

고속철도 감속기의 온도 모니터링을 위한 진단 기법 Diagnosis Methods for Temperature Monitoring of Reduction Gear Boxes in the High-Speed Railway

*황지성¹, #권석진¹, 이동형¹

*J. S. Hwang¹, #S. J. Kwon(sjkwon@krri.re.kr)¹, D.H.Lee¹

¹한국철도기술연구원 고속철도인터페이스연구실

Key words : Reduction gear; High-speed railway; Temperature; Diagnosis

1. 서론

현대의 철도산업이 안전하고 편리한 교통수단으로 관심을 모으면서 고속 철도의 서비스 수혜지역이 대폭 확대되고 있다. 철도 차량의 고속화와 서비스 지역의 확대라는 철도 산업의 발전은 시간적, 경제적 효과뿐만 아니라 주변지역의 경제를 활성화하는 등의 이점을 가지고 있다. 반면에 고속철도 신선 건설에 소요되는 기간과 막대한 비용문제 때문에 고속선로 보다는 기존선로를 활용하는 비율이 높아졌고, 고속선로에 비해 기존선로의 큰 최소 곡선반경의 차이와 25m간격으로 부설된 이음매구간은 고속선로 주행을 목적으로 설계된 고속철도의 감속기에 예기치 않은 문제점들을 야기한다. 이러한 영향에 기인하여 감속기의 충격하중 및 반복적인 피로는 장기간에 걸쳐서 제조공정시의 이물질 혼입, 조립불량 등의 문제와 복합적으로 기어, 베어링, 기어박스 등과 같은 감속기의 부품에 경년열화 및 마모나 미세균열 등의 원인이 된다. 이로 인한 감속기의 고장은 차량 운행 정지나 지연을 야기한다[1]. 최경진 등[2]은 고속철도 운행에 적합한 감속기 개발에 필요한 시험·성능평가 기술을 연구 하였고, 정도원 등[1]은 RAMS분석을 통해 감속기의 유지보수 업무와 TBO 주기 및 예방정비 업무의 효율성을 연구하였다. 김연수 등[3]은 감속기어 장치의 무부하 조건에서 윤활유와 온도, 진동 및 소음 등의 측정을 통해 성능평가 하였다. 그러나 실제 차량 운행 시에는 감속기의 이상 여부를 확인할 수 있는 장치나 연구는 부족한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 실제 감속기에 배치된 센서들을 통해 차량 운행 시 발생할 수 있는 감속기의 이상 여부를 운전실에 보고할 수 있는 이상 검출 기법을 제안하고자 한다.

2. 이상 발열 감지 기법

KTX와 같이 고속 고하중의 고속철도차량의 감속기의 기어와 케이스 같은 응력 집중부분과 베어링과 같은 직접 마찰부분에서 특히 급격한 온도변화를 나타내고, 운전 속도와 윤활유 특성에 의존도가 매우 높다. Fig. 1과 같이 1, 2차의 감속기의 온도 측정 위치를 선정하였다.

1) 자가 진단

철도차량에 배치된 센서나 전송 수단의 이상을 감지하여 System 및 사용자에게 차량의 정비가 필요함을 알리는 기법이다. 감속기의 고장이 아닌 센서 혹은 전기적인 부분의 고장을 말하며 크게 단선, 단락, 누전으로 나눌 수 있다. 단선은 시스템의 입력부터 출력까지의 폐루프 회로구간 중에서 임의 구간에서 도선이 끊어지며 오픈회로($\infty\Omega$)를 이루는 것으로 센서의 출력전압이 기준 전압(임계전압)이하 경우 단선으로 판단한다. 단락은 폐루프의 회로 구간 중에서 임의 구간에서 도선이 연결되어 쇼트회로(0Ω)를 이루는 것으로 센서의 출력전압이 기준 전압

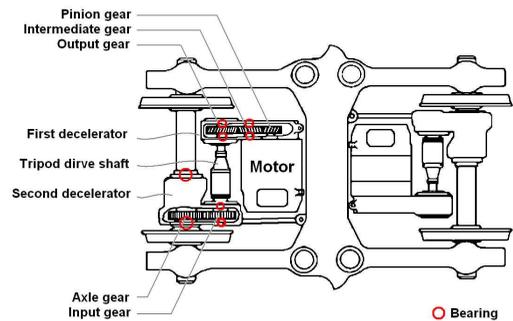


Fig. 1 Location of temperature sensor in a decelerator

(임계전압)이상 경우 단락으로 판단한다. 누전은 전류가 흘러야할 정상적인 도선에서 새어나와 전기가 흐를 수 있는 감속기나 차체 등으로 흘러가는 것으로 입-출력 도선의 전류차이가 기준 전류(임계전류, 30mA) 이상이면 누전으로 판단한다.

센서와의 연결 상태에는 이상이 없지만 센서의 출력 신호의 움직임이 둔화되거나 정상 범위 내에서 일정 값으로 고정되어 나오는 경우, 2set의 감속기의 동일 위치에 센서를 배치하고 두 센서의 신호 변화를 비교한다. 출력 전압의 변화 수준이 임계값이상을 진단하여 판별한다.

2) 제한온도 모니터링

부하 상태에서 철도차량의 감속기의 시험 기준에서는 회전 시험 시 1차 감속기의 경우 주위 온도 (T_a, ambient temperature)+95℃ 이하, 2차 감속기의 경우 주위 온도(T_a)+90℃ 이하로 규정된다. 각 베어링 커버에서 측정된 온도(T_m, measured temperature)가 기준을 초과하는 경우 감속기의 기능 이상이 있는 것으로 판단한다.

$$T_m > \text{기준온도}(^{\circ}\text{C})$$

3) 시작 운행 모니터링

일정시간 이상의 정지 후 운행을 시작하기 전까지는 감속기가 동작하지 않으므로 베어링 케이스 부분에서의 온도 변화는 일어나지 않으며, 차량 상태와 환경적 영향에 따라 감속기의 온도는 주위온도와 비슷하게 된다. 이러한 소킹(T_s, soaking temperature) 상태에서 일정 속도 이하로 운행 시 임계온도보다 크게 변화할 때까지 소요된 시간(f(t))으로 이상 여부를 판단한다. 즉, 첫운행을 위해 정비고에서 출발역으로 이동(약 40km/h이하)시 현재의 온도(T_p, present temperature)가 임계 온도값 보다 크게 변화할 때까지 소요된 시간을 측정하여 일정 시간 안에 온도 변화가 없을 경우 센서의 기능 이상을 나타낸다.

$$f(t) = |T_p - T_{s(0)}| < \text{임계 온도}(^{\circ}\text{C})$$

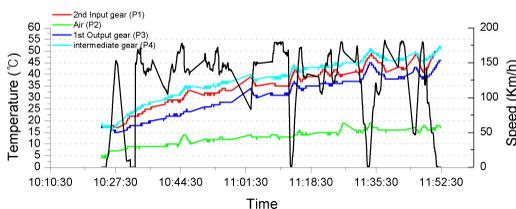


Fig. 2 The changes of temperature in the bearing covers.

4) 변화량 모니터링

Fig. 2는 속도(V) 변화에 따른 베어링 케이스 주변의 온도변화를 나타낸다. 베어링 케이스 주변 온도를 운전 속도에 따라 미분하고 기준값과 비교하여 기준값보다 크게 변화하면 기능 이상 있는 것으로 판단한다. 차량의 속도 변화 간격(Δs)는 계절적 영향과 주변 환경을 고려하여 선정하고, 측정 간격(Δx)은 베어링 케이스 주변 온도의 변화량을 고려하여 선정한다.

$$|T_p - T_{(p-\Delta x)}| / |V_p - V_{(p-\Delta s)}| > \text{기준값}$$

3. 결론

본 연구는 운행 중인 철도차량의 감속기의 온도 변화를 실시간으로 모니터링하고 이상발열이 발생하였을 경우 이를 감지하는 방법을 제안하였다. 제안된 감지 기법들을 통해 감속기의 온도 변화를 분석함으로써 기능 이상 여부를 판단할 수 있으며, 3일 주기로 실시되는 일상정비(ES)와 3년 주기로 실시되는 완전분해점검(TBO)시 유지보수의 효율성을 제공할 수 있을 것이다. 향후 확대 도입 될 고속차량의 안전성 확보 및 유지보수의 효율성을 위해 감속기의 지속적인 온도 데이터 축적과 체계적인 검증시험을 통해 제안된 감지기법을 개선할 필요가 있다고 판단되며, 소음, 진동, 온도, 윤활유의 성분변화 및 누유 여부 등의 데이터 수집을 통해 보다 정확한 감속기의 이상 여부를 예측할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 정도원, 이영엽, 김은실, "KTX 감속기 유지보수 정책에 대한 고찰," 한국철도학회 2009년도 춘계학술대회, 1191-1197, 2009.
2. 최경진, 이동형, 서정원, 강부병, "대차용 감속기 동장치 시험·평가 기술 개발," 한국 DTS(주) 위탁연구 보고서, 2000.
3. 김연수, 목재균, 장세기, 홍용기, 김용기, 김진완, 김태형, "바이모달 트램용 감속기어장치의 무부하 성능평가," 한국철도학회 2008년도 춘계학술대회, 584-589, 2008.