

월성1호기 중수증기 회수계통 운전원의 운전능력 향상

박종범, 양승권
한전전력연구원

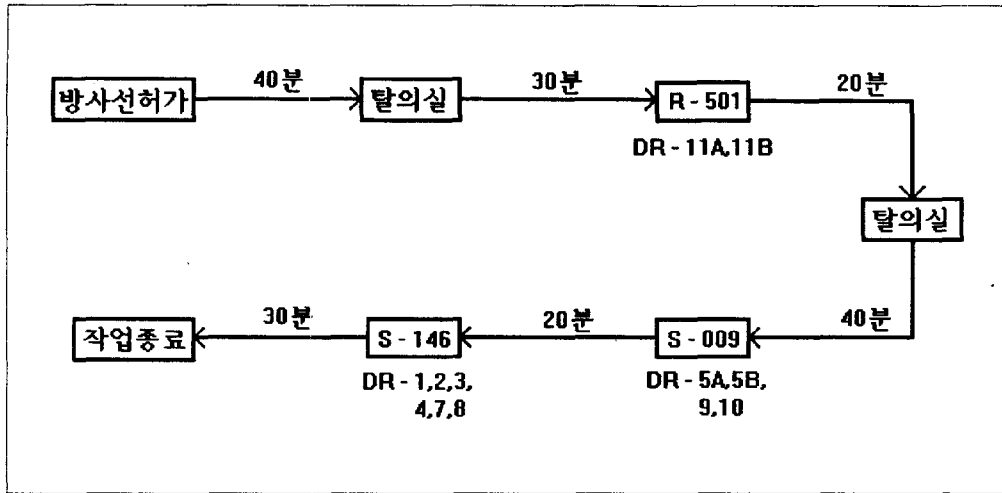
요 약

월성1호기의 경우 운전원이 중수증기 회수계통 현장 검사(Survey)에 약 3시간 정도를 소요 하고 있으며, 자료의 분석과 수집을 위해 각 기기 제어반(Panel)에 기록계(Recorder)를 설치하여 기록된 기록지를 통해서 작업해야 만 한다. 이 처럼 기존 설비의 경우 운전원은 많은 시간과 작업 부담을 갖고 운전하게 될 뿐만 아니라 다른 계통을 점검하는데 필요한 많은 시간을 얻기가 어려운 형편이다. 그러나 PLC SYSTEM 내의 한 부분인 공정감시제어를 위한 MMI(Man Machine Interface) SOFTWARE 를 사용하여 조사할 경우 약 3분이면 중수증기회수 전 계통을 점검 할 수 있고, 경향감시(Trend) 기능을 사용하면 기록계 설치 없이도 과거나 현재의 변화 추이 및 문제점 분석은 물론 계통 결합 발생시 발생하는 경보기능으로 운전원의 신속한 인지가 가능하게 된다.

1. 서 론

과거 60년대 기술로 설계된 현 중수증기 회수설비는 시퀀스제어 방식이며 기계식 타이머에 의한 모드전환으로 설비들이 제어되고 있다. 또한 계통 문제 발생시 운전원에게 경보 제공기능도 없고, 단지 운전의 현장 점검(Survey) 으로서만 경보확인이 가능하다, 별도로 자료(Data) 취득 및 각 기기의 성능검사를 위해서는 설치된 기록계(Recorder) 에 통하여 취득된 자료를 가지고 성능 분석 및 문제점들을 파악하게 된다. 각 기기 제어반(Panel) 은 동일한 장소에 있는 것이 아니므로 운전원이 현장을 조사하는데 많은 시간이 소요된다. 원자로 건물 R-501에 설치되어 있는 설비는 핵연료 교체가 없는 수요일이나 공휴일에 점검이 가능하며, 원자로 건물에 삼중수소농도 등 오염 농도가 높을 경우 원자로 건물내 작업자의 출입이 제한된다. 만약 핵연료 교체가 없는 날 운전원

이 중수회수 전 계통을 점검 한다고 가정하면 그림-1에서 보듯이 약 3시간 이상 소요된다.



< 그림-1 : 현장 점검 및 소요시간 >

그림-1은 단지 현장 점검만 했을때의 시간들을 나타내고 있으며, 각 기기들의 성능검사 및 분석을 위해서 각종 계기들을 추가로 설치할 경우 더 많은 시간이 소요되고 작업자의 부담도 가중 될 것이다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 PLC SYSTEM 내의 공정감시제어를 위한MMI(Man Machine Interface) SOFTWARE 를 사용 할 경우 중수증기 회수계통을 한 장소에서 단 3 - 4분 안에 점검, 변화추이, 계통분석, 자료의 저장, 출력 및 경보 발생 등의 기능을 갖추게 되므로 운전원의 작업 능률향상이 기대된다.

2. MMI(Man Machine Interface) SOFTWARE 설계

MMI SOFTWARE 는 화면설계(Graphic Design) 및 PLC 와 화면과의 링크(Link) 에 의한 효과등 크게 두 부분으로 나눌 수 있다.

2.1 화면설계(Graphic Design)

운전원들이 제일 먼저 접하게 되는 것은 컴퓨터의 화면이다. 그러므로 화면의 설계시에는 작업자들의 편의성과 사용자에 대한 교육의 용이성 측면이 충분히 고려 되어야 한다. 이런 필요성을 충족시키기 위해서는 코드의 표준화, 정보의 양립성 및 매직넘버 개념등 3가지 요소가 적어도 화면설계에 반영되어야 한다. 이 3가지 개념을 설명하면 다음과 같다.

2.1.1 코드의 표준화(Standardization)

기존 표시장치가 설치되어 운영중인 공장이나 현장에 새로운 표시장치를 추가로 설치하는 경우 완전히 같은 코드시스템을 사용하여 두 표시장치 모두 동일한 정보를 전달할 수 있도록 표준

화되어야 한다.

2.1.2 양립성(Compatibility)

정보처리에 있어서 “양립성”이란 인간의 예측과 자극에 대한 응답결과 사이의 관계를 말하는 것으로 정보의 변환, 즉 재코드화(Recording) 과정을 의미한다. 양립성과 재코드화는 상호 반비례 관계가 있는데 결국 양립성 증가는 학습 및 응답속도의 증가를 가져온다. 이는 결국 작업자로 하여금 심리적 부담경감 및 오류감소의 혜택을 받도록 기여한다. 일반적으로 사람들은 예상한대로 작동하는 기기 및 장치(System)를 선호하는 경향이 있고 선호성이 증가 할수록 그 장치에 대한 학습 및 적응력도 향상 된다.

2.1.3 매직넘버(Magic Number)

사람이 절대적기준으로 식별할 수 있는 단일차원(Single Dimension Identification)의 전형적인 범위로서 MILLER(1956)는 “매직넘버 7 ± 2 ”를 제시하였다. 그러나 자극차원의 종류에 따라 보통사람은 15종이상(피아노음은 상대적으로 1800쌍 까지 비교, 절대적으로는 5음정도) 확인도 가능하다.

위 3가지 개념을 화면설계에 반영한 결과는 그림-2에서 보는것과 같고 첫번째 코드의 표준화의 경우 운전원이 이미 사용중인 도면 및 기기 제어반의 미믹보드(Fixed Mimic Board)로 부터 익숙해져 있는 모델들을 사용하였기 때문에 작업자의 특별한 교육없이도 화면을 접했을 때 계통 이해가 빠르게 된다. 두번째 양립성 개념의 도입 결과 대부분 화면설계시 작업자에게 익숙해져 있는 모델을 사용하므로 재코드화 과정없이 곧바로 화면을 활용할 수 있게 된다. 세번째 매직넘버 개념으로 화면당 사용하는 색상을 9개가 넘지 않도록 작성하였고 자료(Data)의 수치변화도 절대적 개념을 적용하여 9개 미만으로 설계하였다. 결국 위와 같은 개념들을 사용하면 모델링이 간단해 질 뿐아니라, 운전원들이 부담없이 화면을 접할 수 있게 된다.

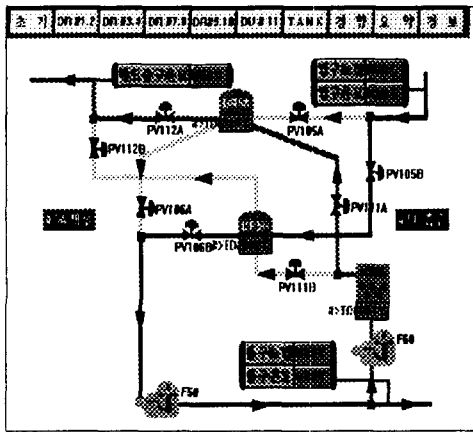
2.2 화면효과(PLC Link)

화면설계 못지않게 중요한 부분은 화면효과인데 중수증기 회수계통에 사용한 MMI는 약 20개 이상의 효과를 줄 수 있게 되어있다. 그러나 한 화면에 너무많은 효과를 사용 할 경우 운전원에게 혼란과 부담만 가중시키는 결과를 초래하므로 중수증기 화면에서는 절대적 개념으로 매직넘버(7 ± 2)를 적용하였다. 그 적용 결과 나타난 효과의 내용은 다음과 같이 크게 4부분으로 설명할 수 있다.

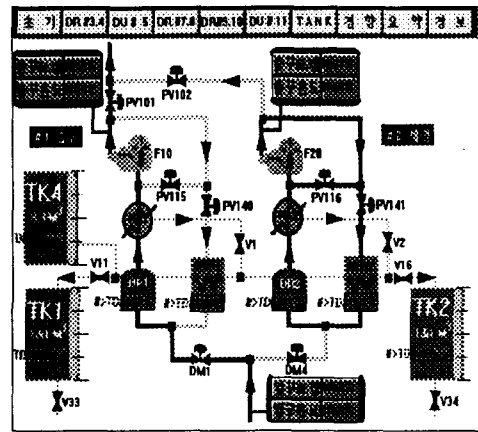
2.2.1 화면변환 및 출몰

화면변환은 운전중에 운전원이 보고자하는 화면을 MOUSE로 선택할 경우 이루어진다. 이때 WINDOWS 창에서 열 수 있는 창의 개수가 한정되어 있는 반면, 화면설계는 30 - 40개로 구성 되어 있다. 따라서 기존의 필요한 정보를 다시 열람하기 위해서는 이전화면을 소거(Clear)하고

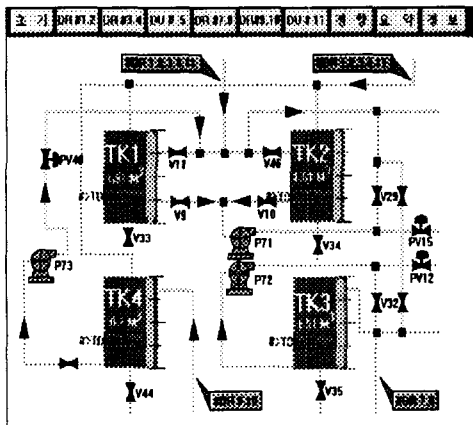
재 선택하는 과정을 밟아야 한다. 출물은 운전원에게 DRYER 상태 및 FAN 상태 정보를 제공한다.



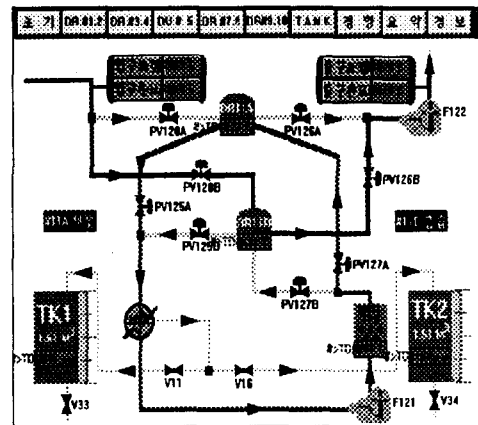
< 그림2-1 : DRYER #1 >



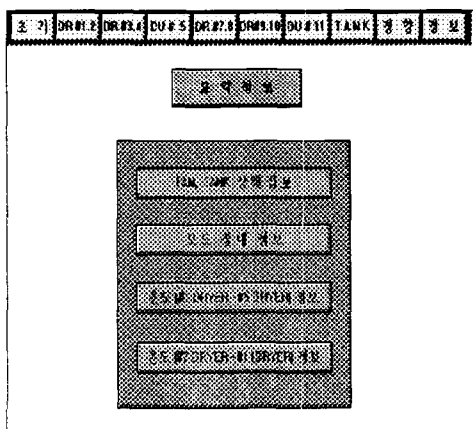
< 그림2-2 : DRYER #5 >



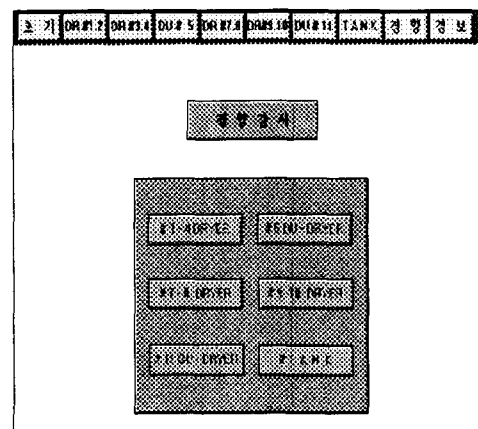
< 그림2-3 : TANK >



< 그림2-4 : DRYER #11 >



< 그림2-5 : 요약 >



< 그림2-6 : 경향감시 >

DRYER 상태는 흡습모드 또는 재생모드인지를 나타내며, FAN 상태는 정지 또는 동작을 나타낸다. 또한 이들 상태는 모든 DRYER 및 FAN 관련 정보를 담고 있는 요약정보를 통해서 열람 가능하도록 설계되었다.

2.2.2 색변환 및 회전

색변환은 중수증기 회수계통 모드변화에 따라 현장의 상황을 구별하게 해준다. 한 DRYER 계통이 재생모드이면 빨강색으로 계통이 변하면서 페루프를 만들게 되고, 다른 DRYER 계통이 흡습모드이면 파랑색으로 계통이 바뀌면서 개루프를 만들게 된다. 이런 효과로 인해 회수계통에 기초적인 지식을 가진 사람이라면 어떤 계통이 재생 또는 흡습상태인지를 알 수 있다. 회전은 계통 화면에 동작중인 FAN 에 현실감을 주기 위해서 현장에 설치된 장비와 같이 FAN 날개들이 회전하게 되고, 동작하지 않는 FAN 은 회전하지 않게 설계하였다. 또한 출몰에서 설명하였듯이 FAN 동작을 출몰에 연결(Link) 하여서 요약정보를 통해 어떤 FAN 이 동작중인지 판단할 수 있게 하였다.

2.2.3 수직채움 및 상태표시

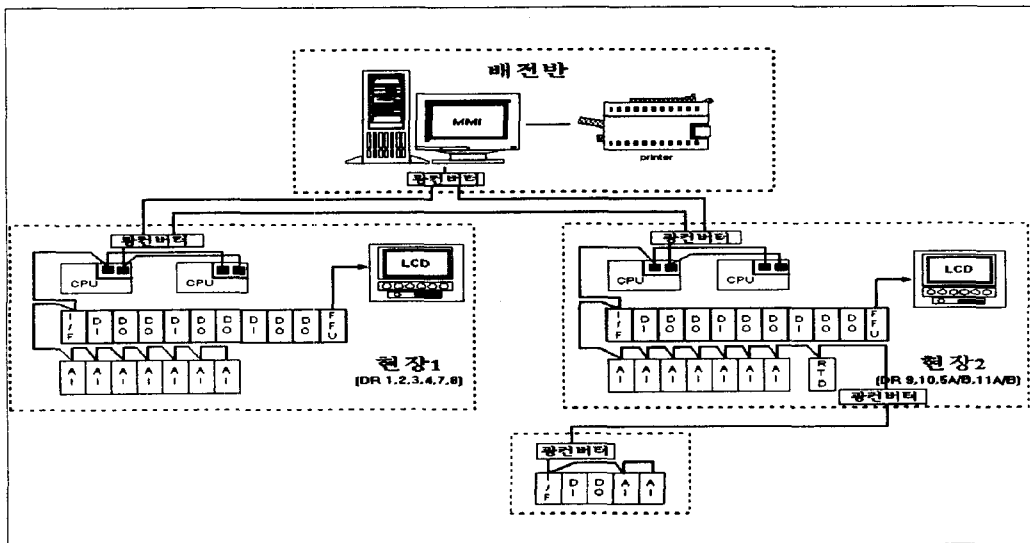
수직채움과 상태표시를 디지털(DIGITAL) 및 아날로그(ANALOG)의 작은개념으로 분류하면, 디지털의 경우 현재 상황을 정확하게 나타내주는 반면, 과거 및 미래 상황에 대처할 여유가 얼마인지 알 수 없는 단점이 있고, 아날로그는 디지털과는 달리 앞으로 대처할 여유도를 판단 할 수 있도록 해준다. 따라서 TANK 에서는 이 두 개념(디지털,아날로그)을 사용하여 수직채움과 상태표시에 적용하였다. 수직채움은 TANK 에 회수된 중수의 양의 변화에 따라 파랑색으로 채워지며, 계통에 사고 발생시 TANK 에 채워지는 중수의 양이 많아지면 순간적으로 여유가 있는 TANK 쪽으로 회수할 수 있도록 판단능력을 제공한다. 상태표시는 정확한 수치를 알 수 있도록 TANK 뿐만아니고, 베드온도, 입·출구노점, 입·출구온도를 현장과 연결하여 변화 수치를 항상 감시할 수 있도록 설계하였다.

2.2.4 DATA 입력

DATA 입력은 PLC MMI 를 사용하여 현장 설비들을 원격조정할 수 있도록 설계하였다. 이 기능은 정상운전기간 동안은 장점이 적으나 원자로 건물에 삼중수소 및 방사능 오염증가로 현장(R-501:DR-11A,11B)에 출입할 수 없을 때 DATA 입력을 사용하여 현장 설비를 제어할 수 있을 뿐만 아니라 다량의 중수누설 발생시 성능이 좋은 DRYER 의 흡습 및 재생시간을 적절히 설정하여 DRYER 를 효과적으로 운영할 수 있다는 장점이 있다. 그리고 베드 및 가열기 출구 설정온도를 높이거나 낮추어 중수회수 시간을 제어하며, 운전 전환 노점 S.P(Set Point)를 조정하여 장마철등 습기가 많을 때에도 능동적인 대처가 가능하다. 이런 특성들로 인해 운전원의 편의성 및 중수증기 회수능력 향상이 가능하게 된다.

3. 결 론

서두에서 언급한 바와 같이 운전원의 현장 검사(Survey)에 3시간 이상 소요되고, 원자로 건물내 사고시 현장 접근 불가등 여러 가지 요인들은 운전원의 운전능력 저하를 초래한다. 그러나 본 논문에서 제시한 PLC SYSTEM 내의 공정감시제어를 위한 MMI SOFTWARE를 사용하면 운전능력 향상은 물론 경제 및 안정성 측면에서도 대단히 유리하다. 경제적 측면에서는 연간 약 4,200 만원 정도의 비용 절감이 예상되며, 안정성 측면에서도 PLC SYSTEM 2중화와 PLC FAIL시 기존시스템으로 운전(병렬운전)되므로 안전성 향상을 기대할 수 있다.



< 그림-3 : MMI 위치도 >

그림-3에서 보여지는 것과 같이 배전반에서 모든 SYSTEM을 원격제어 및 감시를 할 수 있으며, 현장에서도 LCD 계기를 통해 그 현장 전체를 감시할 수 있도록 설계되어 있다. 향후 원자력 발전소에서 설비 개선이 이루어질 경우 분산되어 있는 설비들이 한 장소에서 모두 제어할 수 있도록 해야하고, SYSTEM의 분석시 기록계 설치등 운전원의 부담을 가중시키지 않는 범위내에서 분석가능하도록 해야 할 것이다.

참고문헌

1. 박익수등 “중수증기 회수 최적화 방안 연구(Ⅱ) 중간보고서” 한국전력공사 (1989).
2. Mark S.Sanders and Ernest J.McCormick, “Human Factors In Engineering and Design”, McGraw-Hill (1993).
3. 李舜堯, “未來指向의 人間工學”, 養英閣(1994).
4. AECL Proprietary, “Reactor Building D₂O Vapour Recovery System”, DM 59-38310
5. AECL Proprietary, “Dryers for D₂O Vapour Recovery in a Nuclear Power Station”,
6. “공정감시 및 제어 소프트웨어 FA Manager 매뉴얼”, LG산전(1995).