

# 천연가스 공급설비부품의 신뢰도 데이터베이스 구축 Program 개발

이광원 · 오신규\* · 한정민\* · 한상태\*\* · 백재진

호서대학교 안전공학부 · \*한국가스공사 연구개발원 · \*\*호서대학교 수학과

## 1. 서론

천연가스 공급설비에 대한 정성적, 정량적 안전성평가가 여러 차례에 걸쳐 수행되어 왔으나 대부분 화학공장이나 원자력발전소, 해외가스설비등 보수정책이나 사용환경이 다른 일반 신뢰도데이터를 사용으로 평가의 신뢰성 저해를 초래하였다.

천연가스 공급설비에 대한 고장이력을 확인할 수 있는 것 중 하나인 Trouble Memo(T/M)에는 신뢰도 평가에 필요한 대다수의 자료가 존재하나 몇 가지 사항이 미기재 되어 있고, 데이터 정리에 많은 노력이 필요하다.

이에 본 연구는 천연가스 공급설비의 고유신뢰도데이터를 T/M을 통하여 쉽게 구축할 수 있는 시스템을 개발하였다.

## 2. 이론

신뢰도란 시스템, 기기 및 부품 등이 정해진 사용조건에서 의도하는 기간 정해진 기능을 발휘할 확률로 정의되며 신뢰도 데이터는 다음단계에 의하여 구축되어진다.

- 부품정의 및 고장유형정의, 사용조건정의
- 관찰기간 중 사고나 고장의 관찰
- 관찰된 고장들로부터 신뢰도 특성 및 각 수치 결정 및 이의 검증
- 관찰되어진 고장수가 적은 경우 일반 신뢰도 데이터와의 합성 (베이시안 이론)

관찰기간중 다음의 고장을 관찰 할 수 있으며 계산 방법은 다음과 같다.

- 시간당 고장빈도 = 고장유형별 고장횟수 / 설비운전시간
- 작동 횟수당고장빈도 = 고장유형별 고장횟수 / 설비 작동 횟수
- 이용불능도(비가동도) = 이용불능시간 / 설비필요시간

따라서 부품 신뢰도 계산을 위해서는 다음과 같은 자료를 관찰하여야 한다.

- 운전시간(operation time) : 부품이 작동되고 있는 기간
- 대기시간(stand-by time) : 부품이 요구되어 작동 될 때까지 관찰되는 시간
- 보수시간(irrelevant time) : 보고된 기간중에서 보수를 위하여 수리중이거나 부품이 시스템에서 격리되어있는 기간

설비들에 대한 보수 및 고장이력, 운전이력이 수집되고 분석되면 이로부터 신뢰도 자

료를 다음과 같이 계산할 수 있다.

- (1) 신뢰도 함수(Reliability Function) :  $R(t)$ 는 부품의 수명기가 어떤 관찰시점  $t$  이상일 확률로 해석된다.

$$R(t) = P_r [T > t] = 1 - F(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) \cdot dt}$$

- (2) 고장률(Failure Rate:  $\lambda(t)$ ) : 고장률은 시스템이 시점  $t$ 에서 아직 가동되고 있다고 할 때 그 시점 바로 직후에 고장이 날 수 있는 단위시간당 조건부 평균 고장 비율이다.

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)}, \quad \lambda(t) \cdot dt = P(t < T \leq t+dt | T > t)$$

즉  $\lambda(t) \cdot dt$  는 시점  $t$ 에 가동되고 있는 시스템이 그 직후의 미소시간  $dt$  동안에 고장이 날 수 있는 조건부 확률로 해석된다.

- (3) 평균수명(MTTF, MTBF)

평균 수명은 MTTF(Mean Time To Failure : 평균 고장 시간, 즉 비수리 부품의 고장날 때까지의 평균 시간)이나 MTBF(Mean Time Between Failure : 평균 고장 간격, 즉 수리 부품의 고장간 평균 시간)등으로 약칭된다.

평균 수명은  $T$ 에 대한 기대값으로 표시된다.

$$\bar{T} = E(T) = \int_0^{\infty} R(t) dt.$$

- (4) 평균 잔여 수명(Mean Residual Life)

평균 잔여 수명은 주어진 나이의 시스템이 고장날 때까지의 기간에 대한 평균값 즉 시점  $t$ 에서 정상인 시스템이나 부품이 시점  $x$ 에서 정상일 확률이다. 즉

$$R(x | t) = P[T-t \leq x | T \geq t] = R(t+x) / R(t)$$

따라서  $t$ 에 대해서 평균 잔여 수명은 다음과 같다.

$$m(t) = \int_0^{\infty} \frac{R(t+x)}{R(t)} dt$$

### 3. Database 구조설명

그림 1은 본 프로그램의 Entity View 이다. 부품운전이력에는 사업소ID, TAGNO, 일련번호, 기기종류ID, 고장모드코드, 정비긴급도, 사용시작일, 사용정지일, 운전시간으로 애틀리뷰트로 구성된다. 부품분류는 분류코드, 분류명, 보모노드, 사업소는 사업소ID, 명칭, 상위사업소ID, 사업소구분, 전화번호, 팩스번호, 기지유형, 기지정보, TM담당

자, 작성자이름, 작성자소속, 작성일자, 설비부품은 사업소ID, TAGNO, 기기종류 ID, 부품명, 수집시작일, 수집완료일, 총관찰시간, 계획정지시간, 고장정지시간, 총운전시간, 작동횟수, 부품사용개시일, oldtag, 부품종류는 기기종류ID, 기기타입, 기기종류명, 분류코드, 부품사양정보, 부품운전조건, 부품경계그림, 부품사진, 부품별명은 기기종류ID, 일련번호, 별명, 구성부품명, 기기운전이력은 사업소ID, 일련번호, 시작일시, 종료일시, 운전상태, 운전 및 보수시간, 비고, 부품고장이력은 사업소ID, TAGNO, 일련번호, 기기종류 ID, 고장모드코드, 보수중요도, 정비긴급정도, 발생일, 보수시작일, 보수완료일, 보수시간, 이용불능시간, 비고, TM번호, 고장모드는 기기종류 ID, 고장모드코드, 고장유형, 고장모드별명은 기기종류ID, 고장모드코드, 일련번호, 별명으로 구성된다.

1. E-R Diagram

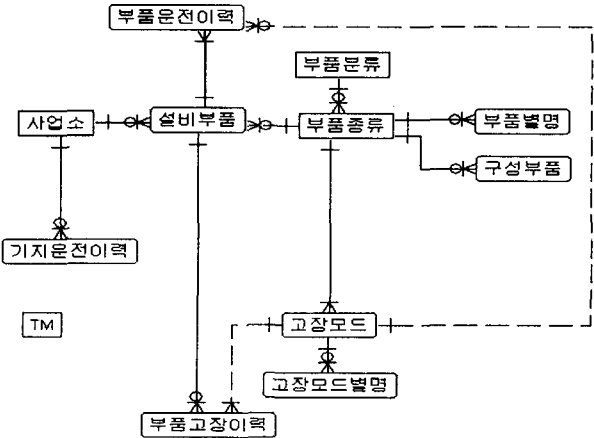


그림 1. Entity View

4. 프로그램 설명

본 신뢰도 데이터베이스 구축 프로그램은 사업소관리, 부품관리, 이력관리, 신뢰도로 구성된다. 이 중 T/M 변환, 신뢰도 계산 부분과 관련된 창은 다음과 같다.

4. 1) T/M 변환과정

기존의 T/M		변환된 T/M								
PT-41W	11999000A	2	A	1999/05/17/ 00:00	1999/05/18/ 00:00	PT-5405	일렉 지시지	별함으로	교정일	1999/05/19/ 00:00
PCV-41A	11999021A	1	A	1999/05/19/ 00:00	1999/05/20/ 00:00	PCV-5401	총단일척이	hunt line0	심하니	1999/05/19 00:00
PI-5421	11999022A	1	A	1999/05/19/ 00:00	1999/05/20/ 00:00	PI-5421	GAUGE	회전부		1999/05/19 00:00
PCV-41A	11999024A	1	A	1999/05/19/ 00:00	1999/05/20/ 00:00	PCV-5401	일단정인	PCV-5401		1999/05/19 00:00
PCV-41B	11999025A	1	A	1999/05/19/ 00:00	1999/05/20/ 00:00	PCV-5401	일단정인	PCV-5401		1999/05/19 00:00
PCV-540A	11999026A	1	A	1999/05/19/ 00:00	1999/05/20/ 00:00	PCV-5401	일단정인	PCV-5401		1999/05/19 00:00
PCV-41A	11999030A	1	A	1999/05/19/ 00:00	1999/05/20/ 00:00	PCV-5401	일단정인	PCV-5401		1999/05/19 00:00
PCV-540A	11999031A	1	A	1999/05/19/ 00:00	1999/05/20/ 00:00	PCV-5401	일단정인	PCV-5401		1999/05/19 00:00
PCV-41A	11999032A	1	A	1999/05/19/ 00:00	1999/05/20/ 00:00	PCV-5401	일단정인	PCV-5401		1999/05/19 00:00
PCV-41A	11999033A	1	A	1999/05/19/ 00:00	1999/05/20/ 00:00	PCV-5401	일단정인	PCV-5401		1999/05/19 00:00
PCV-41A	11999034A	1	A	1999/05/19/ 00:00	1999/05/20/ 00:00	PCV-5401	일단정인	PCV-5401		1999/05/19 00:00
PCV-41A	11999035A	1	A	1999/05/19/ 00:00	1999/05/20/ 00:00	PCV-5401	일단정인	PCV-5401		1999/05/19 00:00
PCV-41A	11999036A	1	A	1999/05/19/ 00:00	1999/05/20/ 00:00	PCV-5401	일단정인	PCV-5401		1999/05/19 00:00
PCV-41A	11999037A	1	A	1999/05/19/ 00:00	1999/05/20/ 00:00	PCV-5401	일단정인	PCV-5401		1999/05/19 00:00
PCV-41A	11999038A	1	A	1999/05/19/ 00:00	1999/05/20/ 00:00	PCV-5401	일단정인	PCV-5401		1999/05/19 00:00
PCV-41A	11999039A	1	A	1999/05/19/ 00:00	1999/05/20/ 00:00	PCV-5401	일단정인	PCV-5401		1999/05/19 00:00
PCV-41A	11999040A	1	A	1999/05/19/ 00:00	1999/05/20/ 00:00	PCV-5401	일단정인	PCV-5401		1999/05/19 00:00
PCV-41B	11999041A	1	A	1999/05/19/ 00:00	1999/05/20/ 00:00	PCV-5401	일단정인	PCV-5401		1999/05/19 00:00
PCV-41B	11999042A	1	A	1999/05/19/ 00:00	1999/05/20/ 00:00	PCV-5401	일단정인	PCV-5401		1999/05/19 00:00
PCV-41B	11999043A	1	A	1999/05/19/ 00:00	1999/05/20/ 00:00	PCV-5401	일단정인	PCV-5401		1999/05/19 00:00
PCV-41B	11999044A	1	A	1999/05/19/ 00:00	1999/05/20/ 00:00	PCV-5401	일단정인	PCV-5401		1999/05/19 00:00
PCV-41B	11999045A	1	A	1999/05/19/ 00:00	1999/05/20/ 00:00	PCV-5401	일단정인	PCV-5401		1999/05/19 00:00
PCV-41B	11999046A	1	A	1999/05/19/ 00:00	1999/05/20/ 00:00	PCV-5401	일단정인	PCV-5401		1999/05/19 00:00
PCV-41B	11999047A	1	A	1999/05/19/ 00:00	1999/05/20/ 00:00	PCV-5401	일단정인	PCV-5401		1999/05/19 00:00
PCV-41B	11999048A	1	A	1999/05/19/ 00:00	1999/05/20/ 00:00	PCV-5401	일단정인	PCV-5401		1999/05/19 00:00
PCV-41B	11999049A	1	A	1999/05/19/ 00:00	1999/05/20/ 00:00	PCV-5401	일단정인	PCV-5401		1999/05/19 00:00
PCV-41B	11999050A	1	A	1999/05/19/ 00:00	1999/05/20/ 00:00	PCV-5401	일단정인	PCV-5401		1999/05/19 00:00

그림 2. T/M 변환과정

▶ 개요

기존의 전산화된 T/M은 신뢰도 데이터를 수집하기에는 정형화가 되어있지 않기 때문에 이를 정형화하는 부분이다.

지사를 선택 한 후 이에 해당하는 사업소명을 선택한다. 이 후 전산화된 T/M을 선택한 후 T/M 변환 버튼을 누른다. 기존의 T/M에서 고장모드가 정의되지 않았기 때문에 변환된 T/M 부분에서 고장모드를 정의한다.

4. 2) 부품별 신뢰도

신뢰도 메뉴의 부품별 신뢰도를 선택하면 나타나는 화면으로 선택된 부품의 신뢰도 데이터를 구한다.

분석 범위를 전체 사업소인지 선택된 사업소인지를 결정한다. 분석 범위가 전체인 경우 부품을 선택하고 조회 버튼을 누르면 부품의 신뢰도를 볼 수 있다. 분석 범위가 일부인 경우 지사와 사업소를 선택한 후 조회버튼을 누르면 선택된 사업소에 대하여 부품의 신뢰도 데이터를 얻을 수 있다.

4. 3) 고장모드별 고장빈도

신뢰도 메뉴의 고장모드별 고장빈도를 선택하면 나타나는 화면으로 선택된 부품의 고장모드별 고장빈도를 계산하여 볼 수 있다.

분석 범위를 전체 사업소인지 일부 사업소인지를 결정한다. 분석 범위가 전체인 경우 부품을 선택하고 조회 버튼을 누르면 선택된 부품의 고장모드별 고장빈도가 계산되어 결과를 볼 수 있다. 분석 범위가 일부인 경우 지사와 사업소를 선택한 후 조회버튼을 누르면 선택된 사업소의 고장모드별 고장빈도가 계산되어 결과를 볼 수 있다.

#### 4. 4) 시간별 고장빈도

신뢰도 메뉴의 시간별 고장빈도를 선택하면 나타나는 화면으로 선택된 부품의 시간별 고장빈도를 계산하여 볼 수 있다.

분석 범위를 전체 사업소인지 일부 사업소인지를 결정한다. 분석 범위가 전체인 경우 부품을 선택하고 조회 버튼을 누르면 선택된 부품의 시간별 고장빈도가 계산되어 결과를 그래프로 볼 수 있다. 분석 범위가 일부인 경우 지사와 사업소를 선택한 후 조회버튼을 누르면 선택된 사업소의 시간별 고장빈도가 계산되어 그래프로 결과를 볼 수 있다.

#### 4. 5) 시간별 고장률

신뢰도 메뉴의 시간별 고장률을 선택하면 나타나는 화면으로 선택된 부품의 시간별 고장률을 계산하여 볼 수 있다.

분석 범위를 전체 사업소인지 일부 사업소인지를 결정한다. 분석 범위가 전체인 경우 부품을 선택하고 조회 버튼을 누르면 선택된 부품의 시간별 고장률이 계산되어 결과를 그래프로 볼 수 있다. 분석 범위가 일부인 경우 지사와 사업소를 선택한 후 조회버튼을 누르면 선택된 사업소의 시간별 고장률이 계산되어 그래프로 결과를 볼 수 있다.

#### 4. 6) Bayes Program

Bayes 모델은 일반신뢰도 data 들과 고유경험 data 들을 기초로 하여 고장확률이나 고장률을 예측하기 위한 program 이다. 기존의 도스용 bayes 2.0 의 입력부와 출력부는 텍스트 기반의 data를 입력부 형태에 맞게 입력하여야 되는 어려움과 출력부의 data는 텍스트 형태로 쉽게 알아볼 수 없었다. 이를 보완하기 위하여 windows 화 시킨 입력부, 출력부를 통하여 원하는 값들을 얻을 수 있을 수 있다.

본 프로그램의 sub 프로그램으로 입력부와 출력부로 나뉘어지며 입력부는 계산할 데이터 값들을 입력하며 출력부는 이를 통하여 얻은 결과값을 확인 할 수 있다.

그림 3. 입력부 Form

그림 4. 결과확인 Form

## 5. 결 론

지금까지 많은 화학 plant나 가스설비 등에서 정성적, 정량적 안전성평가가 시행되어 왔으나 이제는 관찰설비의 고유신뢰도 data를 수집, 사용하여 신뢰도 있는 안전성평가를 시행하고, 이를 근거로 하여 취약부분의 개선대책, 보수정책 등을 결정하여 합리적이고 경제적인 운전을 하여야 한다. 천연가스 공급설비부품의 경우 본 연구를 토대로 하여 천연가스 공급설비부품의 고유 신뢰도 database 구축으로 신뢰도 있는 정량적 평가를 수행함으로써 합리적이고 최적화 된 정기점검, 교체기간 등의 결정으로 인한 경제성을 확보할 수 있고, 정량화 된 신뢰도 데이터를 접합으로서 자연스럽게 안전의식 확보 및 전반적인 신뢰도 향상, 각종 사고예방에 일조를 하리라 기대한다.

## 참고문헌

1. 박경수, “신뢰도 및 보전공학”, 영지문화사, 1999
2. 정해성, 박동호, 김재주, “신뢰성 분석과 응용”, 영지문화사, 1999
3. 한국산업안전공단 산업안전연구원, “국내 화학공장 설비 및 기기에 대한 신뢰도 데이터베이스 구축”, 한국산업안전공단 산업안전연구원, 1998
4. 한국산업안전공단 산업안전연구원, “국내 화학공장 설비 및 기기에 대한 신뢰도 데이터베이스 구축 II”, 한국산업안전공단 산업안전연구원, 2000
5. 박경수, “신뢰성 개론”, 영지문화사, 1993