

## 원전 비상디젤발전기 신뢰도 관리시스템 개발

송재주\*, 이정일, 신진호, 강주영, 이봉재

전력연구원, 대전광역시 유성구 문지동 103-16, jjsong@kepri.re.kr

### Development of Reliability Management System of Emergency Diesel Generator for Nuclear power plants

Song jae ju\*, Lee jeong il, Sin jin ho, Kang joo yeong, Yi bong jae

Korea Electric Power Research Institute, 103-16, Munji-dong, Yuseong-ku, Daejeon

#### 요 약

본 논문은 원자력발전소 비상디젤발전기의 신뢰도 및 성능변화 추이를 감시하고, 이에 필요한 데이터를 관리하는 비상디젤발전기 신뢰도 프로그램 개발에 관하여 기술하였다. 이 프로그램은 인트라넷 기술을 이용하여 신뢰도 감시, 성능 감시, 그리고 관련정보로 크게 3가지 모듈로 구분하여 개발하였다. 현재 이를 통하여 원전 비상디젤발전기의 운전 및 정기점검 데이터를 입력 관리할 수 있도록 서비스를 개시하였으며, 이따 기존에 입력된 데이터를 이용하여 신뢰도 및 이용 불능도를 계산할 수 있고 또한 성능변화 추이를 감시할 수 있다.

#### 1. 서론

원자력발전소 비상디젤발전기는 소외 교류전원 상실시(Loss of Offsite Power) 제한된 시간 내에 정격주파수 및 전압에 도달하여 안전관련 설비에 전원을 공급함으로써 원자력발전소를 안전정지 상태로 유지하게 하는 중요한 비상 전력 공급 설비이며, 소외 교류전원 상실과 동시에 소내 교류 전원인 비상디젤발전기의 전원이 상실되면 발전소 정전사고(SBO : Station Black Out) 발생으로 노심 손상을 초래하는 중대한 결과를 낳게 된다. 이러한 발전소정전사고를 방지하기 위해서는 비상디젤발전기의 높은 신뢰도 확보가 중요하다.

신뢰도 프로그램은 비상디젤발전기의 신뢰도를 주기적으로 감시, 분석하고 정비업무 수행과 같은 적절한 대응 조치를 수행함으로써 비상디젤발전기의 목표신뢰도를 확보 유지하는 등의 일련의 활동을 의미한다. 이러한 일련의 활동, 즉, 신뢰도 프로그램을 체계적으로 수행할 수 있도록 신뢰도와 관련된 모든 정보와 자료를 종합적으로 관리 운용하는 전산 시스템인 비상디젤발전기 신뢰도 관리 시스템을 개발하였다.

신뢰도데이터시스템은 크게 신뢰도 감시, 성능 감시, 그리고 관련정보의 3개 모듈로 구성되어 있다. 신뢰도 감시 모듈에서는 운전이력 및 이용불능 이력관리, 신뢰도 평가로 구분하여 신뢰도 감시에 필요한 자료를 입력관리 하도록 구성하였으며, 입력된 신뢰도 데이터를

이용하여 목표신뢰도를 감시하고 신뢰도가 저하되었을 경우 적절한 조치사항을 제공함으로써 이를 이행하도록 하는 기능을 구현하였다. 성능감시 모듈에서는 성능감시 변수 자료를 입력 관리하는 모듈과 입력된 변수를 이용하여 성능변화 추이에 대한 경향분석을 수행할 수 있는 기능을 구현하였다. 관련정보 모듈에서는 신뢰도 감시 및 성능감시에 필요한 자료 이외의 종합적인 정보를 제공하도록 하였다.

#### 2. 신뢰도 관리 시스템 구성

비상디젤발전기 신뢰도 관리시스템의 구성은 현장에서 생성되는 비상디젤발전기 관련 데이터를 통합하여 저장 및 관리하는 데이터베이스와 이에 대한 자료 입출력 및 분석을 위한 사용자 인터페이스 화면으로 구성된다. 본 시스템은 인트라넷 방식으로 구현 되어 웹을 통해 접속하여 원하는 정보를 입력, 검색 그리고 추이분석 등이 가능 하도록 구현 되어 있어 사용자의 편의성을 크게 증진시켰다. 신뢰도 관리시스템은 크게 신뢰도 감시, 성능감시, 그리고 시스템 관리 모듈 등 크게 3개의 기능별 모듈로 구분하여 개발하였다

##### 2.1. 신뢰도 감시

신뢰도 감시모듈은 비상디젤발전기에 대한 신뢰도 수준을 감시하는 것으로서 크게 신뢰도 데이터 입력, 신뢰도

평가 모듈로 구성 하였으며, 신뢰도 평가는 목표 신뢰도 감시와 시험주기 결정 모듈로 구분하였다. 데이터 입력 모듈은 신뢰도 평가 및 계산에 필요한 자료를 입력하는 모듈로서, 비상디젤 발전기 정기시험 결과인 유/무효 여부, 기동/부하 투입 여부, 성공/실패 등의 자료를 입력 한다. 이는 수작업으로 작성하던 기존의 비상디젤발전기 시험관리 대장의 기록 내용에 신뢰도 프로그램 운영에 따라 새롭게 추가되는 내용도 관리하도록 구성하였다.

신뢰도 평가모듈은 신뢰도 데이터 모듈로부터 입력된 자료를 바탕으로 25회 유효시험 실패횟수를 계산함으로써 개별 또는 EDG별 정기시험 주기를 결정하며, 또한 원전 호기별로 설정된 목표 신뢰도인 0.95 혹은 0.975의 수준을 유지 하고 있는지를 20, 50, 100회의 유효시험 횟수 중 실패횟수를 산출함으로써 감시한다. 25회 유효시험 중 실패횟수가 4회 이상일 경우 EDG의 정기시험 주기를 7일로 단축하도록 하고 있다.

또한, 목표신뢰도 감시에서는 20, 50, 100회에 대한 유효시험 실패횟수가 트리거 기준값인 3,4,5회를 초과하였는지를 평가하여 각 초과 정도에 따른 조치사항을 사용자에게 제공하여 이를 이행토록 함으로서 저하된 신뢰도를 목표신뢰도 수준으로 회복하도록 해준다.

\* 신뢰도 평가 목표신뢰도 감시

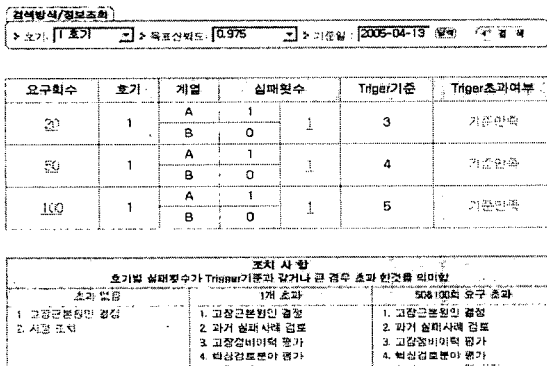


그림 1. 목표신뢰도 감시 화면

2.2 성능감시

EDG의 성능을 평가하고 감시하기 위하여 우선 성능감시 변수로 선정된 데이터를 입력 관리하는 데이터입력 모듈과 입력된 데이터를 이용하여 각 변수에 대한 변화 추이를 그래프로 나타내는 성능변수분석 모듈로 구성하였다. 성능감시를 위해 입력되는 변수는 크게 월간 정기시험 시험점검되는 자료, 화학분석 결과 자료, 그리고 OH 점검 자료 중 24시간 점검자료이다. 월간 정기시험 자료는 기동전점

검과 운전 중 점검 자료로 구분하여 관리하도록 하였다. 성능변수분석은 [그림 2]와 같이 데이터입력 모듈을 통하여 입력된 각종 변수들의 변화추이를 그래프로 나타냄으로서 허용 기준범위 내에서 정상적으로 운전되고 있는지 혹은 정상범위 내에서 어떠한 경향을 보이고 있는지의 추이를 파악할 수 있도록 하였다.

비상디젤발전기의 성능을 평가하고 감시하기 위하여 우선 성능감시 변수로 선정된 데이터를 입력 관리하는 데이터입력 모듈과 이 입력된 데이터를 이용하여 각 변수에 대한 변화 추이를 그래프로 나타내는 성능변수분석 모듈로 구성하였다.

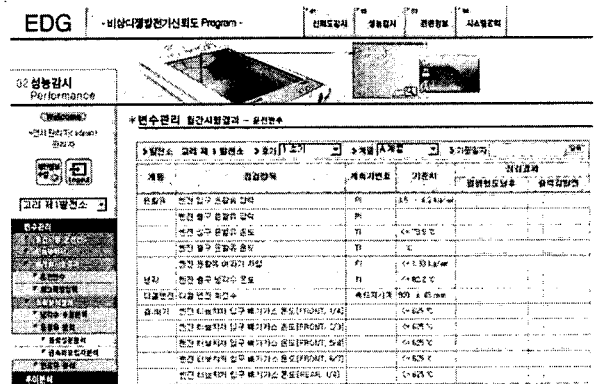


그림 2. 운전변수 입력 화면

2.2.1 성능변수 분석

성능변수 분석은 성능변수 데이터입력 모듈을 통하여 입력된 각종 변수들의 변화 추이를 그래프로 살펴봄으로서 허용 기준범위 내에서 정상적으로 운전되고 있는지 혹은 정상범위 내에서 어떠한 경향을 보이고 있는지의 추이를 파악할 수 있도록 하였다. 이 성능변수 분석에서는 한번에 9개의 변수까지 동시에 변화를 관찰할 수 있도록 구현함으로써 변수들 간의 상관관계에 의한 성능감시 또한 가능하도록 구현하였다.

성능변수 분석에서는 크게 8개의 검색 모드로 나누어 각 모드 내에 있는 여러 변수들 중에서 최대 9개 변수까지 변화 추이를 동시에 분석이 가능하다. 각 모드는 기동전 점검, 운전 중 점검, 윤활유 금속성분 분석, 윤활유 유질 분석, 냉각수 수질 분석, 연료유 분석(1M), 연료유 분석(3M), 24시간 점검의 8개 검색 모드로 구성하였다.

분석자는 [그림 3]과 같은 결과를 보고 비상디젤발전기의 성능변화 추이를 추정할 수 있으며, 현재 및 미래

의 경향을 예측할 수 있음으로서 사전에 고장 등을 예방할 수 있는 조치를 취할 수 있을 것이다. 이러한 일련의 활동을 조직적으로 수행함으로써 비상디젤발전기의 신뢰도를 목표 신뢰도 수준 이상으로 유지 관리 할 수 있다.

### 2.3.3 제작자권고사항

실제 EDG시스템을 운영하고 있는 원전에서 배포한 제작자 권고사항 및 Owners Group에서 제공하는 운전/성능 권고사항을 관리하기 위한 모듈이다.

### 2.3.4 참고자료

이 모듈은 비상디젤발전기와 연관된 Code&STD, USNRC문서, 운영기술지침서, 절차서, 보고서 자료를 데이터베이스에 저장하여 시스템 사용자들에게 참고 자료를 제공해준다.

## 3. 결론

원전 비상디젤발전기에 대한 종합적인 자료 관리, 신뢰도 감시, 그리고 성능변화 추이를 분석 감시할 수 있도록 지원해주는 비상디젤발전기 신뢰도 관리 시스템을 개발하였다. 이는 크게 신뢰도 감시, 성능 감시, 그리고 관련정보의 3가지 모듈로 구분하여 각 모듈에서 각 기능을 수행할 수 있도록 하였다. 현재 중수로형 비상디젤발전기는 본 시스템을 이용하여 정기시험 자료 및 운전변수 자료들을 입력 관리할 수 있도록 서비스를 제공하고 있으며, 또한 이를 이용하여 신뢰도 및 이용 불능도를 산출하는 등 본 시스템을 적극적으로 활용할 것으로 기대된다. 향후 본 시스템은 프라마툰형 비상디젤발전기 적용할 예정이고, 이를 통해 비상디젤발전기 신뢰성 향상업무에 많은 도움을 줄 것으로 판단된다.

### 참고문헌

1. "NUMARC 87-00 : Guidelines and technical bases for NUMARC initiatives addressing station blackout at light water reactor ", August 1991
2. "Station Blackout", Reg. Guide 1.155, June 1998
3. "영광3,4호기 비상디젤발전기 정기시험 주기 및 방법 개선 기술보고서", 전력연구원, 1999. 2
4. "비상디젤발전기 신뢰도 안전성 평가", 한국원자력안전기술원, 1996. 7
5. "영광1,2,3,4호기 비상디젤발전기 정기시험 주기 및 방법 개선방안 연구", 전력연구원 기술간행물 (TM.97NJ27.M2000.36), 2000. 1

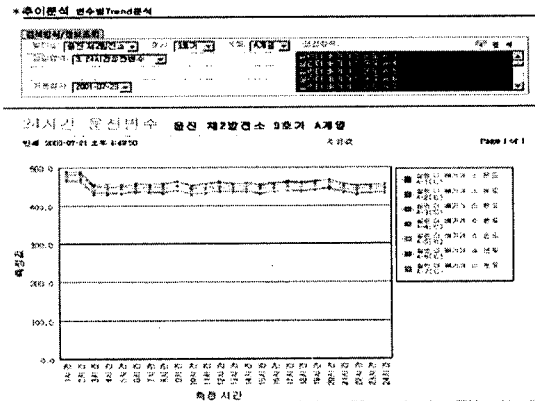


그림 3. 성능변수 추이분석 화면

## 2.3 관련정보

관련정보 모듈에서는 신뢰도 감시 및 성능감시 모듈에서 관리되는 비상디젤발전기와 관련된 자료 이외의 모든 종합적인 자료들을 저장 관리하는 곳으로 이를 통하여 사용자들은 참고가 될만한 자료들을 찾아볼 수 있도록 구성하였다.

### 2.3.1 고장 근본 원인 분석

본 모듈은 EDG 운영 중 발생한 고장에 대한 근본원인 분석을 수행하고 그 결과를 입력/관리하기 위한 모듈이며, 추후 비상디젤발전기 후임 담당자에게 이전 고장이력 및 조치과정을 전수함으로써 유사고장 재발방지에 있어서 가장 중요한 역할을 담당할 것으로 판단된다.

### 2.3.2 산업체 운전경험

비상디젤발전기와 연관된 국외의 사고/고장경험을 취득하여 데이터베이스에 저장하여 유사한 고장에 대하여 간접 경험을 습득함으로써 적절한 조치 및 최상의 기계 성능 유지를 위한 Knowledge Base로 사용하고 있다.