

속도 향상에 적합한 전기선로전환기 요구사항 분석

김용규, 백종현, 이영훈
한국철도기술연구원

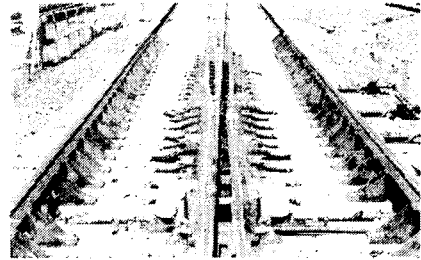
Turnout Motor analysis for speed augmentation

KIM Yong-Kyu, BAEK Jong-Hyun, LEE Young-Hoon
Korea Railroad Research Institute

Abstract - 전기선로전환기는 분기기에 전환력을 공급하기 위한 장치로 전기선로전환기의 선택은 분기기에 연결되는 간류 구조, 침목, 밀착 쇄정기, 밀착 검지기, 연결간 및 벨 크랭크 등에 따른 제약 사항과 함께 검토된다. 본 논문에서는 현재 우리나라에서 사용 중인 전기선로전환기에 대한 특성을 분석한 후, 기존선 속도 향상 및 안전사고 예방을 위한 보안 설비의 추가적인 설치 필요성 분석 및 속도 향상을 위한 요구 사항을 분석하였다.

1. 전기선로전환기의 특성

분기기는 분기기의 크로싱부가 고정되어 있는 일반 분기기와 크로싱부가 가동하는 노스가동 분기기로 구별된다 [1]. 일반분기기는 주로 기존선 또는 고속선 축선과 같이 열차 운행 속도가 작은 영역에서 사용하는 반면 노스 가동 분기기는 고속선 또는 기존선/고속선 연결선 구간과 같이 열차 운행 속도가 중요시되는 지역에 주로 사용된다.

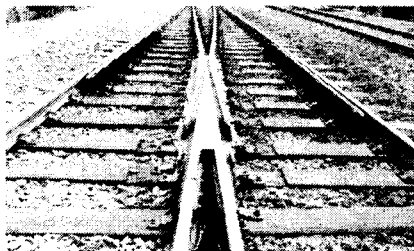


(b) 노스 가동 분기기
<그림 1> 분기기 크로싱부 구조

전기선로전환기는 분기기에 전환력을 공급하기 위한 장치로 전기선로전환기의 선택은 분기기에 연결되는 간류 구조, 침목, 밀착 쇄정기, 밀착 검지기, 연결간 및 벨 크랭크 등에 따른 제약 사항과 함께 검토된다. 전기선로전환기는 표 2와 같이 NS, TS, NS-AM, MJ81, 등으로 분류된다[2].

구분	일반 분기기	노스 가동 분기기
분기기 번호	F8 ~ F15	F18.5 ~ F65
열차 통과 속도	25 ~ 55 (km/h)	100 ~ 230 (km/h)
분기기 길이	26 ~ 47 (m)	68 ~ 193 (m)
노스부 결선	고정식	가동식
구성 및 조립 방법	볼트에 의한 조립식 또는 망간 크로싱	고망간 크래들 및 크로싱 노스 레일
포인트	관철식 또는 탄성 포인트	탄성 포인트
선형	리드부분 곡선	침두부에서 크로싱 후단까지 일정한 곡률 유지
사용 현황	(기존선) F10~F15 : 본선 F8~ F10 : 축선	(고속선 및 기존선/고속선 연결 구간) F18.5~F46 :
유지보수 주기	짧음	길음

<표 1> 분기기 특성 비교



(a) 일반 분기기

구분	한국	일본	프랑스	스웨덴	
형식	NS	TS	NS AM	MJ81	침목형
개발년도	1964	1967	1990	1981	1990
사용 전력원	AC105/220 단상	AC105 단상	AC105/220 단상	AC220/380 삼상	AC220 단상, AC220/380 삼상
동작 전류	85A	12A	8.5A	4A(220V) 1.5A(380V)	2.5A
전환력	300KG	600 -1000KG	400KG	200 400KG	200 1000KG
전환 시간	6	8	6	5	4.4-5.5
구동 방식	콘덴서 가동형 4극	콘덴서 가동형 6극	콘덴서 가동형 4극	모터 직접 제어	비동기형
클러치	마찰	전자	전자	마찰	전자
밀착 및 쇄정 검지	무	유	무	유	유
분기기	F8 F15	F12-F18	F8 F15	F18.5 F65	

<표 2> 유형별 전기선로전환기 특성

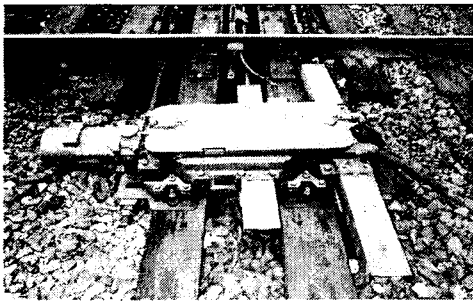
일반적으로 MJ81과 침목형은 간류의 수가 적어 기계 작업 및 유지보수가 용이하나 NS형은 년 2회 이상 클러치 조절을 실행해야 하며 TS는 간류가 많기 때문에 기계 작업이 곤란한 단점이 있다. 사용 전압 및 전환 시간의 경우, NS, TS는 단상용으로 계전기실에서 공급되는 신호용 전원을 그대로 사용함에 따라 별도의 설비를 부가할 필요가 없지만 전환 시간이 길며 단상에 의한 소비 전류 증가 및 원격 제어에 따른 전압 강하, 기수 고조파에 의한 신호시스템 영향 등을 충분히 고려해야 하는 단점이 발생한다. MJ81, 침목형 등은 3상 전원을 사용함에

따라 전원 관련 추가 설비가 요구되지만 전환 시간이 짧고 단상 전원으로 인해 발생하는 문제점이 대부분 제거된다. 또한 제어 및 표시 기능 면에서 NS는 기존 연동 장치의 변경 없이 사용 가능하지만 TS, MJ81, 침목형 등은 제어 및 표시 방법이 기존 방식과 상이하기 때문에 연동장치의 제어 회로 및 설비가 일부 보완되어야 한다 [3].

2. 현재 사용 중인 전기선로 전환기

우리나라에서 현재 사용중인 전기선로전환기는 기존선의 NS, NS-AM형과 고속선 및 고속선/기존선 연결구간의 MJ81형, 지하철 일부 구간의 침목형 등으로 주어진다. 기존선 구간에서 가장 많이 사용하는 전기선로전환기는 NS형 전기선로전환기로 0.35KW의 정격 전력과 정격전압의 80%에서도 동작이 가능한 콘덴서 기동 유도 전동기, DC24V 200mA 120Ω 유극과 AC110/220V 60Hz 18A 점접용량을 갖는 유극 2위식 자기유지형 제어 계전기, 1조의 베벨 기어와 2조의 평 기어로 된 3단 감속 구조를 갖는 감속차차, 전동기 회전정지시 판성흡수, 과부하 또는 전환도중 방해시 전동기 보호 역할을 하는 Fraction 클러치, 기계식 3위식 회로제어기, 60mm의 CAM-BAR 동정과 쇄정간 홈부와의 상호 간격 3mm를 갖는 전환쇄정장치, 그리고 수동핸들을 삼입시 전동기회로 차단되어 수동으로 전기선로전환기를 작동할 수 있는 수동전환장치로 구성된다.

- 정격전압 : AC105/220V ± 20% 60Hz
- 제어계전기 전압 : DC24V
- 운전전류 : 7.5A 이하
- 동정 : 동작간(185mm), 쇄정간(130~185mm)
- 동작시간 : 6초 이하
- 최대전환력(경부하) : 300kgf.



<그림 2> NS-AM형 설치 예

NS-AM형 전기선로전환기는 기존의 NS형의 문제점인 온도 변화에 민감한 Fraction 클러치를 마그네틱 클러치를 사용하여 신뢰도를 향상함은 물론 과부하 또는 전환시 장애가 발생하면 모터를 보호할 수 있도록 개량된 형태이다. 주요 구성 요소는 대부분 NS형과 비슷하거나 유지보수의 효율성을 위해 일부 개량된 형태이며, 전동기의 출력을 전환기에 전달하는 과정에서 선로전환기 전환 종료시 기구에 과격한 충격을 주지 않도록 전동기 관성에너지를 흡수하고 분기부의 과부하 또는 장애 발생시 전동기가 소손되는 것을 보호하기 위하여 전동기와 작은 우산형 기어 사이에 영구 자력을 이용한 비접촉 방식의 마그네틱 클러치를 설치한다.

- 정격전압 : AC105V ± 20% 60Hz
- 제어계전기 전압 : DC24V
- 운전전류 : 8.5A 이하
- 동정 : 동작간(220mm), 쇄정간(130~240mm)
- 동작시간 : 7초 이하

- 최대전환력 : 400kgf.

MJ81 전기선로전환기는 경부고속선 및 기존선/고속선 연결부에 설치된 전기선로전환기로 1981년에 프랑스 취몽사에 의해 개발된 후, 현재는 분기기 제작사인 프랑스 COGFER에 의해 공급된다. 한국의 경우에는 경부고속선 건설과 관련하여 프랑스의 Eukorail로부터의 기술 이전에 의해 삼성 SDS에서 국산 MJ81을 2000년부터 제작하였다. MJ81의 기계부는 안전을 위해 모터 결함 또는 조정시, 차상신호 시스템에 의해 열차를 정지할 수 있는 특수 쇄정 열쇠(Safety key commutator)의 동작을 필요로 한다. 특수 쇄정 열쇠가 전기선로전환기 쇄정부에 삽입된 후에는 비상 수동 전환 손잡이에 의해 동작을 실행할 수 있는 수동/자동 전환 스위치를 수동 위치에 고정함으로써 이들 시스템을 조정할 수 있다. 전기선로전환기가 비록 Vcc(침단부 밀착 검지 및 쇄정기)에서 고장이 발생할 지라도 텅 레일의 개방을 허용하지 않는 기계적인 쇄정 장치에 의해 전기선로전환기의 Vcc 쇄정을 보완하도록 설계되어 있다. 전기부는 MJ81에 전력을 공급하는 전력원, 제어 및 검사를 목적으로 사용하는 내부 전환 스위치인 커넥터, 그리고 추운 계절에 MJ81의 동작을 원활히 하기 위해 사용하는 열 저항으로 주어진다. 열 저항은 반드시 설치할 필요가 없으며 이는 주로 습기가 많은 겨울에 MJ81 내부에 습기가 발생하는 것을 방지하기 위해 설치된다. 프랑스의 경우에는 겨울에 습기가 많은 일부 구간에서만 의무적으로 사용하고 있지만 그 외의 구간에서는 사용하지 않는다. 국내에서 제작된 MJ81은 경부고속선철과 관련하여 프랑스로부터 기술을 이전함으로써 동일한 외형과 동일한 전기적 특성을 갖는다[4].

- 공급 전 원 : AC 3Φ 220/380V ± 10%
- 표 시 전 원 : DC 24V
- 전 환 력 : 200daN(정상), 400daN(최대)
- 동 정 : 110~260mm
- 전 환 시 간 : 4.2초(260mm의 동정에서 200daN)
- 동 작 전 류 : 4A(220V), 1.5A(380V)
- 모 터 소 비 전 력 : 700W



<그림 3 > MJ81 설치 예

3. 전기선로전환기 검토

우리나라에서 현재 사용하는 전기선로전환기는 기존선 구간의 AC 105/220V NS형과 이의 마찰 클러치 부분을 무보수 타입의 전자화로 개량한 NS-AM형, 그리고 고속선에서 사용하는 MJ81형으로 분류된다. NS 유형은 마찰클러치를 사용하기 때문에 1년 동안 2회에 걸쳐 클러치 조정 작업을 시행하지만 기온차가 심한 경우 장애 발생에 따라 유지보수의 어려움은 물론 열차 안전 운행에 많은 지장을 초래한다. 반면 고속선 및 기존선/고속선 연결부에서 사용하는 MJ81형은 장애 발생 빈도가 적으며 적은 소비 전력에도 불구하고 전환력이 우수한 장점을 갖는다. 기존선 전철화 및 선로 개량, 그리고 새로운

차상신호의 도입에 의해 열차 속도가 향상되고 필요시 일부 구간에서의 양 방향 운행을 실행할 경우 관련 분기기의 분기 속도는 열차 운행 속도 향상에 있어서 매우 중요한 변수로 작용한다. 즉 기존 분기기의 분기 속도가 매우 제한적인데 비해 현재 고속선에서 사용하는 고변 분기기의 경우에는 분기 속도 제한을 받지 않으며 관련 설비의 유지보수 또한 년 2회로 주어진에 따라 향후 유지보수 관련 인력 운용에도 유용한 것으로 검토되었다. 따라서 전기선로전환기의 선택시에는 분기기의 유형, 분기기 반위 통과 속도, 선로 운행 속도, 안전, 밀착 및 쇄정, 유지보수 등과 연관하여 전기선로전환기의 유형 선택이 상세히 검토되어야 한다.

전기선로전환기는 장애발생빈도가 적고, 밀착 및 쇄정 검지 기능을 가지며, 전철력 및 밀착력이 우수하고, 주요 부품이 모듈화되어 보수작업이 용이한 최소의 설치공간을 필요로 하는 무보수형 전기선로전환기를 설치하는 것이 최적의 방안으로 주어진다. 차상신호가 1 단계로 도입되는 구간인 경부선, 호남선의 경우에는 속도 향상 및 고밀도 열차 운행이라는 전제 하에 안전성의 증가 및 밀착, 쇄정 동작의 신뢰성 향상을 위해 MJ81 전기선로 전환기의 도입 여부를 검토하였다. MJ81 유형은 클러치 조정이 필요 없으며, 침단 불밀착시 검지가 가능하고, 고변화 분기에 적용가능하며, 안전, 밀착, 쇄정, 및 유지보수 면에서 최적의 방안으로 주어지는 반면, 기존선 사용 전압원이 단상 220A로 주어짐에 따라, 현재 사용중인 MJ81은 단상 220V 전원에 적절하도록 관련 모터의 개량 또는 개발을 필요로 한다. 그러나 침복형 또는 MJ81형 선로전환기에 비해 안전성 및 유지보수성이 감소하지만 경제적인 면에서 우수한 전자클러치방식의 NS-AM형은 열차 운행이 경부선, 호남선에 비해 월등히 작은 틸팅 열차 적용 대상 구간인 중앙선, 장항선 등에 설치함으로써 장애발생 예방 및 열차안전 운행을 실현할 수 있으며, 본선 운행 열차에 지장을 주지 않는 역구내 측선의 분기에는 현재 철도에서 가장 많이 사용하고 있는 가격이 저렴한 NS형을 설치하는 것이 경제적으로 적절할 것으로 검토된다. 만약 NS 또는 NS-AM 형의 전기선로전환기를 사용할 경우에는 다음과 같이 안전 관련 설비의 설치가 충분히 고려되어야 한다.

3.1 유동 방지간의 설치

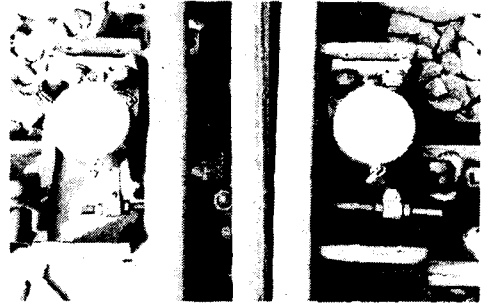
전기선로전환기 선정에서 우선적으로 고려하여야 할 사항은 장애발생빈도 및 소비 전류가 적은 설비라야 한다. 또한 선로를 전환시켜주는 분기기 동작 및 열차 통과시의 진동에 의한 전기선로전환기의 유동은 전기선로 전환기의 동작, 밀착 및 쇄정에 중대한 영향을 인가할 수 있다. 이러한 영향으로 인해 유발되는 전기선로전환기의 장애를 예방하기 위해서는 기본 레일과 텡 레일간에 전기선로전환기의 유동을 방지하는 유동방지간의 설치 여부를 반드시 검토해야 한다.



<그림 4> 유동방지간 설치 예

3.2 밀착 검지기

밀착 검지기관 전기선로전환기에 의해 선로를 분기시키는 텡 레일과 기본 레일의 밀착 상태 및 밀착 불량시에 관련 사항을 사령실에 통보함은 물론 최악의 경우에는 열차의 진입 및 출입을 금지하도록 하는 장치로 속도 향상 및 고밀도 열차 운행시에는 반드시 설치되어야 한다. 현재 MJ81 전기선로전환기를 사용하는 고변 분기기의 경우에는 전기적, 기계적 특성을 갖는 Vcc, Vpm 및 뿔베 밀착 검지기를 통해 분기기의 밀착 상태를 검지 통보한다. 따라서, 기존선 구간에서도 안전성의 향상을 위해 고속선 구간과 같이 밀착을 검지할 수 있는 밀착 검지기의 설치가 필요하다.



<그림 5> 밀착 검지기 적용 예

3.3 용설 장치

용설 장치란 동절기 폭설시에 분기기의 텡 레일 불밀착으로 인한 열차 지연을 방지하기 위해 분기기에 설치되는 장치를 말한다. 즉 겨울에 강설과 함께 기온이 강하하는 경우에는 분기기 동작부의 동결로 인해 분기기의 실제적인 동작이 불가능하게 된다. 그 결과, 텡 레일의 전환이 불가능하며, 비록 텡 레일의 전환이 이루어지더라도 원하는 안전밀착이 실행될 수 없는 경우가 발생할 수 있다. 따라서, 과업 대상 구간인 중앙선의 경우에는 이러한 현상을 방지하기 위해 반드시 용설 장치와 함께 밀착 검지기가 설치되어야 한다.

4. 결 론

전기선로전환기는 열차의 탈선에 연관된 안전 문제점이 가장 큰 시설 및 신호시스템의 중요 검토 항목으로 주어진 분기기의 구조에 따라 결정된다. 그러나 일반적으로 속도 향상을 실현할 경우에는 속도에 따른 분기기 유동 방지, 밀착 및 쇄정 검지, 용설 장치의 설치 여부가 전기선로전환기의 안전 동작을 보장하기 위해 반드시 검토되어야 한다. 이는 분기기의 기능을 보장하기 위한 안전 필수 항목으로 주어진다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김용규, "분기기 스페어(Cote X)의 정의 및 특성", 한국철도기술 통권 37호, 2002.09
- [2] 김영태, "신호제어시스템", 테크미디어, 2003
- [3] 김용규, "고속용 노스가동분기기의 동정(Stroke) 계산 및 보상", 한국철도기술 통권 35호, 2002.05
- [4] 김용규, "MJ81 전기선로전환기", 한국철도기술 통권 33호, 2002.01