

직렬형 하이브리드시스템의 AE 신호 측정 및 분석 AE Signal Analysis of Series Hybrid System in Bimodal Tram

*#이강원¹, 문경호², 목재균²

*#K. W. Lee(wklee@krii.re.kr)¹, #K. H. Moon¹, J. K. Mok¹

¹한국철도기술연구원

Key words : Acoustic emission, Bimodal Tram, Hybrid

1. 서론

바이모달 트램은 직렬형 하이브리드시스템을 적용한 친환경 신개념의 대중교통수단으로 교통약자와 일반인 모두가 편리하게 이용할 수 있고 기존 버스보다 수송량이 크고 경전철등의 궤도차량에 비해 초기투자비용이 저렴한 장점을 가지고 있다. 직렬형 하이브리드시스템은 바이모달 트램이 기존 철도차량과 달리 가선으로부터 전원을 공급받지 않고 차량내에서 독립적으로 전원을 발생시켜 차량운행을 가능하도록 해주는 매우 중요한 시스템으로 시스템상 문제가 발생하는 경우에는 차량의 운행이 불가능해지므로 승객을 불편하게 하고 더 나아가 승객의 안전을 해칠 수 있으며 운영자에게 경제적으로 상당한 손실을 줄 수 있다. 직렬형 하이브리드시스템은 엔진과 발전기가 결합된 형태로서 엔진 또는 발전기 어느하나에 문제가 발생하게 되면 시스템은 정지하게 된다. 엔진 또는 발전기 각각은 각 제작사에 의해 엄격한 제작공정관리 및 검사과정에 의해 보장된 내구연한을 가지게 되지만 직렬형 하이브리드시스템과 같이 엔진과 발전기가 결합된 환경에서는 제작기 보장된 내구연한이 보장된다고 보기는 어렵다. 그러므로 엔진과 발전기가 결합된 환경에서 엔진 또는 발전기가 기계적으로 또는 전기적으로 파손되어 더 이상 본래의 성능을 보여주지 못하는 단계에 이르기 전에 엔진 또는 발전기로부터 발생하는 물리적인 또는 전기적인 이상신호에 의한 예방적 차원의 조치가 취해지는 것이 더 큰 사고로 파급되는 것을 방지하기 위해 필요하다. 본 논문에서는 엔진에 직결된 발전기의 전기적 이상신호와 다른

부위에서 측정된 AE신호에 대한 분석기준점을 제공하고자 우선 엔진으로부터 발생하는 AE (Acoustic Emission)신호를 측정하여 측정된 AE신호의 주기성을 살펴보았다.

2. 본론

208마력(2400rpm)의 Cummins사 CNG엔진과 kirsch사 140kW급 발전기(6극, 2500rpm/250Hz)가 결합되어 직렬형 하이브리드시스템으로 사용되었다. 측정을 위하여 사용된 AE센서는 PAC사의 광대역 AE센서를 사용하였고 PAC사에서 제공된 증폭기를 통하여 신호를 증폭한 후 오실로스코프를 통해 신호를 확인하였고 저장된 파형을 분석하였다. 그림 1은 엔진측의 실린더헤드 부근에 부착하여 측정된 AE신호(중)와 발전기에서 출력된 전압(상)과 전류(하)를 측정한 신호를 보여준다. 초기 엔진이 기동할 때 급격한 진동에 의해 AE신호가 크게 측정되었고 이후 엔진이 아이들속도에서 상승하여 2400rpm에 도달할 때까지는 AE신호의 크기가 증가한 후 엔진이 2400rpm에 도달한 후에는 일정한 크기가 유지됨을 확인할 수 있었다.

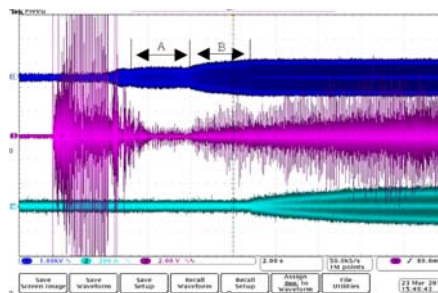


그림 1. 발전기의 출력전압(상)과 전류(하) 및 엔진의 AE신호

그림 2는 엔진의 실린더블록부위에서 측정된 AE파형(위)과 크랭크축 부위에서 측정된 AE파형(아래)을 나타내고 있다. 실린더블록부위에서 측정된 파형의 크기는 크랭크축 부위에서 측정된 파형의 크기에 비해 약 5배정도 크다. 이것은 엔진에서 측정되는 AE파형의 대부분은 엔진실린더블록에서 폭발시 발생하는 충격파형에 의한 것임을 보여준다.

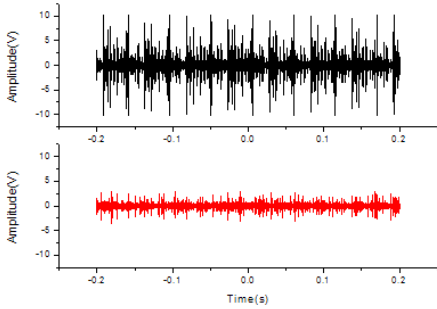


그림 2. 위: 엔진실린더블록, 아래:크랭크

엔진실린더에서의 폭발은 주기성을 가지며 이후 다른 부위에서 측정되는 AE신호의 기준점이 될 수 있다. 측정된 AE파형의 주기성을 살펴보기 위하여 발전기에서 출력되는 전압파형과 엔진실린더블록 부위에서 측정된 AE파형을 비교하였다.(그림3) 엔진은 2400rpm으로 회전할 때 발전기는 240Hz의 교류전압을 출력한다. 즉 엔진 4행정(2회전)시 발전기의 출력전압은 12cycle 진동한다.

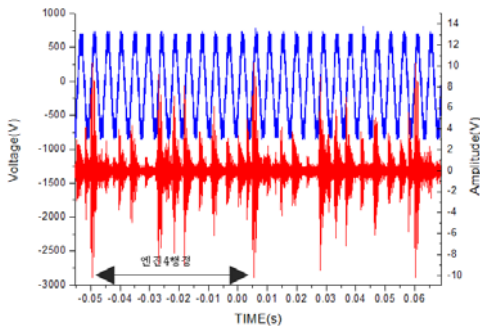


그림 3. 발전기 출력전압과 엔진 AE파형 비교

그림 4는 앞서 살펴본 엔진실린더블록에서 측정된 AE파형에 대해 주기성을 보다 명확히 확인하기 위하여 자기상관성(Autocorrelation)을 살펴본 결과를 보여준다. 그림에서 피크치간 간격은 13,000샘플 수로서 측정 샘플링주기가 4×10^{-7} 이므로 약 0.05[s]

가 되어 그림에서 살펴본 파형속의 엔진 4행정의 주기와 동일함을 확인할 수 있다.

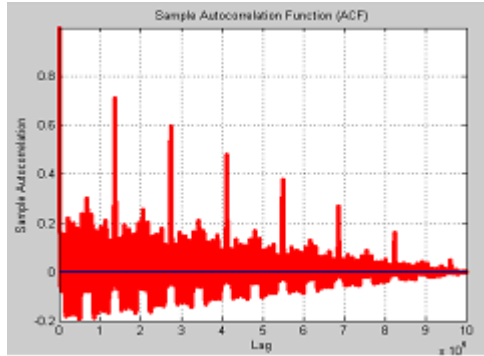


그림 4. 엔진 AE파형의 자기상관성

3. 결론

직렬형 하이브리드시스템에 대한 예방적 진단을 위한 기준점을 제시하기 위하여 우선 엔진의 AE신호를 측정하고 분석하였다. 분석된 AE파형은 엔진회전에 따라 주기성을 나타내었고 이는 발전기 출력전압파형과 비교 확인되었다. 본 논문에서 살펴본 엔진에 대한 AE신호의 주기성은 앞으로 직렬형 하이브리드시스템에 대해 측정되는 AE신호들을 분석하는 데 있는 많은 도움이 될 것으로 보인다.

후기

본 논문은 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행하는 2010년도 교통체계효율화 사업의 지원으로 이루어 졌음에 감사드립니다.

참고문헌

- 음향방출 계측공학(사)일본비파괴검사협회, 경제운-이한승-태성호-정현성 역(구미서관) 2005.
- R. B. Randall, B. Tech, "Frequency Analysis", 1987.