한국소음진동공학회 2011년 춘계학술대회논문집, pp.716~718

디젤발전기 엔진 상태 시험 데이타의 유효성 분석

Analysis of availability on conditional data of Engine of Diesel Generator

최광희† · 이상국* · 최유성**
Kwang-Hee Choi, Sang-Guk Lee and You-Sung Choi

1. 서 론

디젤발전기는 첨두부하에 속응하기 위한 발전기로 사용되며 소규모의 전원이 필요한 도서 지역에서는 상시 전원공급용으로 위한 용도로 사용된다. 반면에 원자력발전소에서는 노심의 안전성을 지키는 매우 중요한 역할을 담당하고 있다. 이를 위해 디젤발전기는 신뢰성능 높게 유지하도록 규제요건이 마련되어 있다. 디젤발전기에서 중요한 역할을 담당하고 있는 엔진의 상태를 주기적으로 감시하고 평가하기 위한 엔진 상태 신호 분석 기술이 필요하다. 엔진 상태 신호 분석에는 연소 분석과 진동 및 초음파 분석기술이 중요한 비중을 차지한다. 연소 분석은 디젤 엔진의 개별 실린더에 대한 연소 성능에 대한 정보를 제공한다. 진동 및 초음파 분석은 이벤트 타이밍과 기계적 상태에 대한 정보를 알려준다. 이들 신호는 정상적인 부하로 운전하는 디젤엔진의 가동에 영향을 미치지 않고 수집할 수 있다. 엔진 상태 신호 분석을 이용하는 주요 동기는 전통적으로 장비 제작자의 권고에 따라 수행되는 분해-검사 유지 보수 프로그램을 일부 대체하고 예측정비를 통해 신뢰도를 유지하기 위함이다. 엔진 신호 분석을 많이 사용하는 상태-기반의 유지관리 프로그램은 디젤 엔진의 신뢰도와 가용성을 증가시켰다. 엔진 요소의 문제점을 고장이 발생하기 전에 감지하면 신뢰도는 그만큼 향상된다. 또한, 분해 및 재-조립 시의 에러가 줄어들게 되어 결과적으로 직관적인 검사와 구성부품의 교체가 더 적어지는 것도 신뢰도 증가의 요인이 된다. 그리고, 유지 보수가 필요한 엔진 정지 시간이 줄어들게 되어 가용성이 향상된다. 본 논문에서는 엔진의 상태를 감시하고 평가하기 위해 측정한 엔진 상태 데이터의 유효성을 분석하고 측정값의 신뢰성을 향상시키기 위해 적용해온 방안을 기술하였다.

† 최광희 ; 한국전력공사 전력연구원
E-mail : choikhi@kepco.co.kr
Tel : (042) 865-5498, Fax : (042) 865-5412
* 한국전력공사 전력연구원
** 한국전력공사 전력연구원

2. 본 론

2.1 엔진 상태 신호

엔진 상태 진단 시험은 현재 Dynalco사 제품의 RT-9260장비와 전력연구원에서 개발한 DCDS 시스템을 보완적으로 사용하고 있다. 이 시험에서 취득한 데이터의 신뢰도를 확인하기 위하여 시험시 발전기 출력의 안정성과 실린더 연소압력의 측정방식에 따른 압력 편차 그리고 초음파 신호의 신뢰성을 분석하여 데이터의 유효성이 있는지 분석하고자 하였다.

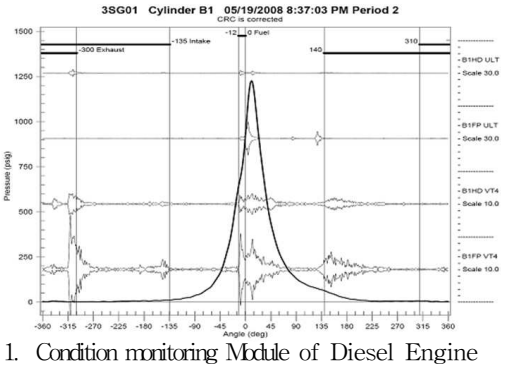

Fig 1. Condition monitoring Module of Diesel Engine

2.2 주요 측정 인자

2.2.1 실린더 압력

실린더 폭발압력의 측정은 실린더 헤드에 연결된 배관을 통해 압력센서를 이용하여 이루어

진다. 이 때 축에 부착한 반사테이프에서의 신호를 기준으로 크랭크축의 회전속도를 계산하여 일정한 각도로 압력을 측정한다. 4행정 기관의 경우 완전한 1 사이클인 2회전에서 720개의 데이터를 취득하고 있다. 데이터 측정 시험을 통해 매 실린더마다 100사이클의 최대 실린더 연소압력(PFP : Peak Firing Pressure)를 측정한다. 이 측정된 PFP 값의 변화량을 파악하기 위하여 다음과 같이 개별 실린더에서 표준편차를 구하고 실린더별 비교를 하였다. 시험은 개별 실린더마다 순차적으로 측정하는 RT9260 측정장비와 뱅크별 8개 실린더를 동시에 측정하는 DCDS 시스템을 병행하여 측정하여 비교하였다.

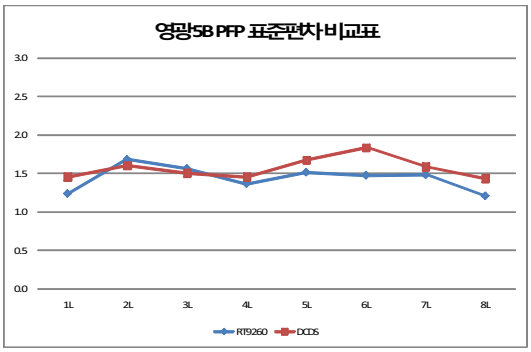

Fig 2. Standard deviation of Peak Firing Pressure

100 사이클의 편차에서는 동시에 측정한 DCDS 시스템 값이 0.1%차이로 미미한 차이로 나타났다. 반면에 실린더간 Spread 값은 RT9260에서는 35%, DCDS 시스템에서는 26%로 나타나 동시에 측정한 경우가 실린더간 편차는 줄어든 것으로 나타났다.

2.2.2 진동 및 초음파

진동 및 초음파는 기본적으로 측정 목적이 같다. 다만 각각 진동 및 초음파 센서를 사용하고, 데이터 처리과정에서 관심주파수대가 서로 다를 뿐이다. 그 측정 목적은 엔진에서 기계적 결함에 의한 충격이 발생하거나, 누설이 있을 경우 발생하는 충격파를 엔진 몸체에서 상기 센서를 통해 감지함으로써, 결함의 종류 및 정도를 파악하는 것에 있다. 이 자료 또한 폭발압력 데이터와 마찬가지로 축 위치 정보와 동조시켜 그 실린더에서 피스톤이 어 떤 위치, 어느 행정 상태에서 이런 신호를 발생시키는지 알 수 있도록 했다. 다음은 DCDS에서 측정한 초음파 신호에 의해 배기밸브의 닫힘위치를 측정한 결과를 실린더별 비교한 결과이다. 담힘 위치의 설계값은 상사점후 50° 즉 Fig 1에서 -310°로 표현된다. 허용한계는 ± 10°에서 대체적으로 만족한 결과를 얻을 수 있었다.

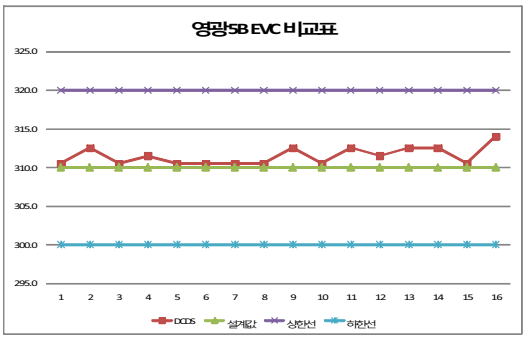

Fig 3. Comparison of Exhaust Valve Closure

2.2.3 디젤발전기 시험 출력의 안정성 분석

엔진 상태 신호의 측정시험시 각 실린더의 데이터가 디젤발전기의 출력 상태에 따라 측정값이 영향을 받는다.

1) Governor Free 상태에서의 전력변화량 관찰

디젤발전기가 계통의 전압, 주파수에 영향을 받아 출력이 자동으로 변화하는 Governor Free 상태에서 시험하는 경우에 대하여 출력변화 정도를 측정하였다. 각각의 실린더에서 측정한 실린더 압력데이터의 데이터 신뢰성을 확인하기 위하여 디젤발전기 출력단에서 측정한 전력량 데이터(1초 단위 샘플링)와 폭발압력 데이터의 상관성을 분석하였다.

Table 1 Variation of Electrical output of diesel generator

구 분	1A		1B		2A		2B	
	1시간	20초	1시간	20초	25분	20초	25분	20초
Max-Min 편차 (%)	5.96	1.77	5.97	1.49	6.23	1.84	4.36	2.01
표준편차(σ) (%)	0.83	0.47	0.78	0.37	1.25	0.49	0.67	0.55

2) Governor Load Limit 적용시 출력변화 분석

K원전에서 측정한 결과는 다음과 같다.

○ Governor Free : (최대출력-최소출력)/정격출력 = 5.8%

○ Governor Load Limit : (최대출력-최소출력)/정격출력 = 3.1%

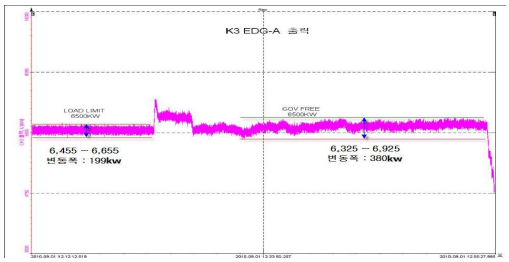

Fig. 4 Comparison of electrical output variation on governor load limit and free condition

3. 결 론

비상디젤발전기의 높은 신뢰도를 유지하기 위한 정비방법으로 상태기반 정비(CBM : Condition Based Maintenance) 방법을 적용하는 것이 세계적 추세이다. 이를 위해 엔진의 상태 신호를 측정, 분석하므로써 엔진 상태가 건전한지를 점검할 필요가 있다. 이와 관련하여 측정데이터의 유효성을 확인하고 신뢰성을 제고하기 위한 노력이 산업체에서 수행되고 있다.

본 논문에서는 다음과 같은 결과를 얻었다.

○ 실린더 연소압력의 측정방법을 통해 순차별 측정하는 방법과 동시에 측정하는 방법에 대해 분석한 결과 개별 실린더에서는 차이가 미미하였으나, 실린더 별 비교에서는 동시에 측정하는 것이 편차를 줄이는데 효과가 있는 것으로 나타났다.

○ 배기밸브의 닫힘을 감지하는 초음파 측정데이터를 측정하여 분석한 결과 측정값이 담힘 설계값(310°)의 허용수준(± 10°) 이내로 나타나 만족한 결과를 얻었다.

○ 시험출력은 전력계통에 영향을 받지 않고 안정된 시험 출력을 유지하는 방법인 Load Limit 방법을 적용하여 측정하는 것이 측정데이타의 변화 범위를 약 5.5%에서 3.1%로 상당수준 안정화 시킬 수 있는 것으로 나타났다.

후 기

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