

## 설비 신뢰도 데이터 - CCPS

### □ 개요

- 설비신뢰도 : 데이터 수집 + 통계적 처리
  - 데이터수집
    - 데이터 소스 : 설비수, 결함, 노출시간
    - 데이터 수집 : 수집절차, 수집포맷
    - 데이터 검토 및 품질확인
    - 데이터 변화 : 연구기간, 데이터인코딩, 결함정도 편집, 조업시간/요구  
도출
  - 결함율 계산
  - 부족한 정보고려
- 통계적 처리
  - 지수분포, 정규분포, 로그분포, 와이불 분포
- 자료원
  - CCPS, OREDA, IEEE, ISO, EuReData
  - 신뢰도연구결과, 데이터뱅크, 정부보고서 : 석유화학, 정유, 원자력,  
연근해 채굴설비 등

### □ 기기 결함율 데이터

- 결함영향변수
  - 제작사, 플랜트, 공정·조업조건
- 신뢰도의 기준
  - 시간 :  $10^6$ 시간(≒110년)
  - 요구 :  $10^3$ 회 요구 → 100회/1년
  - ex) 안전밸브 설치위치에 따라
    - 작동이 적은 위치 - 부식이 주요 변수
    - 작동이 많은 위치 - 사용도에 따라
    - 불량품이나 초기설치가 잘못되면 이상패턴
- 결함모델
  - 다양한 소스데이터 → 표준화 필요
  - Active : 회전기기
  - Passive : 배관, 저장탱크

표 1 Active(회전기기)의 결함모델(예)

|                                       |                     | Failure Severity                            |   |   |  |
|---------------------------------------|---------------------|---|---|---|--|
|                                       |                     | Catastrophic                                | Degraded  | Incipient   |  |
| Change in item or equipment condition | Change in operation | 1. Failure to operate (run)<br>2. No output | 1. Low output<br>2. High output<br>3. Erratic output<br>4. Locked in one mode of operation<br>5. Output above or below specified requirements | Discovered through:<br>1. Local inspection (overheating, leaks, contamination, noise, severe vibration, odor, cracks, etc)<br>2. Testing: (output above or below specified limits while in stand-by mode of operation)<br>3. Monitoring (trend towards failure) |  |
|                                       | Change of state     | Change without demand                       | A spurious:<br>1. Start/Stop<br>2. Insertion<br>3. Withdrawal<br>4. Actuation<br>5. Response<br>6. Opening<br>7. Closing                      | 1. Premature or delayed actuation (an actuation that occurs out of timing sequence)<br>2. Won't stay open or closed   | Discovered through:<br>1. Testing: Failure or diminished ability to transmit or retain energy during the stand-by mode of operation<br>2. Local inspection |
|                                       | No change on demand | Failure to:                                 | 1. Start<br>2. Stop<br>3. Insert<br>4. Withdraw<br>5. Actuate<br>6. Respond to command<br>7. Open<br>8. Close                                 | Improper Response:<br>1. Partially open, close, etc<br>2. Oscillation (failure to assume a fixed position)  |  |

○ 장치분류

- 기준 : 장치, 기능, 크기, 속도, 조업모드, 결함모드

☞ 데이터의 분류 및 저장을 위한 논리적 근거 필요

○ 데이터 신뢰도(C Confidence)와 허용도(Tolerance)

- 데이터 불확실성 지표

• Confidence : 통계적 불확실성, 자료원의 크기 및 관측시간이 증가할 수록 증가함

• Tolerance : 자료원의 다양성에서 기인, 자료원의 크기가 커질 수록 커짐

- 데이터의 품질에 영향을 미치는 요소

• 유지보수지침

• 데이터수집조건(예방 유지보수를 강화하면 결함감소, 공정조건에 따라 파울링 또는 부식을 감소, 기간중 설비가 개선되거나 교체됨, 결함누락, 결함 잘못 기록(스위치→펌프))

표 2 Passive(배관, 저장탱크)의 결함모델(예)

|                                       |  | Failure Severity  |   |                     |  |
|---------------------------------------|--|---|---|---------------------|--|
|                                       |  | Catastrophic  | Degraded  | Incipient           |  |
| Change in item or equipment condition | Failure to retain or transmit energy                 |   | Diminished ability to retain or transmit energy | Change in operation | (1) Testing: Failure of diminished ability to transmit or retain energy during the energized mode of operation<br>(2) Local inspection (leaks, vibration, odor, cracks, etc)<br>(3) Monitoring: Monitoring trend towards failure, during the energized mode of operation |
|                                       | 1.0 Breach of pressure or static fluid boundary      | 1.0 Degradation of pressure or static fluid boundary          |   |                     |  |
|                                       | 1.1 Major leaks                                      | 1.1 Minor leaks   |   |                     |  |
|                                       | 1.1.1 External leaks                                 | 1.1.1 External leaks  |   |                     |  |
|                                       | 1.1.2 Internal leaks                                 | 1.1.2 Internal leaks  |   |                     |  |
|                                       | 1.2 Explosions                                       |   |   |                     |  |
|                                       | 1.3 Implosions                                       | 2.0 Interference with energy transport or exchange capability |   |                     |  |
|                                       | 2.0 Loss of energy transport or exchange capability  | 2.1 Restricted flow   |   |                     |  |
|                                       | 2.1 Blocked or stopped flow                          | 2.2 Reduced heat transfer capability                          |   |                     |  |
|                                       | 2.2 Loss of heat transfer capability (scale buildup) | 2.3 Minor heat loss   |   |                     |  |
|                                       | 2.3 Major heat loss (loss of insulation)             | 3.0 Structural integrity compromised                          |   |                     |  |
|                                       | 3.0 Loss of structural integrity                     | 3.1 Reduced support capability                                |   |                     |  |
|                                       | 3.1 Failure to support or brace                      | 3.1.1 Fracture of part of the structural members              |   |                     |  |
|                                       | 3.1.1 Fracture (of all members)                      | 3.1.2 Minor physical distortion                               |   |                     |  |
|                                       | 3.1.2 Physical distortion (permanent set)            | 3.2 Partial failure to fasten or join                         |   |                     |  |
|                                       | 3.1.3 Distortion under load (without perm. set)      |   |   |                     |  |
|                                       | 3.2 Failure to fasten or join                        |   |   |                     |  |
|                                       | 3.2.1 Removable fastener failure                     |   |   |                     |  |
|                                       | 3.2.2 Failure of permanent joint                     |   |   |                     |  |
|                                       | 3.2.2.1 Weld failure                                 |   |   |                     |  |
|                                       | 3.2.2.2 Imbed failure                                |   |   |                     |  |
|                                       |  |   |   | Change of state     | (1) Testing: Failure or diminished ability to transmit or retain energy during the stand-by mode of operation<br>(2) Local inspection  |

- 결함율의 분산원인
  - 장치경계
  - 분류레벨

- 공정유체 : 4종류
- 환경 : 온도, 습도, 진동, 외부부식 등
- 서비스의 적정성 : 수리, 재질선정, 유지보수, 조업조건, 설계기준, 허용 기준내
- 유지보수
- 데이터 수집
- 결함을 데이터의 활용
  - 데이터의 불확실성을 줄이는 방법: 다음 사항 충분히 이해
    - 기기형태, 설계, 구성
    - 공정유체
    - 공장조업 및 유지보수 프로그램
    - 결함모드

CCPS의 기기분류체계

- 기기
  - 경계는 일반장치목록과 기능이 독립적인 기본 부품으로 구분
  - 경계는 자료증가에 따라 변경될 수 있음
- 서비스
  - 조업모드 운전중, Stand-by, 대체
  - 공정매체 : Clean, General industry, Moderately Severe, Severe
- 결함 : P18참조
- 분류방법
  - SRI에 따르면 화학산업의 공정종류는 300여가지
  - 분류는 신뢰도에 크게 영향을 미치는 순서대로, 일부는 생략가능
  - 데이터의 증가에 따라 분류체계도 개선 필요

D/B 및 자료원

- 데이터소스
  - CCPS(CPI), SAIC(원자력)
  - 제외된 자료원도 중복검색을 피하기 위해 목록화 함

CCPS의 일반결함을 D/B

- 데이터 선정
  - 품질 및 적용가능성 판단

- 중복사용검토
- 분류체계와의 연관성
- 불충분한 자료(결합율 0, 100회이하 요구, 100시간이하 시간 등)
- 품질이 매우 불량한 자료
- 데이터 취급
  - 원플랜트의 저압·보수자료분석 및 통계적조작을 거쳐 수용
  - 원데이터가 없을 경우 관련 자료를 근거로 데이터의 수용 여부결정
  - 분류에 따라 원자력 자료와 연계
  - 가능한 한 세부분류까지 가도록
  - 분산, 평균값 등 정의에 신중 분포가 몰린 자료는 실효성이 외문시 됨
  - 표본의 증가에 따라 균질성은 떨어짐
- 데이터 테이블
  - 분류기호 > 기기설명 > 조업모드 > 공정유체 > 기기 > 수 > 서비스 시간( $10^6$ ) > 요구횟수 > 결합모드 > 결합율( $10^6$ 시간 혹은  $10^3$ 요구당) > 기기경계 > 코멘트 > 태그넘버

#### □ 플랜트별 데이터의 수집 및 변환

- ※ 통계처리를 마무리 잘하여도 원 데이터가 부정확하면 보상이 안됨
- 데이터 소스
  - 기본형태의 기기 수: 설명, 물리적 경계, 서비스유체 및 설치환경
  - 기기결합수 : 수리요구 발행일, 설비ID, 결합 및 기기상태설명, 개선조치설명, 완료일
  - 노출시간/ 요구횟수 : 연속/단속운전구분
- 데이터수집
  - 데이터수집 절차 수립
  - ※ 데이터소스는 반드시 기록 - 데이터 품질 Audit ← 컴퓨터를 이용
- Review → Audit → Acceptance
  - 데이터 수집 포맷
    - 모든 사용자에게 알맞은 포맷은 불가능
- 데이터검토 및 품질확인
  - ※ 기기경계를 명확하게 정의하는 것이 중요함
- 데이터 변환
  - 시간 : 자동 vs 수동

- 데이터 코드화 : 가역적으로
  - 발생일, 소스확인, 시스템확인, 기기타입, 기기확인, 결합모드 및 심각도, 시간/요구 관련 결합 결정
  - 서술된 내용으로 결합 판단
  - 기기, 서브시스템 혹은 시스템 불능기간
- ex) 펌프 작동 불능 - 서키 브레이커 : 설비경계 내(외) 포함
- 조업시간/요구횟수 결정
  - 특정시스템의 특정설비에 대한 결합인도
  - ※ 요구횟수 : 시험, 자동/수동 시작, 결합관련 유지보수, 결합
- 결합율 계산

VALVE TYPE

| Population                                   | MT                   | MG                    | RV                   |  |  |
|--|----------------------|-----------------------|----------------------|--|--|
| DEMANDS                                      | 20                   | 5                     | 2                    |  |  |
| TEST   | 100                  | 25                    | 40                   |  |  |
| AUTO. & MAN.                                 | 0                    | 0                     | 20                   |  |  |
| FAILURE RELATED                              | 43                   | 20                    | 15                   |  |  |
| INTERFACE                                    | 522                  | 130                   | 0                    |  |  |
| TOTAL DEMANDS (D)                            | 665                  | 175                   | 75                   |  |  |
| TOTAL # OF DEMAND FAILURES (N <sub>D</sub> ) | 14                   | 5                     | 2                    |  |  |
| FAILURE PROBABILITY (N <sub>D</sub> /D)      | $2.1 \times 10^{-2}$ | $2.86 \times 10^{-2}$ | $2.7 \times 10^{-2}$ |  |  |

ASSUMPTIONS USED IN DETERMINING DEMANDS : Tests: MT and MG

1 test every 2 years :  $1/2 \times 10 \text{ yrs} = 5 \text{ tests total} \times \text{Population}$ ;

RV 1 test every 6 mos =  $2 \text{ tests/1 yr} \times 10 \text{ yrs} = 20 \text{ tests} \times \text{population}$ .

Auto & Manual : MT and MG = none assumed;

Assumed RV responds to 1 auto-start signal/year  $\times$  10 years  $\times$  Population