RCM 가이드북 01

2016년 11월18일
개정3판 발행

RCM실무추진자를 위한

최신 RCM 실무 가이드북

편저 : 공학박사 · 기술사 권오운

한국TPM연구소 KTI
㈜ATPM컨설팅 연구센터

www.atpm.co.kr

출판사 : ㈜에이티피엠컨설팅 (부설 한국TPM연구소)
도서명 : [최신] RCM 실무 가이드북
시리즈 : RCM 가이드북 시리즈 01
ISBN : 978-89-93219-09-8-98500
편 저 : 공학박사·기술사 권오운
연락처 : 010-9717-6607, 02-3476-0872
메 일 : kwonohw@naver.com
발행일 : 2002년 10월 13일 (초판)
2016년 11월 18일 (개정3판)

RCM(신뢰성 중심 보전) 추진 실무

★ 총목차 ★

1. RCM 추진의 기초 개념 / 3

2. RCM 해석의 스텝전개 방법 / 21

3. RCM에서의 신뢰성 분석 실무 / 111

4. RCM 활동의 우수 추진 사례 / 147

1. RCM 추진의 기초 개념

★ 차 례 ★

1.1 RCM의 기본적 고찰 / 5

1.2 RCM 개념 파악의 중요성 / 6

1.3 RCM의 필요성, 목적, 대상 / 6

1.4 RCM의 포괄적 개념 / 7

1.5 RCM의 개념 요소 / 8

1.6 TPM 계획보전에 있어서 RCM 개념 / 11

1.7 RCM의 기타 관련 사항 / 15

1.8 RCM의 기본적인 추구 방향 / 18

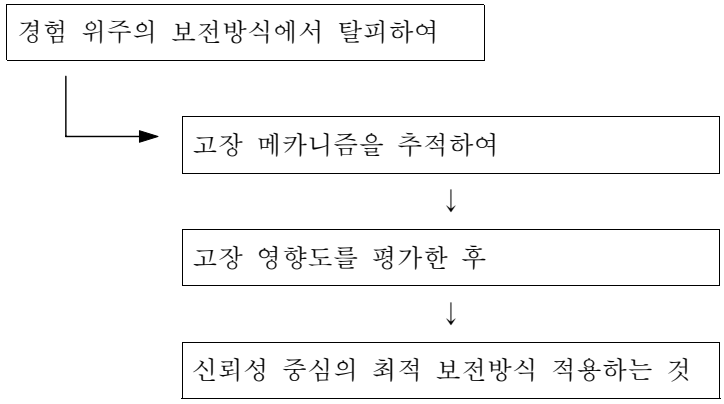
1. RCM 추진의 기초 개념

1.1 RCM의 기본적 고찰

시스템의 생산기능과 안전 기능의 상실은 System을 구성하는 부품 단계(Level)의 고장이 원인이 되어 출발한다고 보며 설비의 설계, 제작에 결함이 없고 모든 부품이 정상 상태라면 시스템은 기능을 상실할 수가 없는 것이다.

그러나, 부품의 열화진행은 피할 수 없다는 전제 하에 일어나는 부품 고장 모드와 그 영향이 부품으로 조립된 컴포넌트에 미치는 영향, 나아가 상위 서브시스템에 미치는 영향, 최종적으로 그것이 시스템에 주는 영향 등과 같이 점진적으로 해석(분석)을 진행시켜 중대한 부품고장을 끄집어 내어 최적의 보전방식을 선택하므로써 시스템의 기능손실을 방지하고자 하는 것이 바로 RCM의 기본적인 사고방식이다.

<도표 1-1> RCM이란?



<도표 1-2> RCM의 5WiH

● 왜 RCM인가?	⇨	계획보전의 논리화
● RCM은 어느 계층이 중요한가?	⇨	경영자, 추진자
● RCM은 무엇인가?	⇨	시스템 기능의 논리적 보전
● RCM은 언제 도입하면 좋은가?	⇨	TPM상 수심 수준에 도달 후
● 왜 RCM을 적용하는가?	⇨	생산시스템의 기능 보전
● 추진방법은 어떻게?	⇨	RCM 해석의 준비부터

RCM의 의미는 신뢰성 중시 보전 방식(Reliability Centered Maintenance)이라고 하는 보전으로서, TPM의 계획보전 프로그램을 심화시키는 활동으로 볼 수 있다.

이러한 RCM의 역사는 항공기산업(1970년), 원자력 Plant(1985년)에서 처음 도입되었다.

1.2 RCM 개념 파악의 중요성

Reengineering이라 하는 기법을 만든 마이켈 하마씨(전 MIT 교수로 도서 리엔지니어링 저자)는 리엔지니어링 활동 실패의 다반사는 활동 리더로서 당연히 알아야 할 경영자 자신이 엔지니어링에 대하여 올바른 개념을 갖고 있지 않기 때문에 나아갈 방향을 잘 알지 못한 채로 조직을 손대는 경우가 많다고, 주간일경 비지니스 1994년 10월3일호「리엔지니어링 시대의 리더」에서 기술하고 있다.

RCM의 경우도 활동에 관계되는 사람의 범위가 설비계획, 설계 담당자에서부터 현장 작업자까지 광범위하므로 관련자 전원이 올바른 RCM 개념을 갖고 있지 않으면 각 직종, 각 계층간의 의사소통이 곤란하게 되어 모처럼의 RCM활동 성과가 안 나올까 우려된다.

1.3 RCM의 필요성, 목적, 대상

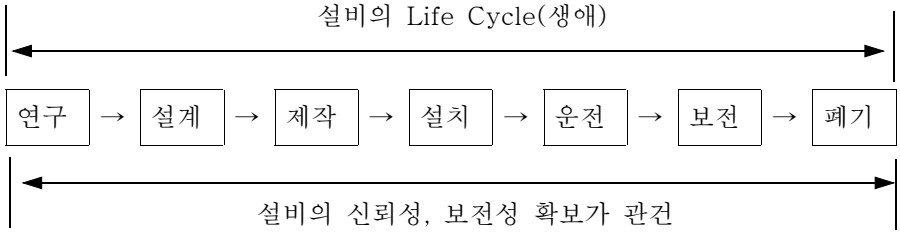
1.3.1 RCM이 왜 필요하게 되었는가?

설비의 자동화, 복잡화로 인해 미경험 고장이 날로 증가 추세이므로 논리적·체계적 보전방식 선정이 절대 필요

1.3.2 RCM의 목적

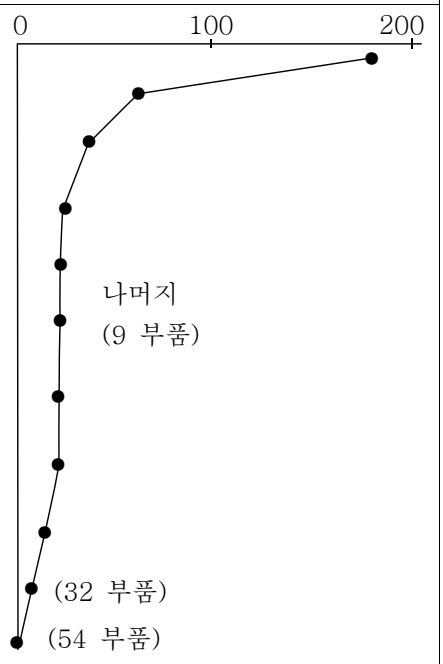
설비의 신뢰성이 절실히 요구되고 시간적으로도 가장 장기간에 걸쳐 있는 욕조곡선의 우발고장기에는 TBM, CBM이 함께 유효성이 떨어지는 측면이 있으므로 고장 물리를 기초로 한 RCM으로 논리에 의한 최적보전방식을 선택하면 유효하다.

<도표 1-3> 설비의 생애 라이프사이클



예를 들면, 미공군 헬리콥타 엔진 신뢰성 해석의 사례에 의하면 엔진고장의 원인이 되는 획득 부품 95종류에 대해서 고장이 안전 운행에 미치는 영향을 "치명도"로 나타내면 도표에 나타낸 것처럼 95종류의 부품증 기껏해야 9종류 정도의 부품의 보전 방식을 합리적으로 선정하게 되면 엔진 고장은 방지할 수 있게 된다고 한다.

<도표 1-4> 미군 헬리콥타 터빈엔진의 RCM

부품 고장명	치명도	치명도 그래프
① 압축기 로터 Seal 누설	176.8	
② 부하지지 롤러베어링 파손	59.3	
③ 후부 압축기 베어링 파손	32.8	
④ 터빈로터 베어링 실 누설	23.8	
⑤ 원심 임펠러 파손	22.3	
⑥ 압축기 로타 디스크 파손	21.5	
⑦ 압축기 로터 전부 블레이드 파손(날개 깃)	21.0	
⑧ 공기 확산기 날개 파손	21.0	
⑨ 전부 압축기 베어링 파손	17.8	
⑩~ ○ 기본적 고장 32건	5.0~1.75	
○ ~○ 기본적 고장 54건	1.0~0.0	

주: 치명도 해석한 95 부품 중에서 9개 부품(95-54-32=9)만을 계획보전 대상으로 함

<도표 1-5> 헬리콥터 엔진 부품 치명도 CR

$$CR = P(X_i) \cdot P(FX_i)$$

위의 식 중 $P(FX_i)$는 기본적 과실 X_i 가 발생한 경우에 비행 안전상의 문제가 발생하는 조건부 예상 또는 감도이고 $P(X_i)$ 는 기계적인 고장이 발생할 예상치로서 RCM의 고장율과 고장 모드의 데이터로부터 얻을 수 있다.

(6) RCM과 현행 TPM상의 계획보전

현행 계획보전은 시간기준보전(정기보전) 또는 상태기준보전(예지보전)인 것이 대부분이지만 왜, 어디를, 어느 정도까지 보전할까가 애매하여 논리적 근거에 의탁하게 되고 시스템의 기능 회복을 너무 서둔 나머지 고장의 원인이 배제되어 있지 않는 것도 많다.

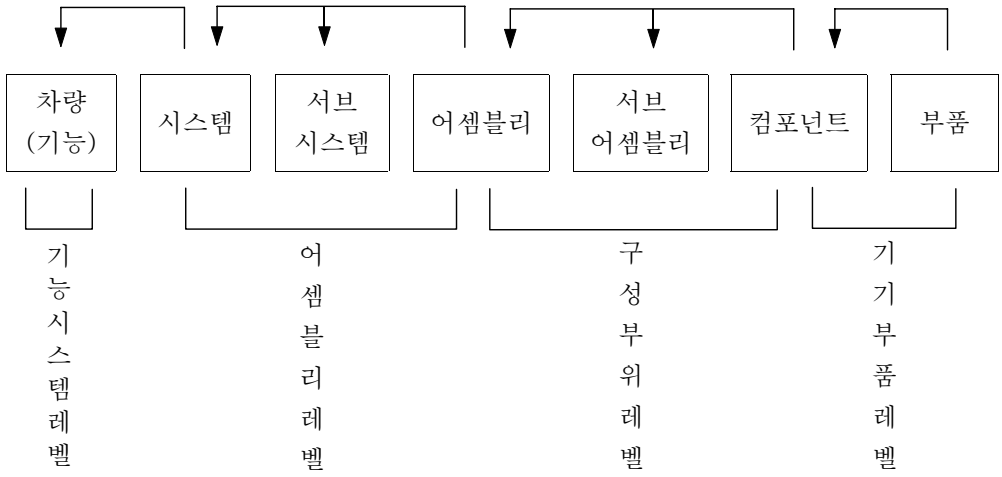
설비 일생 가운데 가장 장기간에 걸쳐 있고 신뢰성이 가장 필요한 우발고장기에는 신뢰성을 중시하는 RCM이 최적인 보전 방식이 되고 있다.

(7) RCM에서 부품고장을 중시하는 이유

종래의 계획 보전은 공장내 각종 설비를 기본 단위로 하여 각 설비의 운전, 보전기록 및 운전, 보전, 검사 각 담당자의 지식 경험을 토대로 한 판단에 의해서 예방보전, 개량보전, 사후보전 등에 보전 방식을 선정하는 것이 많다.

RCM에서는 보전 목적이 시스템 기능을 보전하는 것으로 시스템 최하위 구성 부품 레벨에서 발생하는 고장을 방지해서 부품 불량이 상위 아이템에 점차 파급되어 시스템의 기능 고장에 이르는 것을 방지하기 위해 각 부품에 최적인 보전방식을 선택하려 하는 것이다.

<도표 1-7> 차량의 아이템 고장이 시스템에 미치는 영향의 발전단계



1.6 TPM 계획보전에 있어서 RCM 개념

(1) TPM활동에서의 RCM의 개념

① 시스템 가동직후의 아이템 불량은 최대한 설계중에 신뢰성 공학을 적용해서 예방하지만 그 후의 아이템 열화에 의한 시스템 트라블 발생은 RCM으로 보전한다.

2. RCM 해석의 스텝전개 방법

★ 차 례 ★

2.1 RCM 해석의 스텝전개 방법 요약 / 23

2.2 RCM 스텝전개의 구체적인 추진법 / 25

2.3 계획보전에서의 RCM 추진방법 / 61

2.4 RCM 기초로서의 TPM과 계획보전 / 76

2. RCM 해석의 스텝전개 방법

2.1 RCM 해석의 스텝전개 방법 요약

스 텝	스텝명	과 제	활동내용
제0스텝	도입준비	도입기본교육, 추진체계구축	개념의 이해 교육 훈련 추진체계 및 매뉴얼 정비
제1스텝	기초자료 작성	데이터 수집, 정리	① Block Flow Sheet 작성 ② 기능 블록도 작성 ③ 시스템 구성요소 전개도(SWBS) 작성 ④ 컴포넌트 고장 실적표 작성 (MTBF분석표)(보전작업내용) ⑤ 컴포넌트 구조도
		분석 대상 설비 및 계통경계 설정	① RCM 해석 필요 분석대상 설비 선정 ② 시스템(계통) 경계 설정
제2스텝 (RCM해석 -1)	기능고장 해석(FFA)	기능고장 재발 예측 List-up 기능고장해석표 작성	① 기능고장 재발 예측 List-up ② 기능고장해석표(FFA) 작성 ③ 기기 고장영향 평가/중요도 결정
제3스텝 (RCM해석 -2)	**FMEA(FMECA) /FTA 고장해석**	FMEA에 의한 고장유형 및 영향평가 대책안 도출 대책실시	고장유형 및 영향평가에 의한 FMEA 실시 ① 시스템·서브시스템 구성과 임무확인 ② 시스템·서브시스템의 분석레벨 결정 ③ 기능별 블록의 결정 ④ 신뢰성블록도 작성 ⑤ 블록별 고장모드의 열거 및 검토 ⑥ FMEA에 효과적인 고장모드의 선정 ⑦ 선정 고장모드에 대한 추정원인 열거 ⑧ FMEA 시트에 요약기입 ⑨ 고장등급평가 및 결과정리(C_s,등급) ⑩ 고장등급이 높은 것의 대책 및 개선
		FMECA에 의한 치명도해석	FMEA 실시결과 고장드급이 높은 고장모드에 대한 FMECA 실시

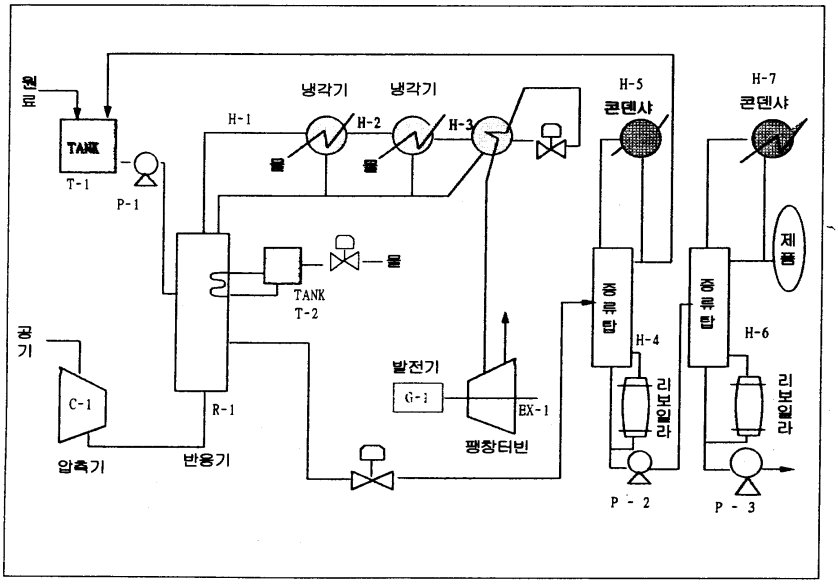
스 텝	스텝명	과 제	활동내용
		FTA에 의한 고장해석	시스템의 고장확률을 구하기 위한 FTA 분석 절차의 활용 (7단계로 구성됨) ① 평가대상 설정 및 기능의 명확화 (기능 블록 다이어그램 작성) ② 불량 사실·현상에 대한 정의 명확화 ③ 톱Event(최상위 고장)의 상정 ④ 하위레벨의 논리기호 결합 고장나무 작성 ⑤ 기본사상인 최하위의 고장원인까지 고장나무 완성 ⑥ 정량적 평가를 위한 고장확률을 구함 (최하위인 기본사상에서부터 고위인 톱Event까지 고장확률을 계산) ⓐ 먼저 최하위의 고장원인인 기본사상에 대한 고장확률을 추정 ⓑ 기본사상에 중복이 있는 경우 Boolean (부울린) 대수공식에 간소화 ⓒ 서브시스템 및 시스템의 고장확률 계산하고 문제점을 찾음 ⑦ 문제점 개선, 신뢰성 향상책 강구
제4스텝 (RCM해석-3)	**LTA에 의한 최적보전방식 설정**	LTA (Logic Tree Analysis)에 의한 고장모드별 유효보전 분석 및 보전방식 선택	① LTA의 실시 ② 최적보전방식 설정
제5스텝 (RCM 보전)	RCM 작업 Sheet작성	RCM 보전내용의 설정(최종 RCM실시 권고안 도출) RCM 보전작업 실시	① RCM 작업시트 작성 ② 보전작업 패키지화 ③ RCM 작업 실시
제6스텝	RCM 효과확인	RCM 유효성 분석 및 확인	① 보전비용의 집계 ② 고장트러블 집계 ③ RCM 유효성 분석·확인
제7스텝	RCM 정착화·확대전개	RCM 정착화 개선, 확대 전개	① 정착화 개선 ② 확대 전개 실시

2.2 RCM 스텝전개의 구체적인 추진법

2.2.1 제1스텝 : 기초자료 작성

(1) 데이터 수집 및 정리

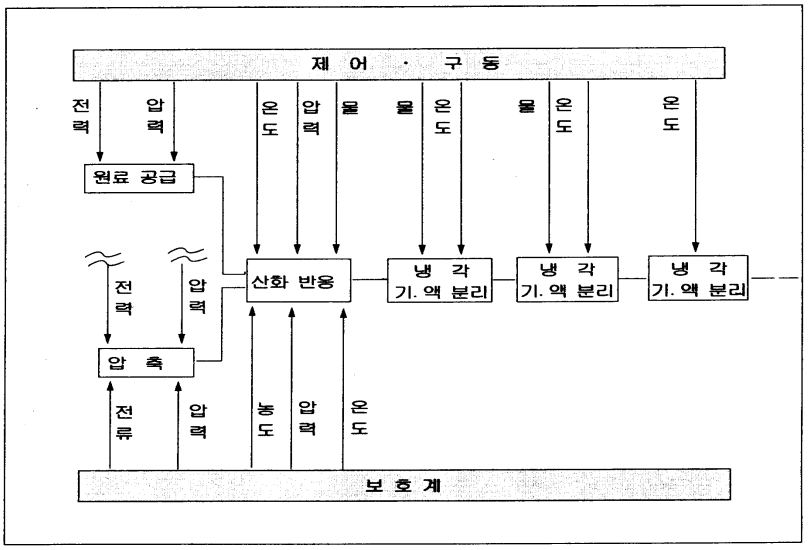
① Block Flow Sheet의 작성



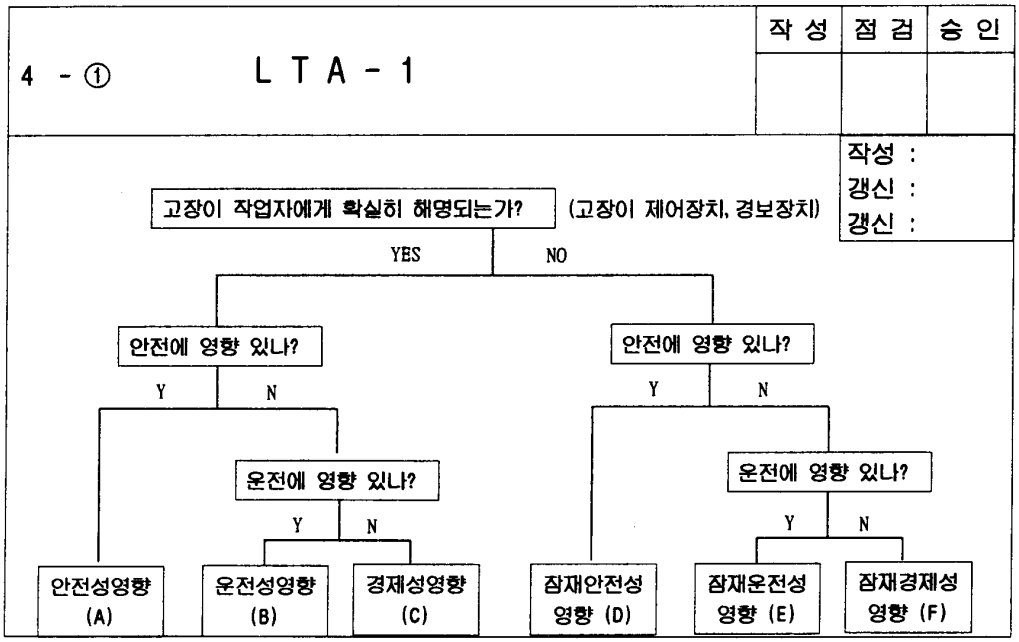
② 기능 블록도 작성

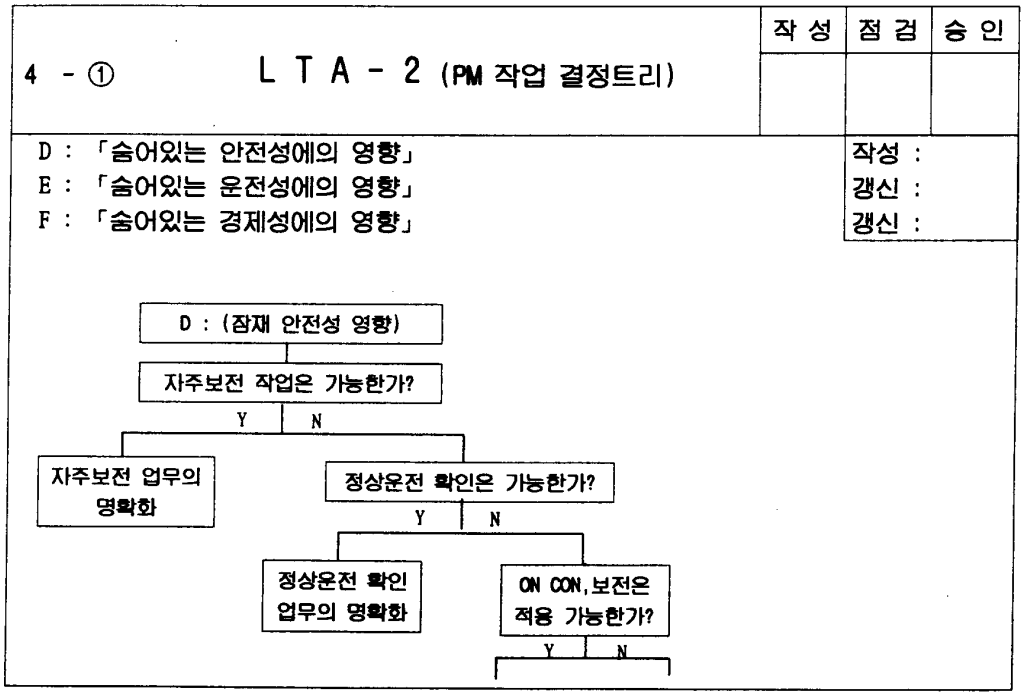
* 제어요소 - 온도, 압력, 유량, 위치, 농도, 전류 등

* 구동요소 - 전력, 증기, 물, 공기 등



(3) LTA 사례

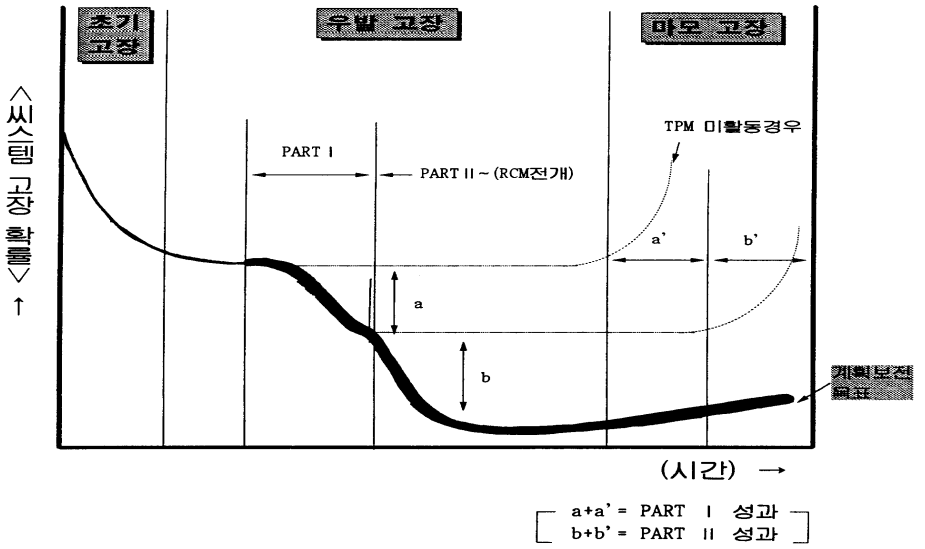

4 - ①
L T A - 1
작 성
점 검
승 인
작성 :
갱신 :
갱신 :
고장이 작업자에게 확실히 해명되는가?
(고장이 제어장치, 경보장치)
YES
NO
안전에 영향 있나?
Y
N
운전에 영향 있나?
Y
N
안전성영향 (A)
운전성영향 (B)
경제성영향 (C)
안전에 영향 있나?
Y
N
운전에 영향 있나?
Y
N
잠재안전성 영향 (D)
잠재운전성 영향 (E)
잠재경제성 영향 (F)


4 - ①
L T A - 2 (PM 작업 결정트리)
작 성
점 검
승 인
D : 「숨어있는 안전성에의 영향」
E : 「숨어있는 운전성에의 영향」
F : 「숨어있는 경제성에의 영향」
작성 :
갱신 :
갱신 :
D : (잠재 안전성 영향)
자주보전 작업은 가능한가?
Y
N
자주보전 업무의 명확화
정상운전 확인은 가능한가?
Y
N
정상운전 확인 업무의 명확화
ON CON, 보전은 적용 가능한가?
Y
N

(4) 예방보전의 합리화

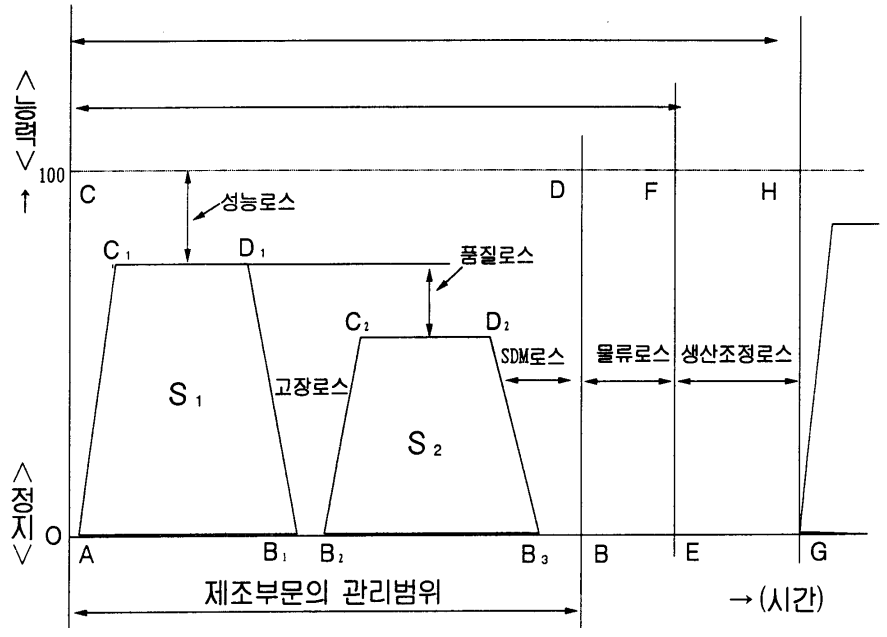
(가) 신뢰성향상, 유지 및 수명연장

TPM활동의 Part-Ⅱ이후의 계획보전 목표를 수명특성곡선에서 개념적으로 나타냈다.



(나) 어베일러빌리티 및 종합효율

① 생산종합효율 산출 개요도



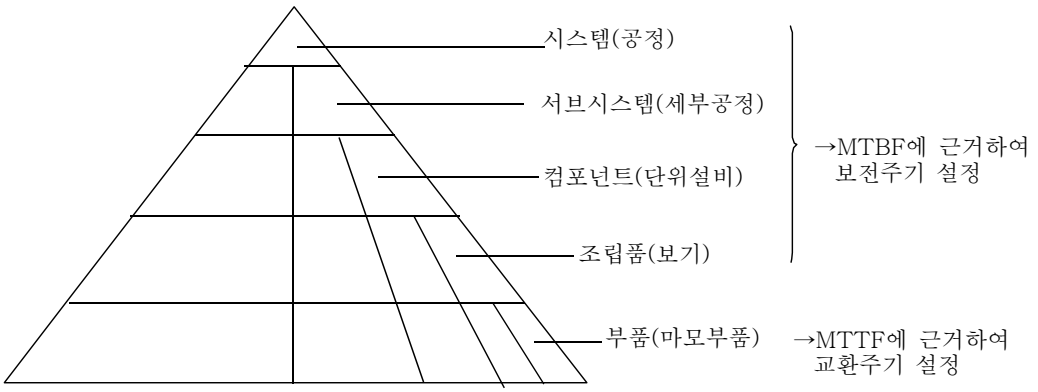
정비에 대해 구체적인 업무의 순서대로 보면「정비=분해+청소+검사+수리 혹은 교환+조립+설치정도검사+시운전」으로 구성된다고 볼 수 있다. 정비도 역시 소정비를 주축으로 한 일상정비는 설비사용자가, 중·대정비를 주축으로 하는 정기정비는 전문보전요원에 의해 수행되는 것이다.

(2) 예방보전을 위한 보전주기의 설정 운용

그리고 설비는 다음 <도표 2-20>와 같이 구성되는데, 단위설비나 보기(보조기계)는 수리해서 사용가능하므로 TPM 실무에서는 평균수명인 MTBF의 표준편차를 일일이 구하기 어려우므로 경험에 의거하여 편의상 MTBF보다 짧은 주기(예, MTBF×0.8)에 보전주기를 정하여 보전을 실시하며, 부품은 마모부품인 베어링, 임펠러, 벨트 등에 대해서는 MTTF(고장시까지의 평균시간)를 구해서 MTTF보다 짧은 주기(예, MTTF×0.8)에 교환주기를 정해 실시하고 있다.

여기서 마모부품인 경우는 어느 정도 교환주기 예측이 가능하나, 여러 부품들로 구성된 단위설비나 보조기계의 보전주기를 MTBF에 근거하여 평균수명 μ(MTBF)수치보다 짧은, 엄밀하게는 보전주기(t_P)가 μ에서 표준편차 σ의 3배를 뺀 값보다 작은 $t_P \leq (\mu - 3\sigma)$가 되도록 설정하여 관리하는 데는 어려움이 있는 실정이다.

<도표 2-20> 설비의 레벨 구성도



한편 라인(혹은 세부공정)이나 복잡한 설비를 대상으로 한 보전주기에 대해서는 보전주기가 1년이상인 정기Overhaul주기를 정해 보전하는 경우가 있는 데 이 때의 Overhaul주기는 ①생산량 ②작동횟수 ③작동시간 ④메이커 추천 Overhaul주기 ⑤단위설비레벨의 MTBF 등을 고려하여 TBO(Time Between Overhaul)을 설정·관리하고 있다.

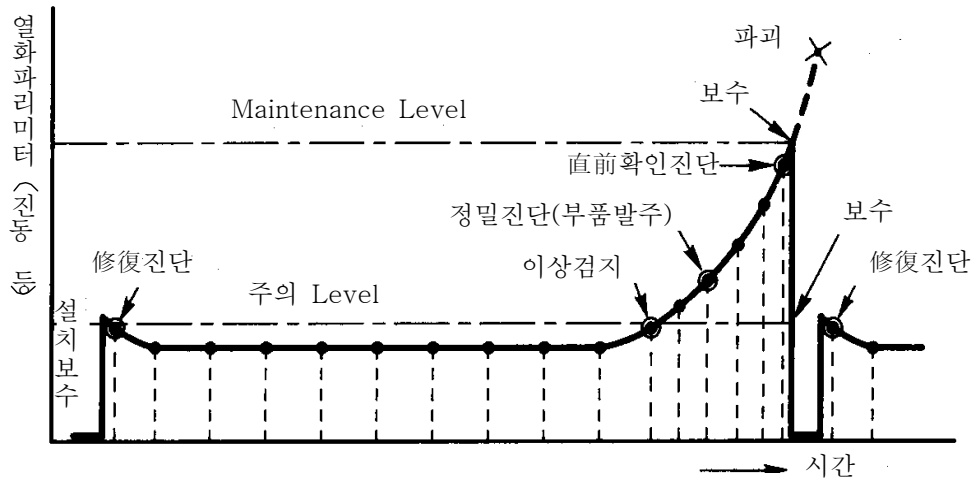
<도표 2-27> 설비의 열화패턴과 최적보전방식의 관계

열화 형태명	열화형태		보전방식		
			BM	TBM	CBM
고장율 증가형 (IFR)	열 화 형 태 λ 고장률 시간 t	고장율이 시간 경과에 따라 증가하는 타입	×	●	○
고장율 일정형 (CFR)	λ 고장률 시간 t	고장율이 시간 경과에 따라 무관계하게 일정한 타입	○	×	●
고장율 감소형 (DFR)	λ 고장률 시간 t	고장율이 시간 경과에 따라 감소하는 타입	×	×	●

『주1』 ◎:최적, ○:적당, ×:부적당,

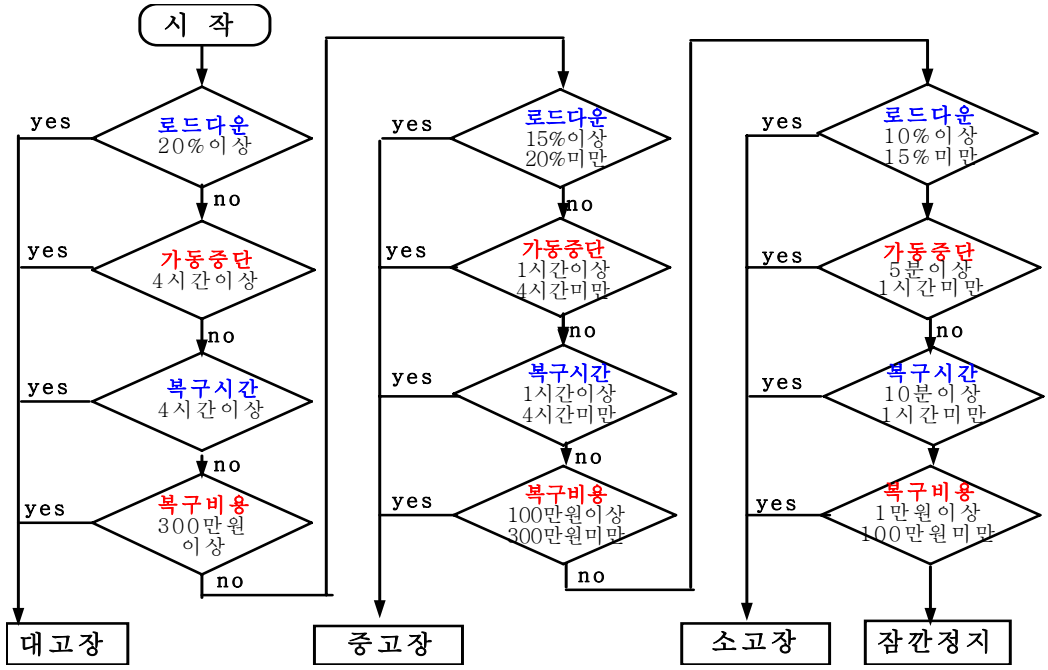
『주2』 BM:사후보전, TBM:시간기준보전, CBM:상태기준보전

<도표 2-28> 상태기준보전(CBM)의 실시과정

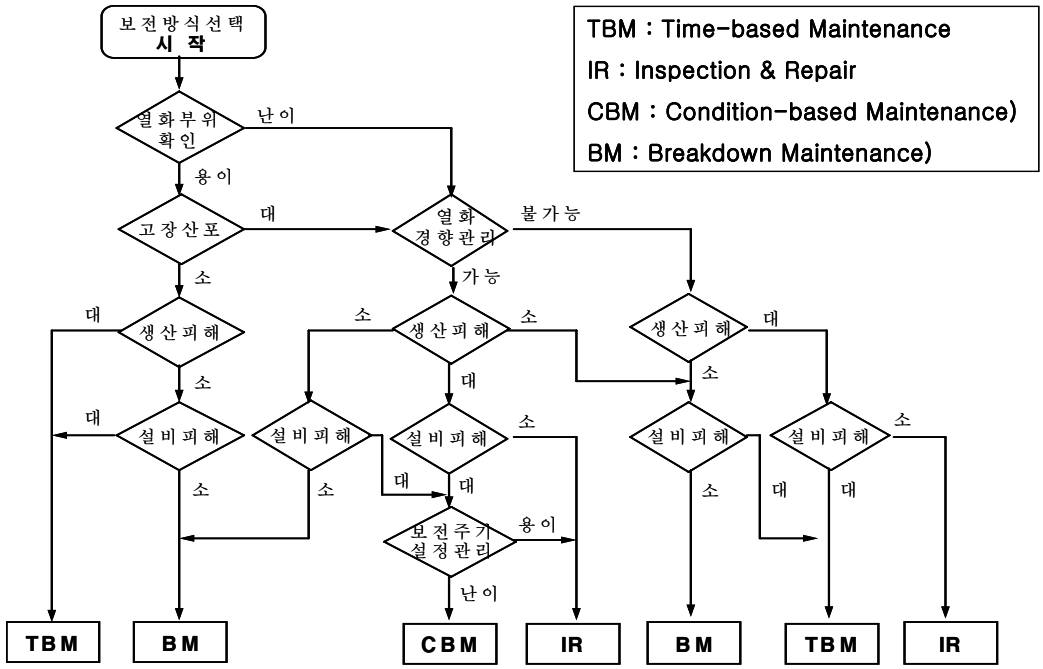


CBM에 있어서는, 진단 주기 t_i 별로 간이진단에 의한 진동과 온도 등의 기계상태를 잘 반영하는 징후 파라메타를 측정하여 시간에 대해서 프롯트한다. 이것을 열화경향관리 또는 경향관리(Trend Control)라고 말하고 있다.

(7) 장치산업형 고장등급판정 Flow圖 사례



(8) 설비의 최적보전방식 선택 모델



3. RCM에서의 신뢰성 분석 실무

★ 차 례 ★

3.1 고장률 패턴별 설비신뢰성 향상 대책 / 113

3.2 시스템의 신뢰도 / 120

3.3 스트레스·강도 모델 및 안전계수 / 126

3.4 RCM에서의 FMEA/FMECA 실무 / 129

3.5 RCM에서의 FTA 분석 실무 / 137

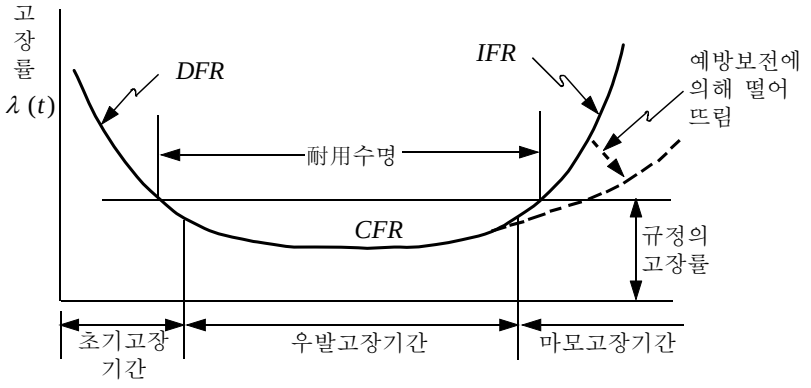
3. RCM에서의 신뢰성 분석 실무

3.1 고장률 패턴별 설비신뢰성 향상 대책

(1) 시스템의 수명곡선인 욕조곡선의 형태

여러 가지 부품으로 구성된 제품이나 시스템의 가장 전형적인 고장률 패턴은 다음 <도표 3-1>과 같은 욕조곡선(bath-tub curve) 를 따른다. 이 욕조곡선은 고장률의 3가지 기본형인 DFR, CFR, IFR이 혼합되어 그려진다.

<도표 3-1> 제품의 전형적 고장률 패턴 (욕조곡선)



① 초기고장기간(debugging기간, burn-in기간)은 제품에서 최초의 고장률이 시간적으로 감소하는 DFR의 부분이다.

② 우발고장기간에는 고장률은 시간적으로 거의 일정하며 안정되는 CFR의 부분이다. 이 기간의 길이를 내용수명(longevity)이라 한다. 내용수명은 $\lambda(t)$가 미리 규정된 고장률의 값보다 낮은 기간의 길이이며, 실제로는 경제적인 면에서 정해진다. 우발고장기간의 신뢰도 $R(t)$는 지수분포에 따른다. 즉, $R(t) = e^{-\lambda t}$이 된다. 여기서 λ 는 평균고장률의 상수이다.

③ 우측에서 고장률이 증가되고 있는 IFR의 부분을 마모고장기간(또는 노화고장기간)이라 한다.

(2) 고장률의 패턴별 고장대책

고장률의 패턴별 고장에 대한 대책으로서는 다음과 같이 행한다.

초기고장기간의 고장대책으로서는 debugging을 철저히 행하고, 우발고장기간에서는 사용 및 보전을 잘 수행하며 극한상황(extreme condition)을 고려한 설계, 안전계수(safety

margin) 를 고려한 설계, degrading 등이 사용되며, 마모고장기간의 고장대책으로서는 예방보전에 의해서만 감소시킬 수 있으므로 예방보전을 잘 수행할 필요가 있다.

(3) 신뢰성의 척도 ; $R(t)$, $F(t)$, $f(t)$, $\lambda(t)$

신뢰성의 척도는 신뢰도 함수이다. 이것은 신뢰도를 사용시간 t 의 함수로 나타낸 것으로 그의 값은 시점 t 에 있어서의 잔존(또는 생존)확률이 된다. 이제 초기의 총수를 N, 시점 t 에 있어서의 잔존수를 $n(t)$ 라 하면 시점 t 에서의 잔존확률 $R(t)$ 는

$$R(t) = \frac{n(t)}{N} \qquad (3.1)$$

가 된다. 그리고 시점 t 까지의 고장난 것의 누적확률 $F(t)$는

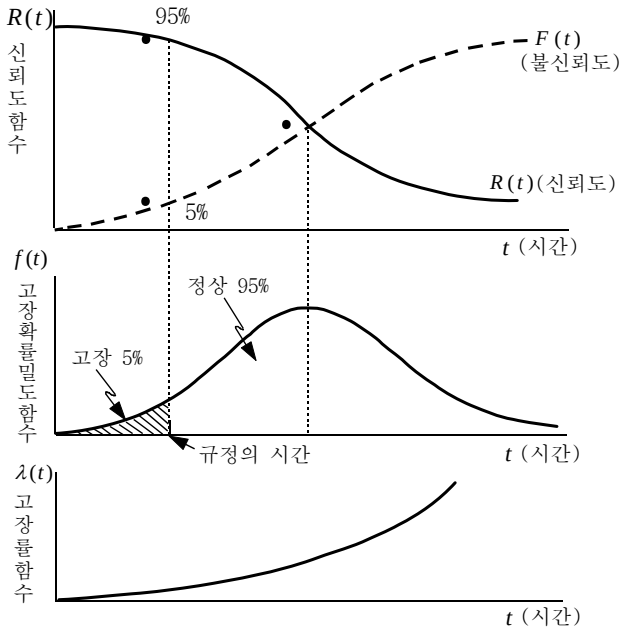
$$F(t) = 1 - \frac{n(t)}{N} \qquad (3.2)$$

가 된다. 그러므로 $t = \infty$에서 전수가 모두 고장난다고 하면 $F(t = \infty) = 1$이 되므로

$$Rt) + F(t) = 1 \qquad (3.3)$$

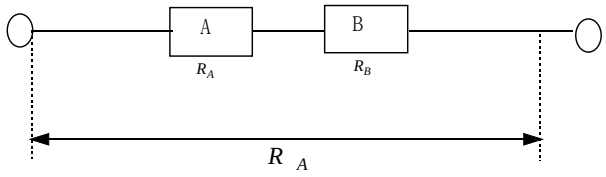
이 된다.

<도표 3-2> 신뢰도함수, 고장밀도함수와 고장률



<도표 3-7>와 같이 A, B 2개의 부품이 직렬결합모델로 되어 있으면 이 기기가 제대로 기능을 발휘하기 위해서는 A와 B 2개의 부품이 모두 정상작동하여야 한다.

<도표 3-7> 직렬결합모델



직렬결합모델의 전체시스템이 작동하는 전체신뢰도 R_S는 다음과 같다.

$$R_S = \Pr(A \ AND \ B) = \Pr(A \cap B)$$

만일 A, B가 서로 독립사상이면

$$R_S = \Pr(A) \cdot \Pr(B) = R_A \cdot R_B \qquad (3.19)$$

여기서, $P_r(A)$는 부품 A의 신뢰도 R_A, $P_r(B)$는 부품 B의 신뢰도 R_B를 의미한다. 일반적으로 n개 부품이 직렬결합시의 시스템의 신뢰도 R_S는 다음 식과 같이 된다.

$$R_S = R_1 \cdot R_2 \cdots R_n = \prod_{i=1}^{n} R_i = e^{-(\lambda_1+\lambda_2+\cdots+\lambda_n)t} \qquad (3.20)$$

그리고 각 부품의 고장밀도함수가 지수분포에 따르는 경우

$$R_S = e^{-(\lambda_1+\lambda_2+\cdots+\lambda_n)t} = e^{-\lambda_S \cdot t}$$

의 관계에서 전체의 고장률 λ_S는 다음의 식으로 구해진다.

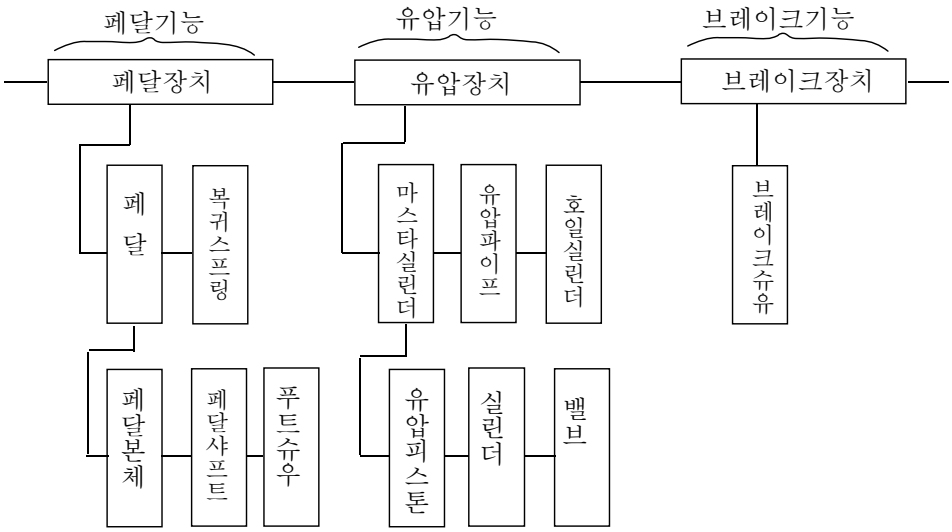
$$\lambda_S = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i = \lambda_1 + \lambda_2 + \cdots \lambda_n \qquad (3.21)$$

한편 시스템의 신뢰성을 구할 때 중요한 것은 t 시간후의 잔존확률인 신뢰성 $R(t)$로서 다음에 의해 $R(t)$의 값을 구하면 편리하다.

$$R(t) = e^{-\lambda t} = e^{-\frac{t}{MTBF}} \approx 1 - \frac{t}{MTBF} \qquad (3.22)$$

단, t=사용시간, $\lambda = 1/MTBF$

<도표 3-15> 기능별 신뢰성블록도



<도표 3-16> 브레이크시스템의 FMEA(일부)

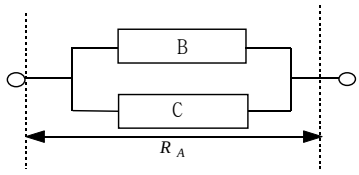
날짜: 1997년 02월16일

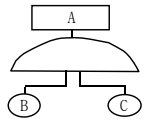
시스템: ○○수송시스템 **F M E A** 작성자: 반영식

서브시스템: 브레이크시스템 승인자: 권오운

번호	대상품목	기능	고장 모드	추정원인	영향		고장검지법	고장평점		고장등급	대책
					서브시스템	시스템		기능 C_1	빈도 C_3		
1	페달	유압장치(마스타실린더)를 작동시킴	페달을 밟아 누를 수 없음	1.페달그랭크 절손 2.페달아래에 이물질축적 3,마스터실린더로드절손	제동 불능	정지 불능		10	1 2 5	Ⅲ Ⅱ Ⅰ	로드재 변경
			페달복귀 불능	스프링절손	제동해제 불가	브레이크기능 정지		8	5	Ⅱ	
2	유압 파이프	유압전달	파이프연결부파손	1.과대응력 2.용접불량 3.부식	제동력감소	정지 지연	오일 누설	7	2 3 2	Ⅲ Ⅱ Ⅲ	
			파이프의 크랙발생	1.피로 2.과대응력	제동력의 점차감소	정지 불충분	오일 스밈	4	1 2	Ⅳ Ⅲ	
3	브레이크 슈우	차륜의 제동	슈우의 미끄러짐	1.표면재불량 2.표면재피로	제동 불량	정지거리가 크게됨		3	7 7	Ⅱ Ⅱ	
			슈우의 소음	1.재질불량 조립불량	소음 발생	불쾌감		1	7 5	Ⅲ Ⅲ	

<도표 3-24> 병렬계 신뢰성 블록도 <도표 3-25> *AND* 게이트에 의한 FT도





(2) *OR* Gate의 경우

① $F_A = F\ (B\ OR\ C) = F(B \cup C)$

(B와 C가 독립사상이면) ∴ $F_A = F_B + F_C - F_B \cdot F_C$

($F_B = 1 - R_B, F_C = 1 - R_C$로 대치하면) ∴ $F_A = 1 - (1 - F_B)(1 - F_C)$

② 위 ①과 다른 방법으로 계산하면

$$F_A = 1 - R_A = 1 - R_B \cdot R_C = 1 - (1 - F_B)(1 - F_C)$$

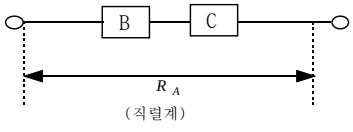
$$= F_B + F_C - F_B \cdot F_C$$

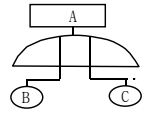
③ n 개의 기본사상의 *OR*결합시에는

$$F_S = 1 - (1 - F_1)((1 - F_2) \cdots (1 - F_n)$$

$$= 1 - \prod_{i=1}^{n} (1 - F_i)$$

<도표 3-26> 직렬계 신뢰성 블록도 <도표 3-27> *OR* 게이트에 의한 FT도





(*OR Gate*)

(3) 사상의 고장확률을 구하는 방법

그런데 톱사상 A의 고장확률 F_A 를 구하기 위해서는 하위사상인 B,C의 고장확률 F_B, F_C 를 구하는 것이 중요한 데, 그 중 하나인 F_B 를 대상으로 고장확률을 구하는 방법은 다음과 같다.

4. RCM 활동의 우수 추진 사례

★ 차 례 ★

A. 신뢰성중심보전(RCM) 사례

- 한전기공 KPS RCM 149

B. 석유정제 Plant의 RCM

- 이데미츠 편 159

C. RCM 적용사례

- 이데미츠 지바 공장 179

A. 신뢰성중심보전(RCM) 사례 - 한전기공 KPS RCM

1. RCM의 개요

RCM (Reliability Centerd Maintenance)이란 플랜트의 정비 프로그램을 최적화(Optimization)하기 위한 체계적인 접근 방법으로서 기존의 예방정비 대상 기기, 정비방법, 점검항목, 점검주기 등을 체계적이며 객관적인 평가를 통해서 최적의 상태로 개선하기 위한 향상된 정비 프로그래밍 기법이다.

이 RCM은 플랜트의 신뢰성 및 이용률 향상과 정비 효율화를 목적으로 하며 주요 특징은 예방정비 업무 선정을 위하여 발전소 기능을 Top-Down 방식으로 분해하므로 접근방법이 설비중심이 아닌 기능중심이라는 것과 주기정비 보다는 상태감시를 통한 예측정비를 선호한다는 것이다.

1960년대말 민영항공회사에서 항공기의 체계적이고 효과적인 예방정비 접근방법을 위하여 개발된 이 RCM 기법은 1970년대말 이후로는 미 해군에서도 응용하였으며 원자력발전소에는 1984년 EPRI 주관하의 시험적용을 통하여 도입하게 되었다.

RCM분석은 일반적으로 <도표 1>의 RCM 분석 흐름도와 같은 단계로 구성된다. 계통선정은 분석할 계통을 선별하여 순위를 매기는 단계이며, 설비의 이력 검토는 정비로 예방할 수 있는 기능고장과 고장경향, 지배적인 고장모드 및 원인을 식별하고, 계통 기능고장분석(FFA)은 분석대상 계통의 기능 및 기능상실 유형을 분류한다.

고장모드 및 영향 분석(FMEA)는 Critical기기를 식별하기 위한 단계로 기기고장시의 영향을 평가한다.

정비업무 선정은 기기의 고장원인을 예방할 수 있는 적절하고 비용효과적인 최적의 정비업무를 식별하기 위하여 LTA를 수행하며, PM업무 비교는 RCM권고 사항을 현행 PM업무 및 제작사 권고 업무와 비교한다.

Living프로그램은 최초의 RCM 분석 결과를 주기적으로 평가한 다음 Feed back을 제공해 주기 위하여 지속적으로 수행해야 하는 마지막 단계이다.

B. 석유정제 Plant의 RCM - 이데미츠 편

1. RCM 도입의 배경 및 경위

석유정제 Plant는 다음과 같은 특징이 있다

① 다량의 가연성 물질을 취급하며, 2년 이상 연속운전을 함

② 기계 부품수가 많아서 하나의 부품고장이 장치 운전에 영향을 주는 경우가 많다.

③ 원료의 변경이나 운전조건의 변동 등에서 열화 환경이 변하고 여러 종류의 열화가 일어난다.

이러한 특징을 가진 석유정제 Plant에 대해서 종래에는 실적을 중시하여 보전항목과 주기를 설정했다. 경험 위주의 보전을 적용해 왔다.

이데미츠에서는 경험위주 보전 특징의 문제점과 이론적인 것을 개혁하고, 설비의 신뢰성과 경제성 양면을 향상시키는 목적에서 RCM을 도입함.

1989년에 RCM에 관한 정보수집과 그에 대한 고찰방법 및 분석기법에 대한 연구를 시작함.

그 후 일부 기계에 대한 분석을 하여 설비의 신뢰성과 경제성 양면이 향상되면서 효과를 가져온다는 것을 확인했다. 그래서, 석유정제 Plant에 적용 가능하도록 본격적인 연구 개선하여 Manual을 작성하여 도입함.

2. RCM 추진 조직

RCM을 석유정제 Plant에 적용하는 것에는 설계, 운전, 보전 부문의 보전관리에 대한 고찰방법이 서로 일치되어야 한다. 그 때문에 각각 보유하고 있는 설비관리에 관한 Data, 지식, 기술을 집약할 필요가 있다.

구체적으로는 상기 3부문 담당자들로 만들어진 Working Group가 중심이 되어 조직된다. 후에 기술하는 분석수법의 구축에 따르는 석유정제 Plant용 RCM 분석 Manual의 작성은 Working Group 전원이 한다.

실제의 RCM 분석은 다음과 같이 역할을 분담해서 한다.

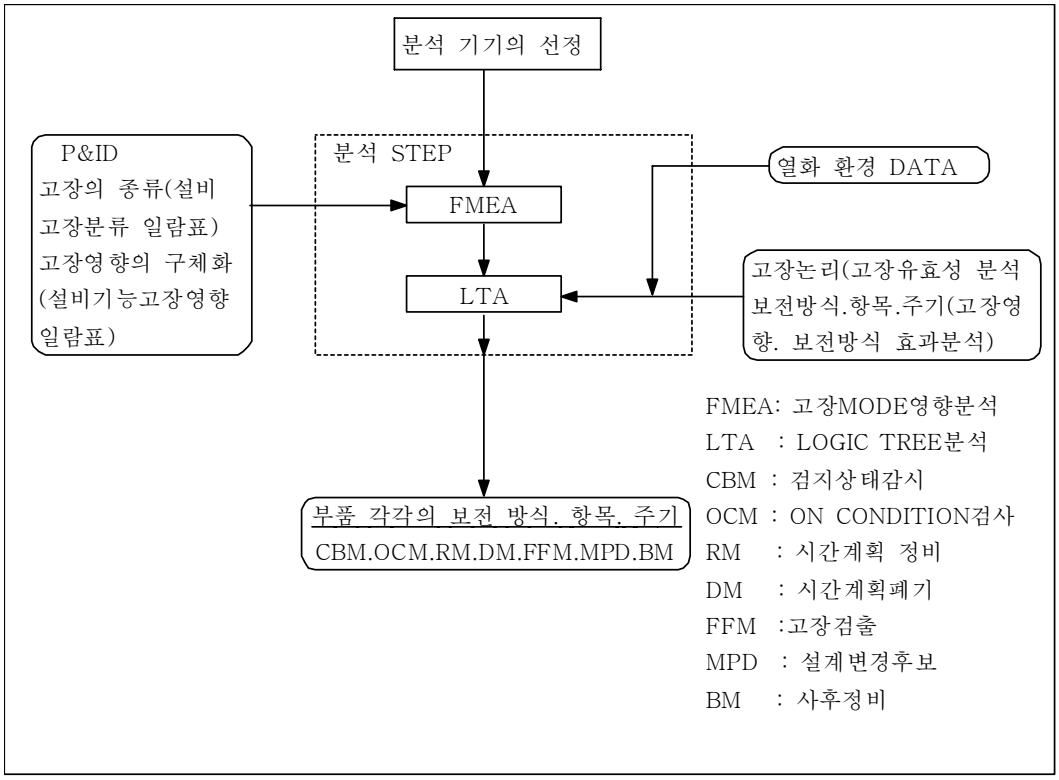
설계부문 담당자는 설계의 특성을 조사, 운전부문 담당자는 FMEA(Failure Mode & Effects Analysis : 고장유형 및 영향분석), 보전부문 담당자는 LTA(Logic Tree Analysis : Logic Tree 분석)을 담당한다. 물론 상호 정보교류가 중요하다.

System 설정, 기능 Block도 작성, SWBS는 P&ID와 PFD로 대체할 수 있다. FFA는 기종 각각을 표준화한 "보전의 효과 분석"과 "고장영향, 유효보전방식 분석"을 이용하기로 했다.

이 두 가지 분석이 석유정제 Plant의 RCM의 기술적 근간이 되고 한층 더 독자성을 높혔다.

기종 각각의 표준에 대해서는 후에 기술함.

<도표 1> RCM 분석의 Flow



3-2 FMEA (고장유형 및 영향분석)

기기의 고장에 의한 안전성, 경제성의 영향을 구체화 했다. 거기에다 영향의 크기에 따른 기기의 기능 Grade를 설정하고, 고장 찾는 방법을 정리했다.

⑴ 고장의 정의

고장이 발생했을 때 안전성과 경제성에 영향이 있는가, RCM 분석은 먼저 이 문제로부터 시작한다. 따라서 고장이라는 상태를 정의할 필요가 있다.

C. RCM 적용사례 - 이데미츠 지바 공장

이데미츠 지바 공장에서는 잠재고장의 미연방지 활동에 RCM을 도입하였고, Model 기계는 Polymer Plant의 압축기를 선정한 후 운전과 보전에서 Team을 구성하여 추진하였다. 교과서적인 RCM을 도입하지 않고 자사의 실정에 맞도록 연구, 발전시킨 점을 주목바란다.

이데미츠는 에틸렌공장, 방향족을 시작으로 Down Stream의 폴리에틸렌, 폴리프로필렌 공장 등 18개 Plant로 이루어져 있으며, 인접한 이데미츠 흥산 지바 정유공장과는 원료 등을 주고 받으면서 유기적인 관련으로 석유부터 석유화학 까지 일관된 군으로 이루어진 공장이다.

1. 공장의 TPM 활동

이데미츠 흥산의 각 공장은 먼저 설비관리를 충실히 한 후 TPM 우수상을 수상했다.

* 96년 4월에 Kick Off (이끼이끼 파울 夢공장)하여,
* 도전의욕을 갖고, 스스로 실행 할 수 있는 사람이 되자.
* 21세기에 어울리는 국제경쟁력을 갖춘 공장으로 만들자.

를 목표로, 99년 우수상 수상을 위해 전원이 한마음으로 활동함.

2. RCM 도입 배경 및 경위

TPM 8가지 도구 중 계획보전 활동에서, 운전부문과 보전부문(공무 및 이데미츠 엔지니어링, 지바 사무소)이 일체가 되어 설비고장 '0'를 향해 잠재고장 발굴과 미연방지를 위해 조직됨.

본 공장의 설비고장을 분석한 결과 고장의 특징으로

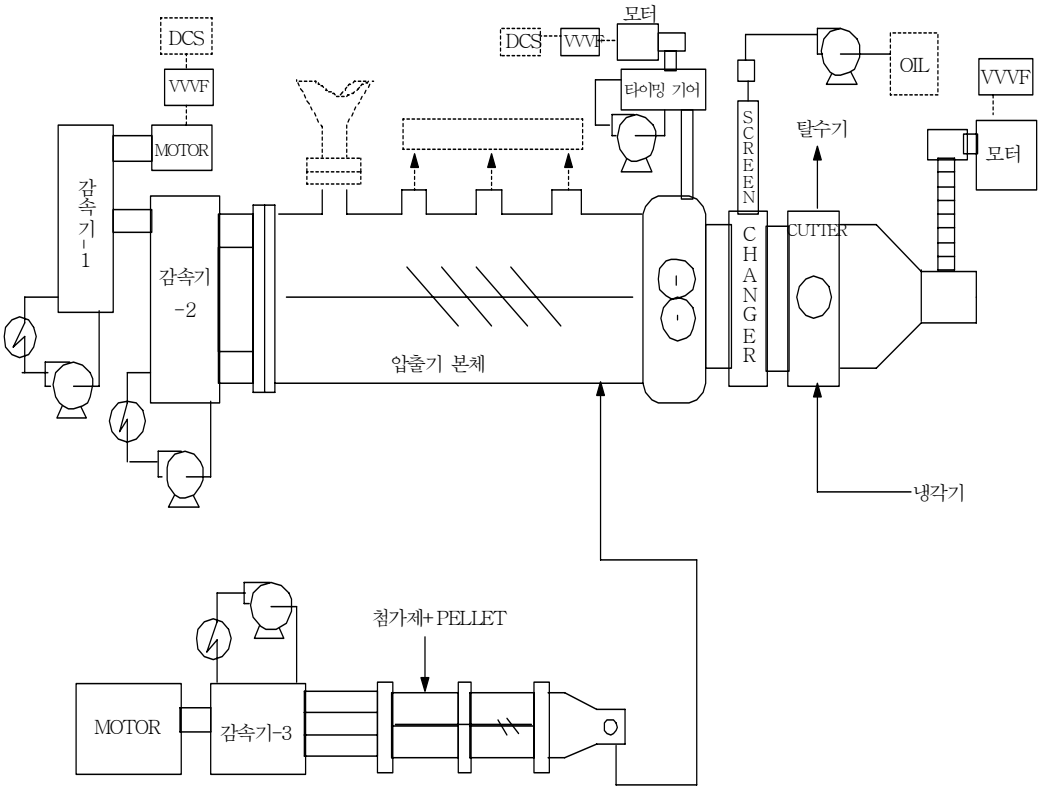
-. 관리하고 있지 않는 부위에서 고장발생률이 높고

-. Polymer Plant에 있는 특수 회전기계에서 고장이 많다.

등이 밝혀졌다.

또, 잠재고장의 근본적인 대책과 횡전개 외에, 잠재요인을 없애는 것도 중요하게 인식되었다. 그래서, TPM 활동을 먼저 실시하고 있는 이데미츠의 각 공장을 방문 여러 가지 활동상황을 평가, 조사함.

<도표 2> Block Flow Sheet



4-2 기능 Block 도 작성

기기 상호간에 기능 관련(제어, 구동, 보호)의 이해가 쉽고, Block Flow Sheet와 같이 간소화하여 작성함 (도표 3 참조).

여기서 기능의 상세 사항을 명기 하는 것이 좋다. 단, 직접 사용하기 쉽게 하는 것이 중요하다. 기능이 정확히 완료되면 고장발생을 방지할 수 있기 때문이다. 이 Block도는 마지막 까지 도움이 된다.

4-3 SWBS (System Work Breakdown Structure)의 작성

이것은 System 구성부품을 기능별로 분류하기 위해 작성한다.

(기능 Block도에 나타난 기능을 "Assembly → Unit → 부품" Level로 분류함)

그러나, 아무리 분석하려고 해도 뒤에서 분석이 되지 않기 때문에, 우리가 실시하는 보전은 부품 Level에 머문다. 예를 들어 제어 기기나 기판 등의 소자 단위까지의 분석은 의미가 없다. 많은 Man Hour만 소요될 뿐이다.