

원전 EDG 엔진 상태진단 연구

Research of condition diagnosis on Engine of Emergency Diesel Generator of Nuclear Power Plant

최광희† · 이상국* · 최유성**

Kwang-Hee Choi, Sang-Guk Lee and You-Sung Choi

1. 서 론

원자력발전소에서의 비상교류전원계통은 원자력발전소의 안전성 확보에 매우 중요한 역할을 담당한다. 그 이유는 소의 전원이 상실되는 경우 비상교류전원을 공급함으로써 원자로의 안전을 담보할 수 있는 전원이 필수적이기 때문이다. 원자력발전소 정전사고가 발생할 경우 원자로 노심 손상사고로 진전될 가능성이 크며, 발전소내 정전사고 발생가능성을 줄이는 가장 중요한 척도는 비상교류전원을 공급하는 비상디젤발전기(EDG)의 신뢰도를 높게 유지하여 항상 운전이 가능 하도록 유지 관리하여야 한다. 그러므로 비상디젤발전기에 대해서는, 상태감시, 성능진단, 고장 근본원인 치유등을 통한 철저한 유지관리를 필요로 한다. 이를 위해 미국에서는 소내정전규정(10CFR 50.65)을 법제화 하고 규제 요건인 Reg. Guide 1.155를 발행하여 소내정전의 대처 방안으로 비상디젤발전기 신뢰도 프로그램의 필요성을 제기하였다. 이후 비상디젤발전기 신뢰도 확보에 관한 기존의 규제지침인 Reg. Guide 1.9 rev.2 alc Reg. Guide 1.108 Rev.1의 내용을 반영하여 신규 규제지침인 Reg. Guide 1.9 rev.3를 발행하였다. 신규 규제지침에서는 기존의 보수적이고 엄격한 정기시험방법을 합리적인 수준으로 개선하되 비상디젤발전기의 신뢰도프로그램의 수립하여 운영하도록 하였다. 즉 시험횟수를 늘리고 시험 요건을 강화할수록 높은 신뢰도로 유지된다는 보수적이고 수동적인 개념에서 신뢰도 감시 및 성능감시를 통해 고장을 사전에 예측하고 문제가 발생할 경우 체계적인 절차에 따라 근본원인을 찾아 제거하도록 하는 보다 진보적이고 능동적인 개념으로 전환하도록 하였다. 국내 원전의 비상디젤발전기 신뢰도프로그램(Reliability Program)은 2000년대 초에 개발을 완료하여 2004년부터 대부분의

원자력발전소에 적용하기 시작하였다. 그리고 비상디젤발전기의 운전인자 감시를 온라인으로 감시하기 위한 기술을 2006년부터 2009년까지 중수로 원전을 대상으로 개발하였다. 이를 통해 160여개의 운전인자를 매 기동시마다 신속하고 편리하게 한 장소에서 즉시 확인하고 감시할 수 있도록 하였다. 비상디젤발전기의 신뢰도프로그램에서는 제작사 권고지침에 따라 비상디젤발전기를 정비하도록 하고 있다. 이는 선박을 기준으로 채택된 권고지침이 최적화 되지 않은 상태이어서 상시 운전되고 있는 선박과 달리 비상디젤발전기의 특성이 대기 상태에있는 시간이 많아 실제 운전시간이 많지 않음에도 불구하고 일정한 시점이 되면 주기적으로 분해 정비하도록 하고 있다. 이를 개선하기 위해 미국등 선진국에서는 엔진의 상태를 분석, 진단하고 필요시 정비하는 CBM(Condition Based Maintenance) 방식을 적용하여 정비를 수행하고 있다. 이를 위해서는 엔진에 대한 상태 감시 및 진단 기술이 필요하다. 이를 위해 전력연구원에서는 2009년 하반기에 비상디젤엔진을 위한 상태 진단 기술 개발에 착수하였다. 본 논문에서는 비상디젤발전기의 신뢰성 향상을 위한 기술 개발 결과와 엔진 상태 진단 연구 개발 방향에 대해 기술하고자 한다.

2. 본 론

2.1 EDG 신뢰도 프로그램 개발

신뢰도 프로그램의 구성요소는 정비 및 점검 프로그램, 성능 감시프로그램, 고장근본원인 분석, 데이터 시스템 그리고 모든 기동 및 부하 운전에 대한 신뢰도 관리 절차의 운영이다. 정비 및 점검프로그램은 신뢰도 기반 정비(Reliability Centered Maintenance) 분석 방법에 의해 정비업무 및 정비주기를 최적화하였다. 성능감시프로그램은 국제기준인 IEEE 387에서 추천한 항목들을 대상으로 추이를 감시하도록 프로그램을 개발하였다. 그리고 고장근본원인 분석은 고장발생시 이에 대한 재발을 방지하기 위한 근본원인을 분석하는 절차를 수립하였다. 이러한 구성요

† 최광희 ; 한국전력공사 전력연구원
E-mail : choikhi@kepcoco.kr
Tel : (042) 865-5498, Fax : (042) 865-5537

* 한국전력공사 전력연구원

** 한국전력공사 전력연구원

소들을 적용함으로써 정기적인 시험주기를 완화할 수 있게 되었다.

2.2 비상디젤발전기 운전인자 감시 및 진단 시스템

운전 인자 감시 및 진단 시스템은 165개의 운전인자(경보인자 81개 포함)를 온라인으로 데이터를 수집하고 감시하는 상태감시 시스템과 이 감시모듈에서 받은 운전인자를 진단하는 고장 예측 진단 시스템으로 구성되었다. 각 시스템의 화면과 구성은 Fig 1 및 2와 같다.

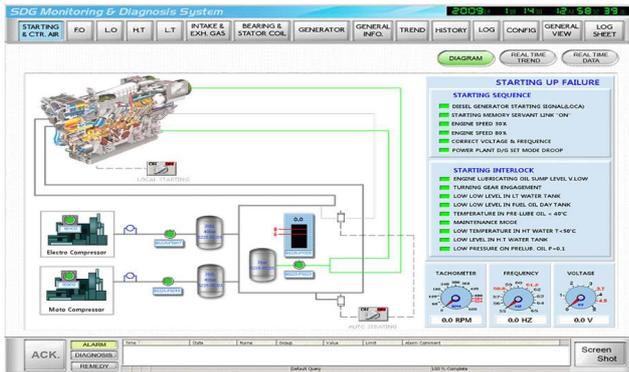
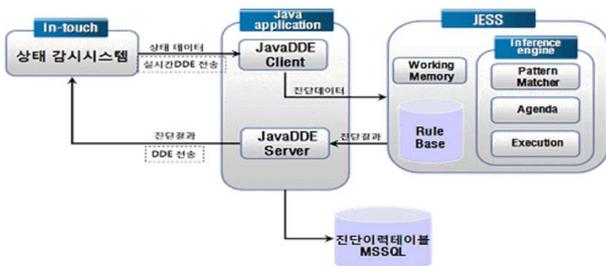


Fig 1. Condition monitoring Module

고장진단 시스템은 특정 분야에서 전문가의 업무를 지원하는 지식기반 시스템(knowledge-based system)으로 내부적으로 작업메모리, 지식베이스, 추론엔진의 세 가지 모듈로 구성되었다.

Fig 2. Structure of Diagnosis system for SDG



2.3 비상디젤발전기 엔진 상태 분석, 진단 시스템

비상디젤발전기 엔진의 정비는 보수적으로 운영되고 있는 제작사 권고지침에 따라 매주기 핵연료 재장전 주기마다 2개의 실린더를 분해하여 정비하고 있다. 그러나 대부분 실린더의 경우 특별한 문제점이 발견되지 않고 있어 이를 보다 효율적으로 정비하는 것이 합리적이며 엔진 상태에 기준한 예측정비가 바람직하다. 이를 위해서는 엔진 폭발압력을 비롯한 내부 압력 곡선을 크랭크 각도, 배기가스 온도등과 연계한 엔진 성능 및 상태 분석, 그리고 흡기 및 배기밸브의 개폐

시점이 정확한지를 파악할 수 있어야 한다. 그리고 엔진과 베어링의 마모 상태를 윤활유 분석을 통해 분석, 평가하기 위한 시스템을 개발하고 있다.

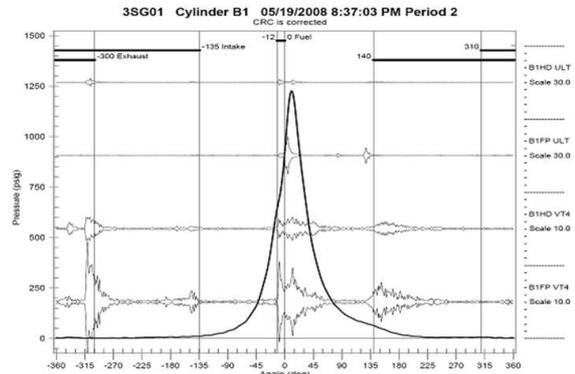


Fig 3. Conditional signature of Diesel engine

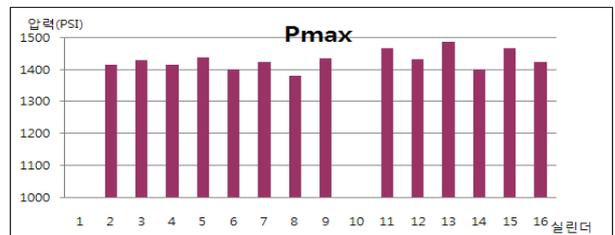


Fig 4. Maximum Pressure of each Cylinder

4. 결 론

비상디젤발전기의 신뢰도를 유지, 향상시키기 위한 기술 개발이 지속적으로 이루어져 왔다. 비상디젤발전기의 신뢰도는 기본적으로 발전소 현장에서 시험 및 정비를 철저히 수행함으로써 이루어진다. 여기에 국제적 기준인 신뢰도 프로그램의 적용과 비상디젤발전기의 운전인자 감시 및 진단 기술을 통하여 보다 효과적으로 비상디젤발전기의 신뢰성을 향상에 기여하고 있다. 앞으로 비상디젤발전기의 중요부품인 엔진의 상태를 분석, 진단하는 기술을 개발함으로써 비상디젤발전기의 상태 기반 정비(Conditional Based Maintenance)의 토대를 마련하고 이를 통해 원전의 경제성 및 안전성 제고에 기여할 것으로 기대한다.

후 기

본 기술 개발은 한국수력원자력(주)의 협약과제로 수행하고 있으며 발전소 현장의 시험에 협력해 주시는 관련 직원 분들께 감사를 드립니다.