는 중요 기기로 중요도 C(Critical), 발전소 운전 기간 중 항상 운전되는 기기이므로 운전빈도 H(High), 기기 위치가 진동에 영향을 받는 위치이기 때문에 운전환경 S(Severe)를 적용하여 FID 분류를 CHS(Critical, High, Severe)로 결정하였다. Table 2는 예방정비 기준의 FID 분류 예시를 나타낸다.

4.3. 고장모드 및 영향분석(FMEA : Failure Mode & Effect Analysis)

여자기 예방정비 기준 기기범위에 해당하는 부분에 대하여 고장모드 및 영향분석을 수행하였다. 전압 조절 제어기, 정류기, 정류기 냉각팬, AC/DC 모선, 여자기 패널 필터, 각종 퓨즈에 대한 고장부위, 성능저하 메커니즘, 성능저하 원인, 발견/예방기회 및 시간코드(고장이 발생하는데 까지 걸리는 기기의 운전된 시간)에 대하여 분석하였다. 고장모드 및 영향분석을 통해서 열화 메커니즘을 예방하거나 열화 상태를 확인/완화할 수 있는 정비항목이 도출되어 진다. 여자기에 대한 고장모드 및 영향분석 결과를 보면 성능저하 메커니즘은 대부분 열화의 종류로 구성되고 성능저하 원인은 열화를 일으키는 원인요소를 기술하고 있으며 발견/예방기회는 열화가 발생하기 전에 이를 사전에 발견할 수 있는 방법을 기술하고 있다.

Fig. 6은 여자기 예방정비 기준 중 전압조절 제어기에 대한 고장모드 및 영향분석 프로세스를 나타내며 Table 3은 여자기 예방정비기준 기기범위에 대한 고장모드 및 영향분석을 수행한 결과이다.

4.4. 예방정비 직무, 주기 선정

여자기 예방정비 직무는 상태감시 직무와 주기정비 직무로 구분하였다. 고장발견 직무는 통상 기기의 주

Table 3. FMEA Results of Static Exciter.

설비클래스코드	GEXS				
	여자기(정지형)				
기기명	고장부위	성능저하 메커니즘	성능저하 원인	발견/예방기회	시간코드
전압 조절 제어기	고장부위	과열, 오염	환경	육안점검/열화상 분석	UW0.5_1
전압 조절 제어기	고장부위	접점불량	점검 미흡	육안점검/성능시험	R
정류기 패널 및 정류기	고장부위	필터 오염	환경(먼지)	육안점검	UW1_2
정류기 패널 및 정류기	고장부위	냉각팬 베어링 파손	진동	진동감시/이음	W5_10
정류기 패널 및 정류기	고장부위	냉각팬 모터 열화	진동/접촉불량	진동감시/열화상분석 정밀점검	W20
방전저항	고장부위	열화	접촉불량	육안점검/정밀점검	UW10_15
퓨즈	고장부위	절연열화	접촉불량	정밀점검	R
AC/DC BUS-Bar	고장부위	절연열화	노화	절연시험/정밀점검	UW20_30
AC/DC BUS-Bar	고장부위	절연열화	전기적 과도현상	절연시험/정밀점검	W6_12
AC/DC BUS-Bar	고장부위	절연열화	설치불량	절연시험/정밀점검	R
AC/DC BUS-Bar	고장부위	절연열화	제작결함	절연시험/정밀점검	R
AC/DC BUS-Bar	고장부위	절연열화	시험불량	절연시험/정밀점검	R

[범례 : UW(Universal Wear out), W(Wear out), R(Random)]

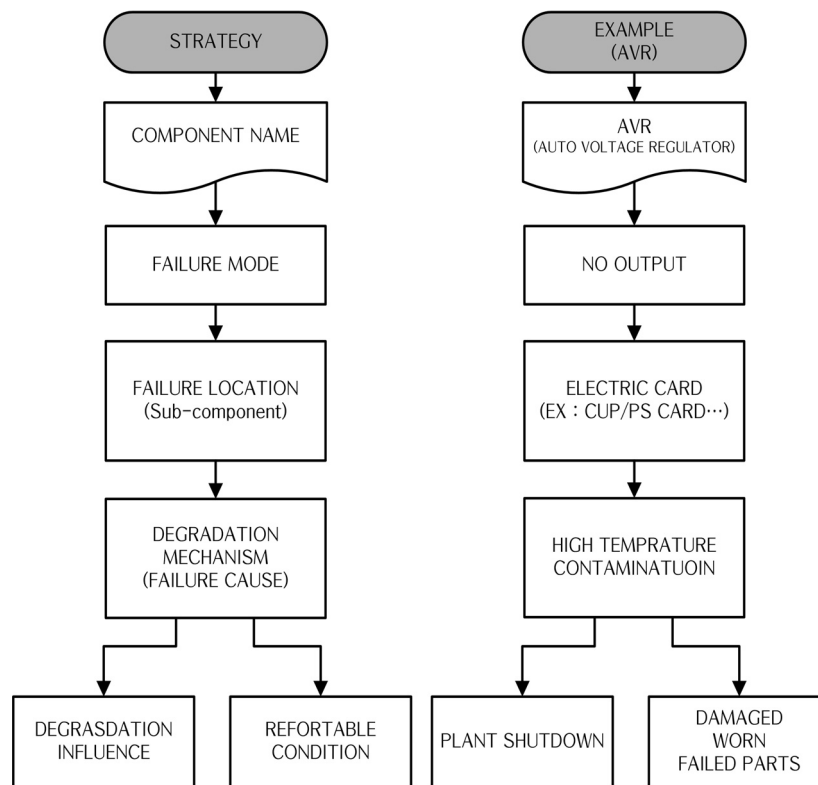


Fig. 6. Process of FMEA.

기적 육안점검 등을 통해 수행하는데 여자기의 경우 상태감시 및 주기정비 직무의 운전원 순시점검과 성능시험으로 고장발견 직무를 대체할 수 있으므로 별도로 고장발견 직무를 수행하지 않는 것으로 결정하였

다. 최적화된 직무별 상세 정비내용을 도출하기 위하여 가동원전 예방정비 현황 및 주기, 최근 3년간 정비사례, 시험 및 정비절차서, 제작사 매뉴얼, IEEE Standards, EPRI Technical Report 등의 분석을 수행하였다. 상

Table 4. Contents of Static Exciter Overhaul.

FID Code	GEXS
Component Name	Exciter-Static
Task Name : Overhaul	
Task Objective :	
여자기 전체에 대한 정밀점검을 수행하여 설비 건전성과 신뢰성을 확보하고 중-장기적인 고장 메커니즘을 분석하기 위함.	
Hours the component is unavailable : <input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	
Task Content :	
<p>여자기에 대한 정밀점검은 가능한 다음의 사항을 포함해야 함.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 발전기 축 및 여자변압기 축 BUS-Bar의 체결상태(Turn Ration Check - 필요시) ○ 여자기 패널 페인트 및 코팅 상태 점검(패널 내부 청결상태 확인 및 청소) ○ 여자기 전원공급 장치 점검(제어전원, 정류기 팬 구동 전원 등) ○ 제어기 카드(제어카드, 보터카드, 전원공급 카드 등) 및 각종 필터 개별 점검 ○ 제어기 패널 및 정류기 패널 공기 필터 점검 및 교체 ○ 여자기 패널 내부 각종 신호 및 전원 접속부 결선 단자 조임 상태 확인 ○ 정류기 차단 스위치/단자 조임 확인 ○ 제어기 및 정류기 팬 베어링, 모터 점검 ○ 여자기 패널 내부 각 종 퓨즈 점검 ○ 초기여자 회로, AC 입력 차단기 점검(해당 발전소) ○ Shunt 점검 ○ 방전저항(Field Discharge Resistor) 점검 ○ 싸이리스터 특성시험(절연, 누설전류 등), Heat Sink 조임 강도 확인 ○ 정류기 Isolation 회로, 계자차단기 점검 및 동작시험 ○ De-excitation 점검 ○ Field Grounding Detector, 시스템 접지 점검 	
Principal Failure Locations and Causes :	
본 직무에 포함된 고장 부위는 다른 기기의 성능저하 메커니즘 보다는 시간이 지남에 따라 발생하는 성능저하가 대부분을 차지함.	
Progression of the Degradation in Time :	
주요 고장 부위는 퓨즈, 다이오드, 제어카드 등이며 과열이 주요 원인 임.	
Support for the Task Interval and Relation th Other Tasks :	
<ul style="list-style-type: none"> ○ 현재 발전소 주기는 1F로 수행하고 있으며 EPRI 권고사항은 일반점검과 정밀점검을 구분하여 2Y, 10Y로 점검주기를 정하고 있음. ○ EPRI 자료는 일반 화력발전소를 포함한 모든 발전소에 대한 적용 주기이며 원자력발전소의 중요성을 감안하여 본 직무를 1F로 선정 함. ○ 또한 EPRI 자료는 일반점검과 정밀점검으로 구분하여 시행하고 있으나 현재 전 발전소에서 1F 주기로 수행하고 있는 직무가 EPRI 직무의 정밀점검에 해당하므로 일반점검과 정밀점검으로 구분하지 않고 정밀점검으로 통합하여 직무를 수행하는 것으로 전문가 회의를 통해 결정 	

태감시 직무에는 운전원 순시점검 외에 가동원전에서 수행하지 않는 열화상 분석을 추가하여 예방정비 본래의 취지인 상태감시를 강화하였으며 주기정비 직주는 정밀점검 후 여자기 전체 성능을 확인할 수 있는 성능시험을 추가하여 설비 신뢰성을 향상 시키도록 하였다. EPRI PMBD의 경우 주기정비 직무를 일반점검과 정밀점검으로 구분하였으나 정밀점검의 내용이 계자차단기 분해점검 등 본 예방정비 기준 기기 범위가 아니기 때문에 적용하지 않았으며 일반점검의 내용이 기존 가동원전 예방정비 활동의 정밀점검과 부합되어 일반점검 항목을 정밀점검으로 대체하였다.

각 직무에 대한 주기는 기존의 가동원전 예방정비 프로그램 및 EPRI PMBD 주기를 고려하여 선정하였

다. 1차적으로 열화상분석(3Month), 운전원 순시점검(1Day), 정밀점검 및 성능시험(1Fuel Cycle)로 적용하였으나 전문가 패널회의 결과 여자기는 발전정지 유발기기로 중요성을 감안, 운전원 순시점검 주기를 1S(Shift)로 적용하여 상태감시 직무를 강화하였다.

직무별 상세 내용을 기술하기 위하여 열화상 분석, 운전원 순시점검, 정밀점검, 성능시험에 대하여 직무명, 직무 목적, 직무수행시 기기이용 불가능 여부, 직무내용, 주요 고장부위 및 원인, 시간에 따른 성능저하의 진전 등이 포함된 직무설명서를 개발하였다.

Table 4는 직무설명서 중 정밀점검에 대한 내용이다.

직무별 내용은 열화상 분석의 경우 정류기 Heat Sink 온도 점검 등 3개 항목, 운전원 순시점검은 운전변수

Table 5. PM Template of Static Exciter.

Rev. No	0							
Rev. Date								
PM Template - Static Exciter								
Function Importance Determination(FID)								
Criticality	Critical				Minor			
Duty Cycle	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low
Service Condition	Severe		Mild		Severe		Mild	
Task Name	CHS	CLS	CHM	CLM	MHS	MLS	MHM	MLM
Condition Monitoring Task								
Thermography	3M	-	-	-	-	-	-	-
Operator Round	1S	-	-	-	-	-	-	-
Time Directed Task								
Overhaul	1F	-	-	-	-	-	-	-
Performance Test	1F	-	-	-	-	-	-	-
Failure Finding Task								
	-	-	-	-	-	-	-	-

확인 등 15개 항목, 정밀점검은 정류기 점검 등 16개 항목, 성능시험은 Dummy Load 장치를 이용한 정류기 출력파형 건전성 시험 등 12개 항목으로 구성되어 있다.

4.5. 전문가 패널 회의

예방정비 기준 개발의 각 단계별로 전문가 패널 회의를 하여 정확한 정보수집 및 현장경험을 반영하였고 예방정비 기준의 신뢰도를 제고하였다. 전문가 구성은 발전소에서 여자기 설비를 실제 운영하는 기기담당자, 정비를 수행하는 정비 전문가, 여자기 제작사의 설계자, 여자기에 대한 연구 및 엔지니어링 업무를 수행하는 연구원과 기술원의 전문가로 구성하였다. 전문가 패널 회의를 통해 각 발전소의 예방정비 현황 데이터 베이스를 구축하고 발전소별 차이점을 도출하여 도출된 결과를 최적화하는 작업을 수행하였다. 또한 예방정비기준 초안에 대한 검토와 각각의 직무항목에 대한 필요성과 주기를 검토하였다.

4.6. 개발결과

원전 여자기 예방정비 기준은 Table 5와 같이 예방정비 직무와 직무주기를 요약하여 예방정비 내용을 한 눈에 볼 수 있는 템플릿, 템플릿에 있는 각각의 직무내용을 설명해 놓은 직무설명서, 여자기 예방정비 기준의 범위를 나타내는 기기범위, 기능적 중요도 분류 기준에 대한 용어 정의 그리고 각 부품에 대한 고장유형 및 영향분석 결과로 구성된다. 템플릿을 제외한 직무

설명서, 기기범위, 기능적 중요도 분류, 고장유형 및 영향분석 등 각 항목들의 개발 결과는 4-2부터 4-4 항목에 기술하였다.

5. 결 론

예방정비 기준은 기기의 높은 신뢰성을 유지하기 위해 정비방법을 문서화한 것으로 기기별 최적화된 예방정비 항목과 주기를 명시하고 기기의 성능저하 메커니즘을 설명하는 지침으로 활용된다.

발전소 대부분의 기기고장 형태가 불시고장 유형으로 나타나는 상황에서 일방적인 주기정비 방법은 과다정비로 인한 비용증가, 잦은 분해점검에 따른 정비 오류 가능성 증가로 정비 후 고장 발생률이 증가할 수 있는 역효과를 가져올 수 있으며, 동일한 기기에 불구하고 발전소별 정비방법 및 정비주기가 상이할 경우에는 체계적인 기기관리가 어렵고 최적화된 정비전략을 구축하기 어려울 것이다. 따라서 각 발전소의 동일한 기기나 설비에 대하여 정비주기와 정비방법을 표준화하고 체계적인 정비 프로그램을 구축한다면 정비비용 절감, 고장률 감소 등의 효과로 이어질 것이다.

본 논문에서는 원자력발전소 중점관리 기기 중 하나인 정지형 여자기를 대상으로 상태기반 정비 기법을 강화하여 다음과 같이 정비 프로그램을 표준화하고 최적화된 예방정비 기준을 개발하였으며 표준화된 예방정비 기준을 통해 대상 기기에 적용하고 향후 추

가 건설되는 신규원전의 여자기 정비에도 활용하고자 한다.

첫째, 최적의 예방정비 기준을 개발하기 위해 각 발전소의 여자기 예방정비 현황(예방정비 항목, 주기 및 정비이력)을 파악하고 EPRI Preventive Maintenance Basis Database와의 편차를 분석하였다. 기존의 예방정비 프로그램은 상태기반 정비나 예측정비가 아닌 일정한 주기에 따라 정비를 수행하는 시간기준 정비 위주로 구성되어 있음을 확인하였으며 동일 기기임에도 불구하고 정비항목 및 정비주기가 서로 일치하지 않음을 확인하였다.

둘째, 대상 기기에 대한 기능적 중요도 결정(FID : Function Importance Determination)을 통해 기기의 중요도, 운전빈도, 운전환경 등을 체계적으로 분류하여 기기의 중요도를 객관적으로 분류하였다. 여자기는 발전소 정지를 유발할 수 있는 중요 기기로 중요도 C(Critical), 발전소 운전 기간 중 항상 운전되는 기기이므로 운전빈도 H(High), 기기 위치가 진동에 영향을 받는 위치이기 때문에 운전환경 S(Severe)를 적용하여 FID 분류를 CHS(Critical, High, Severe)로 표준화하여 결정하였다.

셋째, 정지형 여자기에 대한 고장모드와 영향분석을 수행하여 전압 조절 제어기(제어카드 포함), 정류기, 정류기를 냉각하는 냉각팬, AC/DC 모션, 여자기 패널 필터, 각종 퓨즈에 대한 고장부위, 성능저하 메커니즘, 성능저하 원인, 발견/예방기회 및 시간코드(고장이 발생하는 데 까지 걸리는 기기의 운전된 시간)에 대하여 분석하여 각 구성품의 정비를 위한 직무설명서의 자료로 활용할 수 있는 기반을 마련하였다.

넷째, 고장모드 및 영향분석을 수행한 결과를 기반

으로 열화 메커니즘을 예방하거나 열화 상태를 확인, 완화할 수 있는 정비항목을 도출하여 표준화된 직무설명서를 개발하였다.

다섯째, 예방정비 기준 개발의 각 단계별로 전문가 패널 회의를 하여 정확한 정보수집 및 현장경험을 반영하여 신뢰도를 제고한 예방정비 기준을 최종 개발하였다. 동일한 기기 임에도 불구하고 원자력발전소 정지형 여자기의 정비방법과 정비주기 등이 상이했던 기존의 정비체계를 최적화하여 체계적인 정비수행 및 정비 표준화를 가능케 했으며 향후 기기 신뢰도 및 발전소 이용률을 향상시킬 수 있는 기반을 구축하였다.

참고문헌

1. EPRI ; Preventive Maintenance Basis, TR-106857, 1998.
2. EPRI ; Reliability and Risk Significant, TR-1077079, 2002.
3. EPRI ; Reliability and Preventive Maintenance : Balancing Risk and Reliability, TR -1002964, 2002.
4. INPO ; Equipment Reliability Process Description, AP-913, 2001.
5. 진수환 외 ; 예방정비기준(PMT) 개발, 한국수력원자력(주) 원자력발전기술원, 2008.
6. Ross Kennedy ; Examining the Processes of RCM and TPM, 2002.
7. Do Han Lee ; Prognostics Technology, 2010.
8. IEEE ; IEEE Standard Definitions for Excitation Systems for Synchronous Machines, IEEE Std.421-1, 2007.
9. 진수환 외 ; 디지털 여자시스템 Stimulator 및 운영 프로그램 개발, 한국수력원자력(주) 원자력발전기술원, 2010.
10. EPRI EfficiencyLab ; EPRI, PMBD Client/Server 2.1 Version, Software, 2009.
11. 이병학, 이혁순 ; EPRI 예방정비기준자료에 근거한 원전 증기터빈의 예방정비기준 개발, 한국압력기공학회 논문집 제6권 제1호, 1-8, 2010.