



RCM기법을 이용한 화력발전소 예방정비 업무개선

이 찬 응 / 한전기공(주)
chan829@kps.co.kr

1. 서론

우리나라의 전력산업은 1887년 건청궁의 전등 불이 점화된 이후 2004년 7월 현재, 규모면에서도 59,000MW 이상의 발전설비용량을 갖추어 안정적이고도 비약적인 발전을 가져왔다. 그러나 국내외 전력산업을 둘러싸고 있는 경영환경은 매우 급속하게 변화하고 있으며 특히, 국내 화력 발전분야의 입장에서는 전력산업 구조개편과 초 경쟁적인 경영환경 변화 등으로 인하여 운전 및 정비비용의 절감이 그 어느 때 보다 요구되고 있다.

우리나라의 매출액 기준 전력 생산가격에 대한 원가 구성비율을 보면 연료비 70%, 설비 감가상각비 20%, 수선 유지비 4~5%, 인건비 3~4% 및 기타 등으로 구성된다. 결국 연료비와 감가상각비의 비율이 절대적으로 높아서 전력생산원가를 줄이는 데는 한계가 있다. 발전설비의 이용률 향상과 정비 비용절감에 대한 경쟁이 본격화되면서 발전설비에 대한 신뢰도 확보 및 경제성 향상을 위하여 불필요한 예방정비업무의 감축을 비롯하여 최적 정비관리기법 개발이 요구되고 있다. 근래에는 특정설비의 운전조건이 가혹해지는 등, 발전소 운영환경의 변화가 일어나고 있어 이에 따른 적절한 예방정비업무 운영개선 방안이 필요하게 되었다. 이러한 발전설비 정비에 대한 관점과 중요성의 인식변화에 따라서 국내에서도 기존의 사후 고장정비 위주의 수동적인 정비

(Reactive Maintenance) 방식에서 벗어나, 정보 인프라를 구축하여 실시간 운전상태감시를 보장하고 이를 연계하는 상태중심의 예측정비, 그리고 설비의 기능과 고장의 체계적인 분석을 통하여 기기 신뢰도에 기반을 두고서 정비자원의 최적분배를 추구하는 신뢰도 중심정비(RCM : Reliability-Centered Maintenance) 등과 같은 능동적인 정비(Proactive Maintenance) 방식을 도입하고 있다. RCM, 즉 신뢰도 중심정비라는 정비기법은 1960년대 말 미국 항공사에서부터 개발 적용되어 왔는데 국내에서도 1999년 최초로 원자력 발전소에서 시범계통분석을 통하여 일부 적용되어 왔다. 화력발전소 정비도 과거의 정비방법과 경험에만 의존하기보다는 신뢰도 중심정비기법을 이용하여 기기의 신뢰성을 높이면서 한정된 자원을 선택과 집중으로 효율적인 활용을 할 수 있어야 한다.

2. RCM적용에 의한 예방정비방안

2.1 RCM 이론

(1) RCM의 정의

RCM은 신뢰도 중심정비(Reliability Centered Maintenance)의 영문 머리글자를 딴 용어로서 적절한 정비업무 및 주기적용을 통한 설비의 계통기능을 유지하는데 초점을 맞추며, 정비 업무를 새로이 개발하거나 기존의 정비 업무를 최적화하기 위한 체계적이고 과학적인 기법이다.



(2) RCM의 목적

발전소의 중요한 계통에 의해서 수행되는 기능이 상실되거나 품질저하를 일으키는 고장을 가지고 있는 기기들을 찾아내고 유효적절한 예방정비 업무에 의해서 가장 중요한 고장유형과 근본원인을 찾아내기 위한 것이다.

(3) RCM적용 기본원칙

RCM은 다음의 원칙을 통하여 예방정비 업무를 최적화 시킨다.

- 정비자원의 집중 운영
- 낭비적인 정비업무 제거
- 정비업무개선을 위한 기초자료 개발
- 적용 가능한 정비, 예측정비 및 상태감시방안 개발
- 정비업무 및 주기 결정시 정비업무종사자 경험활용

(4) RCM의 기능고장 발전체계

예방정비 업무를 선정하기 위한 가장 일반적인 접근법에 반하여 RCM은 기능적으로 중요한 기기에 대한 정비노력에만 초점을 맞추는 기능중심의 접근법을 사용한다. 완전한 RCM평가는 고장원인의 발생을 철저하게 분석하기 위하여 적당한 수준까지 발전소를 Top-Down 방식으로 기능적으로 분해한다. 이러한 분석의 궁극적인 목적은 고장유형과 근본적인 원인을 찾아내는데 있다. 체계적이고 논리적인 기능고장 발전체계는 다음과 같다.

- 설비별 계통/부계통, 기기/부기기 등 최소항목까지 분해
- 각 기능별 고장유형과 원인을 파악 분류
- 기능 및 그 고장과 관련된 중요도를 평가 분류
- 고장원인감소 및 비용효과 있는 PM업무를 찾아내는 순차적인 과정

(5) RCM기법의 장점

발전설비가 잘 유지 보전되는 기기나 계통은 고장횟수가 적어질 것이며 계통의 신뢰도 증가나

발전소의 이용률 향상으로 나타나게 된다. RCM 기법 적용에 대한 장점을 살펴보면 아래와 같다.

첫째, 한정된 정비자원을 가장 중요한 분야에 집중 활용할 수 있도록 한다. 모든 예방정비 업무를 시행하는 대신에 합리적으로 집중선택이 되도록 유도하여 유용한 정비자원을 최적으로 사용할 수 있도록 노력한다.

둘째, 계통이용도를 증가시킬 수 있다. RCM은 설비상태에 관계없이 주기적으로 수행하는 시간 기준정비대신 성능감시나 진단기술을 활용한 예측정비를 우선시하여 이용도와 신뢰도가 높다.

셋째, 정비투입 인력을 줄일 수 있다. 신뢰도 증가로 인하여 고장발생률을 감소시키는 정비 업무를 선정함으로써 잦은 고장을 예방하거나 감소시키며 또한 불필요한 예방정비업무나 검사업무를 제거함으로써 정비인력을 줄일 수 있다.

넷째, 예방정비계획수립에 대한 서류화된 기술적, 객관적 자료를 제공한다. RCM 분석과정이 계통기능과 기기의 고장메커니즘을 분석, 설비고장시 계통에 미치는 영향을 평가하며 체계적인 논리도로 중요기기선정이 가능하다.

다섯째, 개선된 예방정비 업무 수행과정에서 문제 발생 시 추적이 용이하다. 체계적인 분석과 기술적 배경은 예방정비 계획수립과정을 투명하게 한다.

여섯째, 정비우선순위를 정하는 자료나 교육용 및 참고자료로 유용하다. 발전소에는 많은 계통/기기관련 자료가 있으나 RCM 분석과정의 연관된 과거자료는 거의 없었다. 계통기능고장유형, 고장 모드, 고장영향, 필수기기, 고장원인, 예방정비 주기 등의 체계적인 자료 확보와 활용이 가능하다.

(6) 기술적인 한계

① 필수기기 선정위한 고장영향평가분석

필수기기관 발전소에 대한 영향이 중요하고 높은 고장확률을 가지고 있거나 비상시 운전되어야 하는 설비로 고장이 발생할 경우 발전소 안정성이나 전



력생산에 치명적인 영향을 미치는 기기로 정의된다.

② 정비업무 선정논리도의 객관화

정비업무 선정은 계통기기를 유지 보전하는데 가장 적절하고 경제적이며 효과적인 방법을 찾아내고자 하는 것인데 여기에는 상대기준정비업무와 주기기준정비업무뿐만 아니라 고장발견업무(Failure Finding)까지를 포함한다.

③ 정비주기 결정방법 및 과정

RCM은 적절하고 비용효과적인 예방정비 업무들을 선정하기 위한 도구이며 정비주기는 업무내용 만큼 중요한 사항이다. 현재 정비주기결정방법에 대해서는 미국 EPRI(Electric Power Research Institute, 미국 전력연구원) PM Basis의 자료를 활용하는데 고장간 평균시간(MTBF: Mean Time Between Failure)방법, 제작사 권고주기, 산업체의 일반적인 주기(INI), 경년조사, 엔지니어링 판단 등이 알려져 있다. 그러나 실제 적용상에 있어서는 많은 어려움이 있으며, 고장간 평균시간(MTBF) 방법의 경우는 많은 발전소 고유의 고장이력데이터가 요구되며 동일한 유형의 기기라도 운전환경이나 사용빈도 등의 변수가 워낙 다양하다. 결론적으로 RCM 분석과정의 최종단계인 정비주기를 선정하는 작업이 가장 어려운 단계인 것으로 판단되며 객관적, 기술적으로 납득할만한 타당성 있는 결과를 도출하기란 그렇게 쉽지 않다고 생각되어 결국, 발전소정비전문가의 기술적인 조언을 많이 반영 하였다.

2.2 RCM 적용 예

전통적인 RCM접근방법에서 분석자들은 기기에 대한 고유의 고장률을 구분하는데 크게 관심을 갖지 않았다. 그 이유는 타당한 결과를 얻을 수 있는 충분한 데이터가 없다는 것이다. 심지어 국내 발전소에는 일반적인 데이터마저도 충분히 갖지 못하고 있는 실정에서 기기신뢰도 데이터를 활용

하기는 매우 어려운 여건이다. 이러한 현실에서 시범계통에 한정되기는 하지만 발전소 고유의 기기와 관련한 운전 및 정비 데이터를 수집하고자 하는 시도는 여러가지 측면에서 의미가 있다. 객관화된 분석 결과를 당장 RCM에 활용하기 위해 서라기보다는 연구과정을 통하여 화력발전소의 분석체계를 정립하고 아울러 분석을 통하여 시범계통 구성기기들의 고장특성을 파악하여 향후, 발전소 필수기기를 선정하기 위한 객관적인 자료로 활용할 수 있기 때문이다.

(1) 대상 발전소

화력발전소에 RCM을 적용하여 예방정비 업무를 개선하기 위하여 데이터 분석범위 및 RCM분석대상은 국내표준 석탄 화력 발전소인 T화력 1호기의 연료연소 및 제매계통 등 최종 상위 20개 계통의 기계, 전기, 계측제어 분야의 기기에 대하여 과거 3년 6개월('98.1월 ~ '01.6월까지)동안 발생된 정비 데이터를 기준으로 분석대상을 선정 하였다.

국내표준 석탄화력 발전소는 아래 그림 1과 같이 구성되어 있으며, 유연탄 연료에 의하여 보일러 내에서 증기가 생산되면 증기가 가진 열에너지는 터빈(Steam Turbine)으로 유입되어 팽창과정을 거치면서 터빈을 회전시켜 기계적인 에너지로 변환되고, 터빈에 직결된 발전기를 회전시켜 다시 전기에너지로 변환되어 전력이라는 형태로 소비자에게 전달된다.

(2) 데이터 및 정보수집

① 화력발전소 RCM분석용 소프트웨어 준비

국내 RCM분석용 기존소프트웨어는 'KRCM'(Korea Reliability Centered Maintenance)이라는 원자력 발전소의 Windows를 기반으로 한 RCM 분석전용단위프로그램이 이미 개발되어 있었다. 이것을 화력발전소에 적용하려 하였으나 각종 메뉴체계와 단위체계가 다르고 호환성이 떨어



져, 화력발전소 RCM분석 전용 프로그램인 'FRCM' (Fossil Reliability Centered Maintenance) 을 별도로 개발 사용하게 되었다. 'FRCM'의 주요구성 메뉴로는 발전소메뉴, 계통메뉴, 사용자관리, 기기유형/고장모드, 고장영향, 표준예방정비, 예방정비템플릿, 계기기능목록, 참조계통 기능 고장 등이 있다.

② 데이터 및 관련자료 준비

① 일반자료

RCM 분석을 위한 계통기능, 계통경계, 기능고장유형, 기기고장유형 및 원인 그리고 고장률 등을 결정하는데 필요로 되는 자료들은 다음과 같다.

- T화력발전소 기기 설계 사양
- T화력 발전소 연간 예방정비계획서 및 계획 예방정비지침서
- T화력 발전소 운전 및 정비 절차서/지침서
- T화력 발전소 계통별 P&ID 및 도면, 설명서 및 계통의 현재상태
- T화력 발전소 PUMAS/F-II의 정비기록 Database
- 고장유형, 원인, 결과, 시정조치 등 포함하는 데이터이력, 기타

㉠ 대상계통 분석 기초자료

우선, 발전소 정비기록전산 프로그램인 PUMAS/F-II로부터 대상계통의 분석범위에 해당하는 정비이력 데이터를 엑셀 프로그램을 이용하여 다운받아 분석기초 자료로 활용하였고 정비관련 기록들의 자료를 수집 반영하였다.

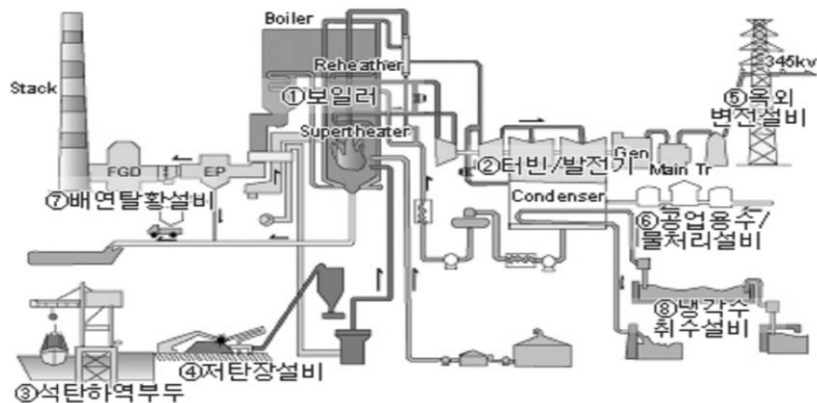
㉡ 기능고장 데이터 및 정비투입자료

과거 3.5년 ('98.1월 ~ '01.6월까지) 동안 계통별로 발생한 작업의뢰서, TM(Trouble Memo) 및 예방점검정비건수 등의 정비기록을 기준으로 정비이력 데이터를 기능고장 분류기준에 따라 선별하였으며, 정비투입 인력도 같은 방법으로 산출하여 보았으나 신뢰성을 기대하기 곤란한 측면이 있었다. 대부분의 정비기록시간은 대기시간 등이 포함되어 있어 RCM의 정비평균분석시간 자료로는 전문가의 면담에 의한 일부보완이 필요하였다.

(3) 정비업무 분석

① 계통선정 및 분류

화력발전소의 계통대상 선정방법으로는 전체 주요 60개 계통을 선정하여 설비계통별·중요도평가로 발전소가동률·신뢰도, 출력감발·발



[그림 1] 표준석탄화력 발전소 계통도

전효율 영향, Outage연장 및 복구기간, 기타환경 등 규제사항과 정비이력평가로 고장건수 · 평균고장 정비량, 예방점검건수 · 평균예방점검량, 전체 점검정비건수대비 예방점검비율 및 정비인력평가로 정비건수에 대한 점검정비 인력, 기기 수에 대한 평균정비인력 등을 종합적으로 평가하여 각각의 가중치를 합산하여 상위 20위까지를 최종분석 대상계통으로 선정하였다. 아래의 표 1은 최종분석 대상계통 20위까지의 선정결과를 나타낸다.

② 기능고장 유형분류

① 계통별 기능 분석

계통별 기능분석은 RCM분석 방법론에 따라 간단한 매트릭스 방법을 사용하여 수행하였다. 연료 및 제매계통의 경우 기능분석결과 8개의 기능으로 정의 되었으며, 계통별 기능고장은 각 기능의 고장 또는 상실된 상태를 나타내는 것으로 예를 들면 “노내 화염형성 및 유지기능”의 기능고장 형태는 "노내 화염형성 및 유지기능 형성 실패"로 나타내어진다. 또한, 기능고장분석을 위하여 계통별 대상기기목록은 PUMAS/F-II에서 다운받은 기기목록을 계통

도, 제작 사도면과 비교하여 누락된 기기 등은 추가하고 RCM정비업무 분석이 필요하지 않는 기기는 제외시켰다.

② 계통 기능고장별 주요기기할당

각 계통별 각각의 부 계통기능에 대한 기능고장 분석과 기능과 관련되는 기기의 할당은 RCM분석용 전산도구를 활용하여 분석하였고 각 기능고장별로 할당된 주요기기 유형은 대표적으로 연료연소 및 제매계통만 실례로 기록하였고 전체 계통의 기기할당은 별도로 기술하지 않았다.

③ 필수기기 분류

① 기능고장 필수기기선정 기준

기기의 고장모드별 현장, 계통 및 발전소에 미치는 영향을 평가하여 간략화된 필수기기 분석 방법에 따라 기기등급(A, B, C, D, N)을 설정하였고, 고장모드영향평가(FMEA : Failure Mode & Effects Analysis)방법에 따라 정비 전문가의 엔지니어링 검토의견 반영, 고장모드별 고장률, 정비이력 및 그림 2와 같이 필수기기 선정기준절차 등이 고려되었다.

• A 등급 : 발전소 안정성(폭발위험 등)에 영향

〈표 1〉 최종분석 대상계통 선정결과

순위	계통명	순위	계통명
1	연료연소 및 제매계통	11	소내 전력공급 고압/옥외변전
2	보일러수 및 증기계통	12	증기터빈 및 부속계통
3	보일러 통풍계통	13	복수기 진공계통
4	미분탄 계통	14	탈황설비 흡수계통
5	주증기 및 재열증기 계통	15	터빈추기, 급수가열기 배수/배기
6	복수기 냉각계통	16	소내전력 공급 저압계통
7	무정전 전력/직류공급계통	17	분산제어계통
8	발전기 및 보조/냉각/일봉계통	18	전기 집진기 계통
9	복수 계통	19	순수 회처리 계통
10	주급수 및 보조계통	20	석탄 하역 계통



을 미치는 기기

- B 등급 : 발전소 이용률에 영향을 미치는 기기
- C 등급 : 많은 정비비용이 소요되는 기기
- N 등급 : 등급 A, B, C에 해당되지 않는 기기
- D 등급 : 필수기기(A, B, C)는 아니지만 예방 정비업무 요구되는 기기

㉔ 지배적인 고장모드 선정

고장모드 영향분석을 시작하기 전에 각 계통별 기능고장에 할당된 기기에 그 기능고장과 관련된 지배적인 고장모드를 식별하였다. 즉, 모든 기기들은 몇 가지 지배적인 고장모드를 갖게 되는데 이중에서 계통 기능고장을 야기 시킬 수 있는 고장모드만을 선정하여 영향분석을 수행하였다. 예를 들면, “계통 압력 건전성 유지 실패”에 할당된 밸브의 경우 “외부누설”은 이 계통 기능고장을 야기시키는 하나의 고장모드로 작용할 수 있다. 그러나 “열림 실패”나 “닫힘 실패”는 “유량공급 실패” 또는 “사고시 계통 차단실패”와 같은 다른 계통 기능고장과 관련지을 수 있다. 지배적인 고장모드란 가장 있음직한 고장모드를 의미하며, 정상 상태에서 열려있는 수동밸브의 “우연히 기계적으로 닫힘” 또는 “밸브 몸통 파열”과 같은 비일상적이

고 극히 드문 경우의 고장모드는 지배적인 고장모드라고 할 수 없다.

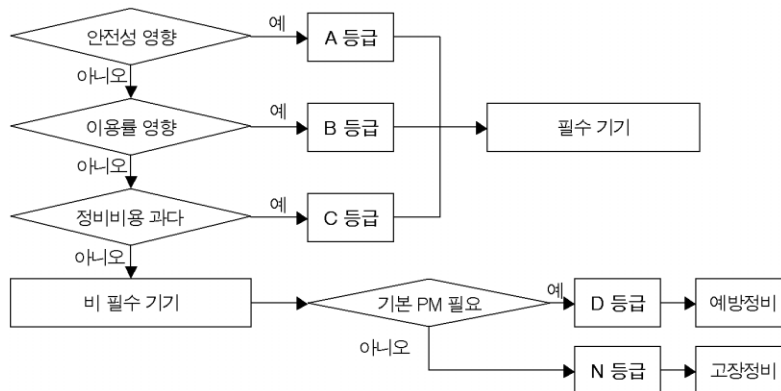
㉕ 필수기기 선정결과

기기고장모드 영향평가(FMEA) 분석결과는 표 2와 같이 계통별 필수기기가 선정되었다. 전체 분석대상기기 17,958대 중에서 58.6%인 10,517대가 필수기기(A, B, C등급)로 선정되었고 비필수기기인 N등급 기기가 5,040대, D 등급기기가 2,401대로 선정되었다.

④ 초기 정비업무 선정

㉖ 고장모드별 고장원인선정

정비 분석을 하기 위하여 먼저 계통분석 결과로 선정된 필수기기의 고장모드 발생원인이 될 수 있는 지배적인 고장원인을 선정하였다. 고장원인은 분석 대상기기 및 유사 기기에서 경험했던 고장원인과 고장경험은 없으나 필수 고장모드의 원인이 될 가능성이 있는 잠재적인 고장원인으로 분류한 후 지배적인 고장원인을 선정하였다. 경험한 고장원인은 과거 3년 6개월간 국내 표준 화력발전소의 데이터를 수집하여 대상계통 20개의 고장 및 정비이력 데이터 분석결과를 활용하여 선정하였으며, 잠



[그림 2] 필수기기 선정기준 절차도

재적인 고장원인은 분석용 전산프로그램 (FRCM)의 참고 데이터와 정비경험을 토대로 기준을 정하였다.

㉠ 정비업무 선정기법

• 정비업무 선정기법

분석계통의 고장모드 영향분석(FMEA) 결과 정비업무가 필요한 기기로 평가된 필수 기기와 최소한의 정비업무가 필요한 비필수기기(D등급)들에 대하여 정비 업무를 선정하였다. 선정

방법으로는 아래 그림 3의 정비업무 논리분석 (LTA : Logic Tree Analysis) 흐름도의 절차에 의거하였다. 고장원인에 따라 상태정비가 효과적인지, 주기정비가 효과적인지, 또는 고장정비가 더욱 유리한지에 대하여 고장원인을 예방, 예측 또는 감소시킬 수 있는 적절하고 비용 효과적인 정비 업무를 선정하였다.

㉡ 예방정비 주기 분석

현행 예방정비주기의 적절성 평가를 위한 기본

<표 2> 계통별 필수기기 선정 결과표

계통명	분석대상 기기수	필수기기 (A, B, C)	비필수기기	
			N등급	D등급
연료연소 및 제매계통	582	411	167	4
미분탄계통	571	347	164	60
보일러수 및 증기계통	1,540	793	43	704
보일러 통풍계통	1,443	972	313	158
주증기 및 재열증기계통	742	381	56	305
복수기 냉각계통	578	213	300	65
무정전 전력/직류공급계통	57	57	-	-
주급수 및 보조계통	1,260	796	273	191
발전기 및 보조계통	454	225	113	116
복수계통	597	240	268	89
소내전력 고압계통(옥외변전)	1,188	997	184	7
증기터빈 및 부속계통	821	583	120	118
복수기 진공계통	183	71	106	6
탈황설비 흡수계통	789	472	221	96
터빈추기, FW배수/배기계통	839	322	126	391
소내전력공급 저압계통	2,593	1,054	1,539	-
분산 제어 계통	124	101	23	-
전기집진기계통	778	349	429	-
순수회처리계통	1,398	916	427	55
석탄 하역 계통	1,421	1,217	168	36
합 계	17,958 (100.0%)	10,517 (58.6%)	5,040 (28.0%)	2,401 (13.4%)



데이터로 활용하기 위하여 고장 및 정비경험 데이터를 수집하였다. 현행 예방정비 주기, 예방정비이력 및 고장정비이력은 국내 T-화력발전소에서 운영 중인 정비관리 시스템(PUMAS/F-II에 저장된 데이터를 다운 받아 활용하였다. 또한 작업의뢰서 관리대장으로 고장 및 정비내용의 파악이 어려운 경우는 작업의뢰서와 작업보고서를 통해 그 이력을 파악하였으며, 고장횟수, 예방정비 및 고장정비 이력은 발전소가 안정된 상태로부터 기록된 데이터를 활용하기 위하여 3년6개월간('98.1~'01.6)의 데이터를 수집 활용하였다.

또한 수평원심펌프 등 15개 기기 유형에 대한 정비업무선정기준이 개발되어 실효성이 입증된 EPRI Program Basis 및 기타 해외 적용사례를 참조하여 설정된 자료를 기초하여, 대용량 기저부하를 담당하는 발전소의 운전현황, 정비이력분석을 통한 열화, 고장특성데이터, 제작사 권고사항, 분석가 및 실무자 의견, 기기 고장영향평가 결과 그리고 동일한 발전소 모델의 현행 예방정비(PM)업무를 반영하므로 고유의 정비업무선정의 기준이 되도록 한 기준 표를 이용하여 유사 형태의 기기에 대하여 RCM 권고사항으로서 정비업무와 주기를 설정하였다.

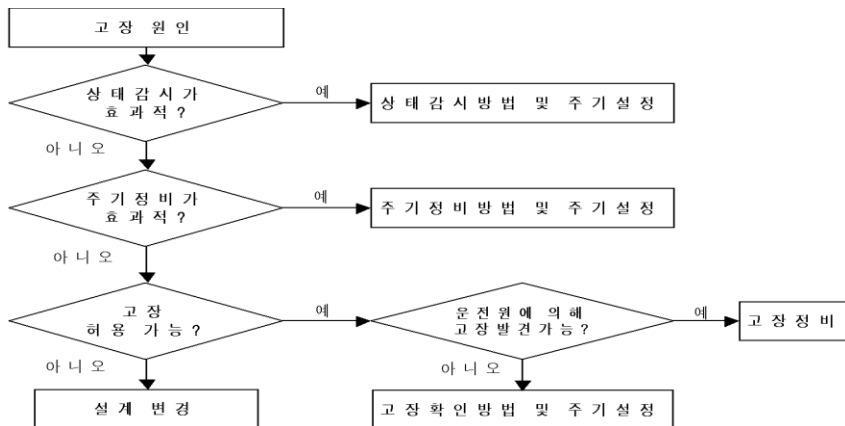
3. 결과 및 고찰

3.1 예방정비업무 개선결과

(1) 업무개선 종합

국내 T-화력 제1호기 20개 계통에 대한 RCM을 이용한 화력발전소 정비관리 업무개선에 적용 수행한 결과 화력발전소의 신뢰도 및 이용률 향상과 정비 비용절감하기 위해 현행 예방정비업무와의 비교분석을 통해 외형적인 수치상으로 효과를 예상할 수는 있었다. 그러나 발전소의 신뢰도 및 이용률을 향상시킴으로서 얻을 수 있는 구체적인 효과를 평가하기 위해서는 RCM을 이용한 분석 대상계통의 평가가 완료되고 일정기간(3-4년)이 경과한 후에나 가능하며, 그렇더라도 이를 계량화하기가 어렵고 또한 분석에 의한 직접적인 결과라는 것을 증명하는 것은 용이하지 않다. 그러나 현행 예방정비(PM)업무에 대한 비교 평가는 분석 전, 후의 정비업무 변화만으로도 간단히 가시적인 기대 효과를 예측하는 것은 가능하다.

정비업무의 변화에 의한 비용효과 분석에는 정비수행 인건비와 소요 자재비용 외에 정비업무의 계획, 일정 수립에 소요되는 간접비용이 포함될 수 있다. 이들 비용을 환산하기 위해 필요한 각 요소들의 정확한 자료들이 현재로서는 발전소에서



[그림 3] 정비업무 논리분석 흐름도



관리되지 않고 있을 뿐 아니라 따로 참고할 만한 객관적인 자료가 없기 때문에 본 평가에서는 정비를 위해 소요되는 직접 인건비만을 고려하여 비용 효과를 상대적 비교 평가하였는데, 분석 전, 후의 업무에 동일한 기준을 적용하였으므로 전체적인 비용 절감을 예측하기 위한 척도로서의 가치는 충분하다고 생각된다.

(2) 가시적인 절감내역

① 정비투입 공량산출

현행의 예방정비 수행에 소요되는 인력은 현재 PUMAS/F-II 상에 등록되어 있는 인력을 기초 자료로 활용하였으며, 분석 후 예방정비 업무에 대한 인력을 산출하는데 있어서는 현행의 예방정비업무가 유지되는 부분에 대하여는 그대로 유지하였고 추가된 업무에 대한 기본 인력의 산정은 기 등록된 해당 계통의 유사 기기에 대한 업무와 주기를 고려하여 인력을 산출하였다. 아래 표 3은 전체계통 예방정비(PM) 분석 전·후의 직종별 정비투입공량비교를 나타낸 것으로, 그 결과 기계 및 전기직종은 많은 감소가 있었지만 계기직종은 다소 증가한 것으로 나타났다. 전체적으로 20개의 분석대상 전 계통에 대하여 직접적인 정비투입공량이 69,914(MH)이던 것이 62,070(MH)로 약 11.2%가 감소한 것으로 나타났다.

② 정비 비용 산출

정비 비용의 산출은 투입인력조사에서 구한 정비인력에 2002년 8월 기준 시중 노임단가의 공사 직종 부분을 적용하였으며, 전체 예방정비 업무에 대하여 연간 단위로 환산한 후 산출하였고, 적용기준은 기계분야의 경우 플랜트 기계설치공과 특별인부를 6:4 비율로 적용하였으며, 전기분야는 플랜트전공과 특별인부를 6:4 비율로, 계측제어분야는 계장공 100% 비율로 적용 환산하여 산출하였다.

아래 표 4는 예방정비의 분석 전, 후 정비비용 변화를 나타내고 있다. 이를 직접 정비비용으로 환산한 결과, 604,356천원에서 538,173천원으로 약 11%의 비용이 절감될 것으로 평가되었으며, 연료연소 및 제매계통 등 12개 계통이 감소되고 보일러수 및 증기계통 등 5개 계통은 일부 증가되며, 소내 전력공급 저압계통 등 3개는 기존과 비슷한 것으로 나타났다.

(3) 계통별 세부 분석 결과 예시

연료연소 및 제매계통의 경우, 분석 후 최종권고 업무를 도출한 결과 예시를 아래의 그림 4 및 그림 5를 참조하여 보면 현행 예방정비 업무(29,466건/년)의 68%는 유지, 31%는 수정, 1%는 삭제, 3%는 새로 추가되어 전체적으로는 현행 대비 12%의 예방정비 업무가 축소되는 것으로 나타났다. 그리고 변화된 내용에 대하여 정비 유형별로 점유율을 비교해 보면 현재 99%를 차지 하던 상태감시는 98%로 축소되고, 주기정비와

<표 3> 직종별 예방정비 투입공량 비교표

구 분		기계역무	전기역무	계기역무	합 계
분석 전	A.투입공량(MH)	38,536	30,386	993	69,914
	점유율(%)	55.1	43.5	1.4	100(%)
분석 후	B.투입공량(MH)	35,827	24,234	2,010	62,070
	점유율(%)	57.7	39.0	3.2	100(%)
비 교	비율(B/A)	92.9%	79.7%	202.4%	88.8%



고장발견 업무는 각각 1.1%, 0.01%에서 1.5%, 0.4%로 증가되는 것으로 나타났다.

3.2 RCM 적용상의 문제점

(1) 이익 분석

RCM 분석결과를 적용한 후 발전소 강제정지 건수가 감소하고 이용률이 증가하였다 하더라도 RCM기법의 적용으로 인한 이득효과가 어느 정도 인지를 명확히 구분해 내기란 쉽지가 않다.

(2) 효과 확인

발전소에서의 이득효과를 평가하기 위해서는 적어도 1주기 무고장 운전(OCTF : One Cycle Trouble Free)기간이 보통 18-24개월 정도로 1회 이상은 개선된 예방정비 업무를 적용해보아야

하기 때문에, 최소 2년 이상 지난 후에야 효과 확인이 가능하다. 심지어 특정 기기에 따라서 계획예방정비 주기가 3년~6년 등 장기간 설정된 것들도 있기에 효과확인 기간이 더 길어질 수도 있다.

(3) 인적오류에 의한 결함요소 색출 곤란

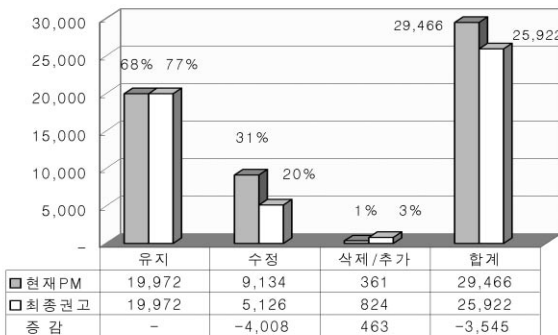
발전소 설비고장의 발생구조가 ㉠ 고장근본원인, ㉡ 유도원인, ㉢ 고장모드, ㉣ 고장영향 등의 체계로 일어나게 되어있다.

(4) RCM 분석을 위한 수행 인원과 기간

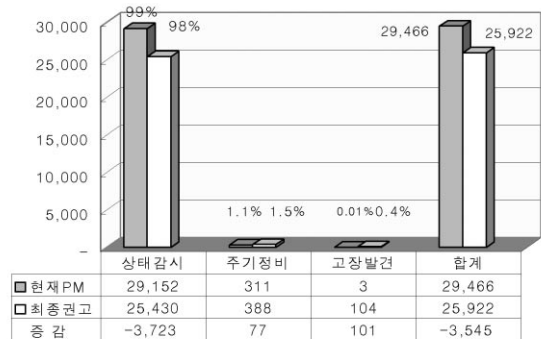
원자력발전소 1개 계통을 분석하는데 평균 8~12주가 소요되었고, 화력발전소의 경우에도 20개 계통 분석 시 약 1.5년~2년 정도 소요되는 것으로 수행인원 역시 많은 인력이 소요된다는 점이다.

〈표 4〉 예방정비 분석 전·후 정비비용 비교표

구분	기계		전기		계기	합계
	플·기설공	특별인부	플랜전공	특별인부	계장공	
분석 전 (천원)	218,820	121,200	159,606	95,565	9,163	604,356
	소계: 340,020		소계: 255,171		9,163	
분석 후 (천원)	203,437	112,680	127,292	76,217	18,547	538,173
	소계: 316,117		소계: 203,509		18,547	
단가/일	75,711원	62,902원	70,035원	62,902원	73,834원	



[그림 4] 분석 전후 예방정비 업무건수 변화



[그림 5] 분석 전후 예방정비유형 변화



4. 결론

본 연구를 통해서 국내 표준 석탄화력 발전소의 운영 여건에 맞는 신뢰도 중심 정비(RCM) 분석 체계를 마련하고, 이를 활용하여 20개의 계통선 정에서부터 예방정비 업무를 개선 도출하여 보았다. 그 결과 필수기지에서 누락되었던 정비 업무를 새로이 선정하고 불필요하거나 중복된 업무들은 삭제되었으며, 일부는 보다 개선된 업무들로 수정되었다. 내용면에서도 상태에 관계없이 정해진 주기로 분해정비가 이루어지는 주기정비가 대폭 줄고 기기를 계통 격리시키지 않고 시행할 수 있는 상태감시 또는 고장발견업무가 늘어나는 결과를 도출함으로써 가시적인 장점을 확인할 수 있었다. RCM기법을 이용 화력발전소에 적용해본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 화력발전소에서 기술적인 근거에 의하여 필수기기를 선정하는 선례를 남길 수 있었다.

둘째, 한정된 자원으로 중요한 부분에 집중 활용할 수 있고 가시적인 절감부분을 데이터를 통하여 확인할 수 있었다.

셋째, 여러 가지 장점에도 불구하고 보완할 문제점도 발견 되었으며, 특히, 분석에 들어가는 소요 인력과 시간은 수행에 많은 부담을 줄 수 있다. 다만, 유사발전소의 경우 현재보다는 인력과 기간이 절약될 것으로 생각된다.

마지막으로 향후, 본 연구에서 도출된 예방정비 업무를 지속적인 Feed Back을 통하여 개선보완하고 확대 적용한다면 화력발전설비의 신뢰도향상 및 정비비용절감에 기여할 것이며, RCM기법은 기타 산업플랜트 정비 업무분야의 정책결정에도 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다. (KRIEC)