

센서를 이용한 MJ81 전기선로전환기 전환력 측정

이종현*, 김용규**, 박재영*
 우송대학교*, 한국철도기술연구원**

Switching power measurement of MJ81 electrical point machine using sensor

LEE Jong-Hyun*, KIM Yong-Kyu**
 Woosong University*, Korea Railroad Research Institute

Abstract - 분기기는 선로가 분기되거나 또는 교차하는 지점에 설치되어 열차의 이동 방향을 안전하게 변경하는 역할을 한다. 그러나, 운영 노선 및 동작 환경에 따라 비정상적인 힘이 분기기에 발생할 경우, 정확한 진단 및 검측을 실시할 수 없는 단점이 있다. 본 논문은 국내에서 사용중인 MJ81 전기선로전환기의 전환기능과 쇄정기능의 특성 분석을 통해 기존에 사용된 분기기 전환력 측정의 문제점을 제시한 후, 이를 해결하기 위한 센서 활용 분기기 전환력 측정 방법을 제시한다.

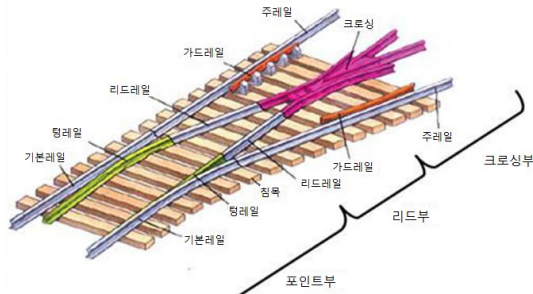
1. 서 론

분기기는 선로가 분기되거나 또는 교차하는 지점에 설치되어 열차의 이동 방향을 안전하게 변경하는 역할을 한다[1]. 이러한 분기기를 전환하기 위한 동력을 제공하는 장치를 선로전환기라 하며, 관련 설비는 제공된 동력원에 따라 크게 전기식과 유압식으로 구분된다[2],[3]. 국내의 경우에는 분기기의 종류에 따라 다양한 형태의 선로전환기가 사용중이며[4], 이는 고속선의 건설 이전에 주로 사용된 일반철도와 도시철도의 NS, 및 NS-AM 전기선로전환기와 경부고속선 서울-동대구 구간에서 사용된 MJ81 전기선로전환기, 그리고 경부고속선 동대구-부산 구간에서 사용된 Hydrostar 유압식 선로전환기로 구분된다[5],[6]. 분기기의 안전한 동작을 위해서는 분기기의 핵심 기능인 밀착기능과 쇄정기능이 충분히 보장되어야 하며, 분기기에 비정상적인 힘이 발생하는 경우에는 정확한 데이터를 축적할 필요가 있지만, 현재의 분기기 전환력 측정 장치의 대부분은 주어진 선로전환기에 따라 특성화된 국외 수입에 의존하는 장치로 공급사에 의해 제공된다[7]. 본 논문에서는 경부고속선에서 주로 사용하는 MJ81 전기선로전환기의 전환기능과 쇄정기능의 특성 분석을 통해 기존의 전환력 측정의 문제점을 제시한 후, 센서를 활용한 전환력 측정 가능성 제시 및 향후 모든 분기기에 공통으로 적용 가능한 센서 활용 전환력 측정 방법에 대해 언급한다[8],[9].

2. 분기기 및 전기선로전환기

2.1 분기기 구조

분기기는 침단(Point)부와 리드(Lead)부, 크로싱(Crossing)부로 구성된다. 선로가 분기된 지점에 설치한 장치를 침단부, 궤도가 완전히 분리되는 개소에 설치한 장치를 크로싱부라 하며, 포인트부와 크로싱부를 연결한 부분을 리드부라 한다[1]



<그림 1> 분기기 구조

텡레일 침단에는 좌우 양레일을 유지하고 전환장치를 취부하기 위한 전철간이 사용되며, 기본레일과 텡레일 하부에는 텡레일의 전환을 원활히 하기 위한 상판, 횡압에 의한 기본레일의 이동방지를 위한 버팀쇠, 기본레일과 일정한간격을 유지하기 위한 멈춤쇠(stud) 등이 사용된다. 여기서 쇄정장치는 차량이 통과할 때, 분기기를 한 쪽 방향으로 고정시켜 분기기의 유동을 방지하는 역할을 하며, 텡레일과 기본레일간의 이격을 감지

하여 열차운행의 안전을 도모하기 위해 밀착검지기가 사용된다[4]. 리드부는 침단부 후단에서 크로싱부 전단까지 차량을 유도하는 부분으로, 침단부를 통과한 차량의 진행방향을 크로싱부의 방향으로 전환시켜야 하며, 주로 텡레일과 크로싱부의 연결을 목적으로 사용된다. 크로싱 부는 진로와 진로가 교차하는 부분으로 “V”자형의 노스레일과 “X”자형의 텡레일로 구성되며, 노스고정형과 노스가동형으로 분류된다. 노스고정형은 크로싱부의 각부가 고정되어 차량의 진행 방향에 관계없이 결선부(Gap of gauge line)를 통과해야 한다. 그러나, 노스가동형은 노스의 일부를 좌우로 이동할 수 있는 구조로, 노스의 침단부가 양측 텡레일 측면에 밀착하여 결선부를 차량의 진행방향에 따라 방향 전환을 한다.

2.2 선로전환기 구조

선로전환기는 텡레일 및 가동노즈를 전환시키기 위한 전환력을 공급하는 장치로, 전기식, 유압식, 공압식이 있다. 국내에서는 주로 전기식과 유압식이 사용중이며, 도시철도, 일반철도에서는 NS 및 NS-AM 전기선로전환기가, 그리고 경부고속선에서는 MJ81 전기선로전환기가 사용되고 있다.

<표 1> 전기선로전환기의 특성

구분	NS	NS-AM	MJ81	TS	참목형
개발	1964	1990	1981	1967	1990
사용 전원	AC105/220V	AC105/AC220V	AC220V/AC380V	AC105 단상	AC220V/AC380V
동작전류	8.5A	8.5A	4A/220V 1.5A/380V	12A	2.5A
전환력	300kg	400kg	200~400kg	600~1000kg	200~1,000kg
전환시간	6초	5초	5초	8초	4.4~5.5초
클러치	마찰	전자	마찰	전자	전자
분기기	F8~F15	F8~F15	F18~F65	F12~F18	-
쇄정	간접	간접	직접	직접	직접

3. MJ81 전기선로전환기

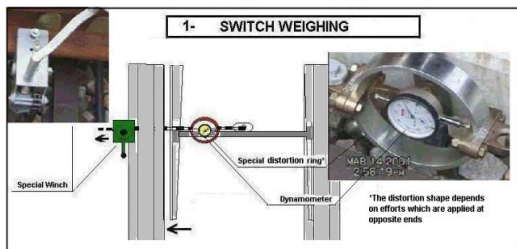
3.1 전환기능 및 쇄정기능

MJ81 전기선로전환기의 전환은 전동기의 회전력을 전동기 → 마찰클러치 → 4단계의 감속기어로 전달하여 전동기의 회전력 감속 후, 크라운기어와 로킹포크를 통하여 동작간을 쇄정하고 로킹포크 축인 컨트롤 샤프트가 회전하게 되면 컨트롤샤프트에 부착된 컨트롤암의 움직임으로 동작간(제어봉)이 좌우로 움직이는 구조로 구성된다. 쇄정기능은 레일침단에 부착된 잠금장치(Vcc, 밀착쇄정기)에 의하여 기본레일과 텡레일을 직접 쇄정한다. 밀착쇄정기는 침단부 좌, 우측에 각각 설치되어 있으며, 텡레일의 좌우 전환에 따라 텡레일을 기본레일에 쇄정시키고, 텡레일의 밀착여부를 감지 접점을 통하여 확인하도록 구성된다. 쇄정클램프의 풀림 및 잠금 작용은 3단계로 실현된다. 1단계로 동작간의 움직임에 따라 좌측과 우측의 쇄정클램프가 회전하면서 해제되고, 2단계로 지속적인 동작간의 움직임으로 텡레일의 이동이 시작된다. 그리고 마지막 3단계는 우측 텡레일이 기본레일에 밀착되면서 양측 쇄정 클램프는 각각 쇄정작용을 완료하고 동작간의 이동이 정지된다. 이처럼 MJ81형 전기 선로전환기의 쇄정장치는 동작간의 힘에 의하여 텡레일이 기본레일에 밀착된 후 양측 텡레일에 붙어있는 “C” 형의 쇄정클램프가 회전하면서 기본레일과 텡레일을 고정한다. 텡레일이 밀착된 쪽의 쇄정클램프는 텡레일을 닫힌 상태로 쇄정하고 다른 쪽의 쇄정클램프는 텡레일이 열린 상태로 각각 쇄정 하는 방식으로 상호 보완된다. 또한 쇄정클램프의 잠금 상태

를 유지하고 진동으로 인한 풀림 작용을 방지하기 위하여 안정기 (Stabilizer)를 사용하여 연결간 절손 등의 결손으로 인한 안전측 동작 (Fail-safe)을 강제적으로 구현한다.

3.2 전환력 측정

MJ81형 분기기의 경우에는 NS 및 NS-AM형 분기기에서 규정한 밀착력은 물론 기계적, 전기적 조정을 실행한 후, 반드시 분기기의 좌측에서 우측으로 또는 우측에서 좌측으로 주어지는 텡레일의 전환에 따른 분기기의 전환력 측정을 실행한다. MJ81형 분기기의 전환력 측정 방법은 NS 및 NS-AM형 분기기와 유사한 아날로그 측정 방법을 사용한다. 그러나, MJ81형 분기기의 아날로그 측정 방법은 NS 및 NS-AM형 분기기와 유사 하지만 실제 전환을 하는 텡레일이 움직이는데 걸리는 힘을 측정할 수 있다는 것이 다르게 주어진다. 전환력 측정에 사용되는 원치를 기본레일에 걸고 원치와 측정 게이지를 연결하여 전환에 사용되는 힘을 눈금으로 확인한다. 이러한 측정 방법은 노스가동 분기기의 기계적, 전기적 조정이 종결된 후에 시행하며 관련 전환력은 SNCF에서 규정된 350kgf를 초과할 수 없다. 그러나, 이러한 방식은 단지 동작간의 형태에 의해 측정 실비가 제작됨에 따라 첨단부에서의 전환력만을 측정할 수 있고, 크로스부의 전환력 측정이 불가능한 단점을 갖는다.



〈그림 2〉 MJ81 전환력 측정 방법

4. 센서를 이용한 전환력 측정

4.1 센서 설치 및 활용 방법

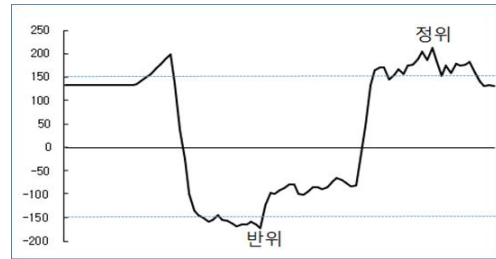
일반적인 분기기의 전환력 측정이 분기기에 인가되는 예상치 못한 비정상적인 힘에 대한 정확한 정보를 확인하지 못하는 가장 기본적인 문제점에 중점을 두고, MJ81형 분기기 및 NS형 분기기에서 사용하는 전환력 측정방법의 문제점과 주변 설비와의 상관 관계 분석을 통해 MJ81 유형의 분기기에서 기계적, 전기적 조정이 종료된 후 실시하는 아날로그 측정방법에 의한 전환력 측정을 센서로 대체하여 전환력을 측정하는 방안을 제시한다. 즉 MJ81형 분기기의 컨트롤 샤프트와 동작간을 연결하는 조핀에 부하를 검출하는 센서 로드셀(load cell)을 설치하여 전환력이 전달되는 방향의 힘을 측정한다. 이러한 센서에 의한 분기기 전환력 측정은 다음과 같은 방식으로 실행한다.

- 통신 커넥터를 측정장비와 노트북의 시리얼 포트에 연결한다.
- 분기기 잠금열쇠 보관함에서 전기선로전환기 쇄정기를 인출하여 선로전환기를 수동 위치로 변경한 후, 전기선로전환기 손잡이를 수직으로 맞춘다.
- 선로전환기 컨트롤암의 조핀을 제거하고 측정용 센서 로드셀(load cell)을 삽입한 후 다른 쪽 케이블은 측정 장비에 연결한다.
- 수직상대인 전기선로전환기 손잡이를 원위치로 전환한다. 관련 데이터는 자동으로 노트북에 저장된다.
- 전환력 측정이 완료된 후에는 반드시 수동 상태인 전기선로전환기를 자동모드로 전환 시킨 후, 안전을 위해 분기기 잠금열쇠 보관함에 전기선로전환기 쇄정기를 원위치 시킨다.

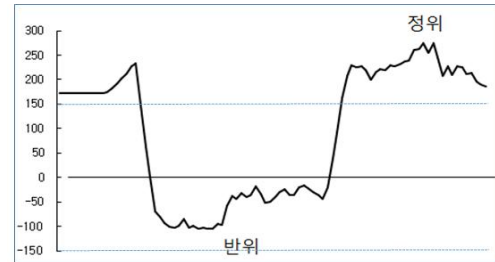
4.2 측정 결과

아래 그림은 한국철도공사 오송교육장에 설치된 시험용 F185 분기기에 대하여 센서를 이용하여 분기기의 전환력을 측정한 결과 값이다. 그림에서 기존의 아날로그 측정값이 단순히 최대 전환력만을 표시하였지만, 센서를 활용하여 컴퓨터를 통해 데이터를 수집, 분석한 결과는 분기기 전환 시작점으로부터 전환이 종료되는 모든 순간까지 일정한 샘플링 시간을 통해 측정값이 제공됨으로서 관련 그래프의 분석을 이용하여 분기기의 상태를 정확하게 진단할 수 있는 장점을 갖는다. 또한 기존의 방식은 단지 첨단부에만 적용이 가능하게 제작됨으로서 크로스부를 갖는 노스가동 분기기에는 사실상 적용이 불가능하였지만, 센서를 이용하는 경우에는 첨단부와 크로스부 모두에 대한 전환력을 쉽게 측정할 수 있음을 확인하였다. 특히 아래 그림의 측정 결과 분석은 첨단부의 전환력이 정위, 반위가 모두 동일한 전환력으로 주어지는 반면, 크로스부의 전환력은 첨단부에 비해 정위 방향으로 크게 나타남을 알 수 있다. 또한 반위시에 전환력이 작게 표시되면서 관련 방향에서의 동작 성능이 정위 방향에서와 균형이 이루어지지 않고 있음을 알 수 있다. 이는 대부분 노

면상태에 의한 분기기의 기울기 변화가 예상되며, 결과적으로 분기기를 구성하는 세부적인 크로스부의 철관, 동정, 기타 분기기 구성품, 등에 대한 유지보수 상태가 불량하다는 것을 그래프를 통해 쉽게 예측할 수 있다.



a) 첨단부의 경우



b) 크로스부의 경우

〈그림 3〉 전환력 측정 사례

5. 결 론

센서를 이용하여 분기기의 전환력을 측정하는 경우에는 아날로그 측정 방식 보다 정확하고 구체적인 정보를 제시하며, 운영 및 장애 유지보수에 필요한 예방 유지보수의 개념을 구현할 수 있게 되며, 이는 장애가 발생하기 이전에 장애 유발 가능한 쇄정기능 및 전환기능의 문제점을 조기에 분석, 해결할 수 있다는 점에서 반드시 현장 적용을 필요로 하는 기술로 정착되어야 한다. 현재 국내에 적용된 대부분의 전환력 측정기는 전량이 수입품이고 제품의 구성에 비해 고가이며, 이는 단순히 분기기의 최대 전환력에 대한 정보만을 제시하며, 각각의 분기기 유형에 따라 공동으로 사용하는 것이 불가능하기 때문에 모든 분기기의 상태 분석에는 어려움이 있다. 따라서, 본 논문에서 제안한 센서 활용 분기기의 전환력 측정장치가 모든 종류의 분기기에 공동으로 적용할 수 있는 추가적인 연구 개발이 필요한 상태이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 한국철도기술연구원 주요사업 “ICT기반 열차운영 안전성 및 운영효율성 향상기술개발”과제로 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김용규, “MJ81 전기선로전환기” 한국철도기술 33호, 2002
- [2] 백종현, 김용규, 신덕호, 이강미, “단상 MJ81 전기선로전환기의 국산화 개발”, 대한전기학회 하계학술대회논문집, pp 1881 ~ 1882, 2009
- [3] 이시빈, 최재식, 김범곤, 이태훈, “전기선로전환기의 핵심기능 설계에 관한 연구”, 한국철도학회 추계학술대회 논문집, pp 1562 ~ 1573, 2012.
- [4] 김용규, 백종현, 이영훈, “속도 향상에 적합한 전기선로전환기 요구 사양 분석”, 대한전기학회 하계학술대회논문집, pp1454 ~ 1456, 2004.
- [5] 김용규, “최근의 프랑스 TGV 고속선 열차제어시스템 관련 기술 검토”, 한국철도기술 Vol 12, pp 60 ~ 69, 2007
- [6] 이종규, 최승호, “유압식 선로전환기의 Cause-consequence 분석에 관한 연구”, 한국철도학회 춘계학술대회 논문집, pp 1054 ~ 1060, 2013
- [7] 김용규, “노스가동 분기기 조정시 사용되는 공구”, 한국철도기술연구원 한국철도기술 36호, 2002
- [8] 김용규, “경부2단계 선로전환기 장애방지 대책 마련을 위한 연구용역보고서”, 한국철도시설공단, 2011
- [9] 김용규, “고속선 신호설비 유지보수 기술자문 연구용역 보고서”, 한국철도공사, 2007