

Closed Type 절연구분장치 적용에 관한 연구

An Application Study of the Closed Type Section Insulators to the High Speed Catenary System

최규형* , 이기원**

Choi, Kyu-Hyoung Lee, Ki-Won

Abstract

Section insulators are indispensable devices for the electric railways, which divide electrical connections between the trolley lines without losing mechanical connections, and this means that they should have both good electrical insulation performance and mechanical performance for pantograph interaction.

This paper reviews some technical aspects of the several type section insulators and makes analysis of difficulties during operation. The closed type section insulators are proposed for newly electrified railways, because they have good mechanical and electrical performances for high speed trains up to 200[Km/H]. Technical specifications of closed-type section insulators based on survey of the advanced technologies are provided, and also the neutral section configuration method which might be the best solution for newly electrified railways in Korea of 200Km/H speed.

1. 서론

절연구분장치(section insulator)는 전차선을 전기적으로 절연시켜 구분함으로써, 사고시나 작업 정전시 해당 구간만을 정전시킴으로써 열차운행에의 영향을 최소화하기 위한 장치이다. 이때 절연구분장치는 기계적으로는 양측의 전차선과 단절되지 않고 연결되어 팬터그래프가 원활하게 습동하면서 통과할 수 있도록 기계적 연속성을 유지하게 하여야 한다.

아와 같이 절연구분장치는 전기적인 절연특성 및 기계적 특성을 모두 만족시켜, 팬터그래프의 통과에 지장을 주지 않도록 설비되어야 하는등 기술적인 어려움이 있어, 국내에서는 아직까지 국산화되지 못하고 전량 수입에 의존하고 있는 실정이다. 특히, 국내에서는 열차통행량이 많고 팬터그래프 습동회수가 빈번하다는 열차운영환경상 사고/고장이 빈발하고 있어서 전차선 시스템의 기술적 bottle neck이 되고 있다.

* 한국철도기술연구원, 전기신호연구본부 수석연구원 031-461-8531(교193), khchoi@krri.re.kr

** 한국철도기술연구원, 전기신호연구본부 주임연구원 031-461-8531(교186), kenlee@krri.re.kr

한편, 철도경쟁력강화 및 서비스 향상을 위하여 기존선의 전철화 및 고속화가 적극적으로 추진되고 있어, 현재 최고시속 140Km에서 향후에는 시속 200Km 까지 열차운행속도가 증가될 것으로 전망되고 있으며, 이에 따라 열차속도 200Km/h에서도 견딜 수 있는 절연구분장치 기술개발이 필요하게 되었다. 또한, 기존의 동상용 절연구분장치에 있어서도 고밀도 열차운행에 따른 절연구분장치 접촉날개의 파손등 사고/고장이 빈발하고 있어, 고신뢰도의 절연구분장치 기술개발이 필요하게 되었다.

본고에서는 전기철도 전차선 절연구분장치(Section Insulator) 운용현황을 분석하고, 유지보수성 개선 및 기존선 고속화에 따른 200Km/h까지의 열차속도 증가에 대응할 수 있도록 하기 위하여, 선진 전기철도 절연구분장치 기술검토를 통하여 국내 절연구분장치를 개량하기 위한 기술사양을 도출하였다.

2. 절연구분장치 기술특성

전차선 구분장치의 종류 및 사용목적은, 그 구간을 운전하는 열차의 속도에 대응할 수 있을 것을 기본 전제조건으로 하여, 표 1과 같이 구분된다.

표 1. 구분장치의 종류

종 류	유 형	사 용 구 분		
		직 류	교 류	고속철도
air section		본선 구분용	동상의 본선 구분 흡상변압기용	동상 및 이상 구분 흡상변압기용
section insulator (동상용)	수지제	상하선 및 측선구분	동상의 상하선 및 측선구분	-
	애자형	-	동상의 상하선 및 측선구분	-
section insulator (절연구간용)	수지제	-	이상구분용 교직구분용	-

절연구분장치의 운용상 장애 요인은 표 2와 같이 전기적, 기계적으로 나누어 생각할 수 있다. 이중에서 특히, 구분장치가 설치된 개소에서는 질량체가 전차선 중간에 삽입되어 있는 상태로 일반 전차선 구간에서 보다 탄성계수가 작기 때문에, 팬터그래프가 구분장치에 진입할 때 기계적 충격을 받게된다. 열차가 통과할 때마다 이러한 충격을 계속해서 받기 때문에 구분장치에 기계적 충격이 누적되어 구분장치가 손상되며, 이때 접촉되는 전차선 장치는 물론 전기차 팬터그래프까지 손상을 입힐 수 있다. 특히, 열차가 고속화될수록 구분장치가 받는 기계적 충격이 커지기 때문에, 구분장치를 경량화하고 탄성계수를 높이는 등의 기술개발이 필요하게 된다.

이상과 같은 이유로 인하여, 무게가 무거운 애자형 구분장치는 사용빈도가 줄어들고 있으며, 동

상용 및 이상용 공히 경량화가 용이하고 절연특성이 우수한 수지계 구분장치의 보급이 확산되고 있는 추세로써, 본고에서도 수지계 절연구분장치를 대상으로 검토하였다.

표 2 절연구분장치 장애유형

구분	원인	장애 내용
전기적 장애	열차 모진	아-크 발생으로 인한 장치 손상
	절연재 마모	팬터그래프와의 습동으로 인한 마모로 절연 기능 열화
기계적 장애	경점으로 작용	고속통과시 충격 누적으로 장치 손상
	절연구분장치 처짐	팬터그래프 통과시 타격 가중
	상하 진동	선행 팬터그래프 통과시 발생한 진동으로 후속 팬터그래프 타격
	습동계 불량	팬터그래프 습동면 불량으로 구분장치 손상

개방형(open-type) 구분장치의 경우, 팬터그래프와의 원활한 습동을 위하여 스키드등의 부재가 돌출된 형태로 장착되어 있다. 그러나, 이렇게 돌출된 부재들은 구분장치의 수평이 완벽하게 유지되지 않거나, 팬터그래프의 불량으로 습동면에 돌출부가 있을 경우에는 집중적인 충격을 받게되어 휘거나 부러지고 팬터그래프를 손상시킨다. 따라서, 구분장치를 구성하는 스키드 및 절연재등을 폐쇄된 회로 형태로 연결시킨 폐쇄형(closed-type)으로 구분장치 구조를 변경함으로써 장애 요인을 감소시킬 수 있다. 특히, 열차가 고속화될수록 구분장치의 스키드가 받는 충격이 증가하므로, 고속용 구분장치는 폐쇄형(closed-type) 구조로 하는 것이 바람직하다.

그림 1 및 표3은 러시아에서 개발한 대표적인 폐쇄형 절연구분장치의 구조도 및 기본성능을 보인다.

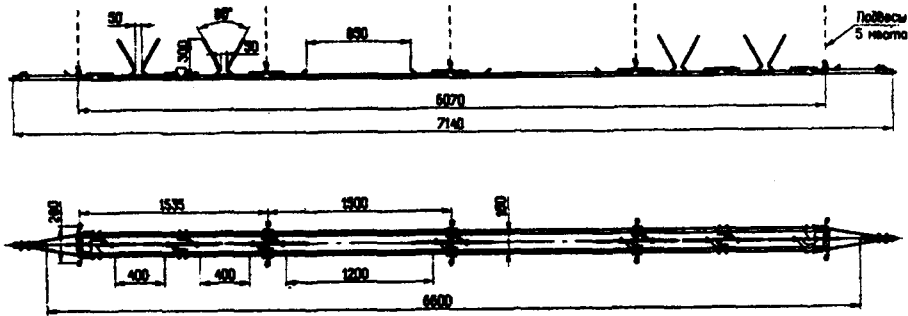


그림 1. 폐쇄형 절연구분장치(이상용)

표 3. 폐쇄형 절연구분장치 주요성능

특 성		단 위	정 격
치 수	표면누설거리	mm	4,000
기계적 성 능	인장내하중	kN	120 이상
전기적 성 능	상용주파 건조 내전압	kV	90 이상
	상용주파 주수 내전압	kV	80 이상
	충격 내전압	kV	150 이상
	아크 소호 시간	sec	1 이내
	절연저항	MΩ	2000 이상

3. 국내 철도운영환경에 적합한 절연구분장치 기술사양

국내 전기철도 운영환경에 적합하고, 또한 향후 기존선 고속화/전철화사업등으로 기존 국철에서의 열차운행속도가 200Km/H까지 높아진다는 점을 감안하여, 이에 적합한 섹션 인슐레이터를 적용하기 위한 기술검토를 수행하였다. 여기서, 이상절연구간 통과시 열차는 notch-off하고 주행하는 것이 원칙이지만, 운전사의 실수등으로 열차가 모진(차량이 notch-on하고 진입)할 수 있다고 가정하고 아래와 같이 설치방안에 대하여 사례연구를 하였다.

이상(異相) 전차선간을 구분하기 위한 절연구분장치의 경우, 열차속도가 높아질수록 필요한 절연구간의 길이가 길어지게 된다. 이 경우 절연구간 전부를 절연체를 사용하여 절연시키는 것은 비효율적이므로, 절연구분장치 2개를 이용하고 중간 구간은 전차선을 이용한 절연구간(Neutral Section)을 구성하는 것이 경제적이다.

여기서 필요한 절연구간의 길이는, 절연구분장치에 장착된 소호장치가 아크 소호시간을 1초 이하로 한정해 준다고 하면, 열차속도 150[km/h]에서는 $42[m/s] \times 1[s] = 42[m]$ 이상이고, 열차속도 200[km/h]에서는 56[m] 이상이다.

앞서 기술한 폐쇄형 절연구분장치(그림 1)를 이용하여 이상절연구간(Neutral Section)을 구성하기 위한 설치도를 그림 3에 보인다. 그림에서 보는 바와 같이, 절연구분장치는 양 경간 끝에서 1/3 이상 되는 위치에 설치되어야 전차선로 탄성도(elasticity) 측면에서 유리하고 양호한 집전성능을 유지할 수 있을 것이다.

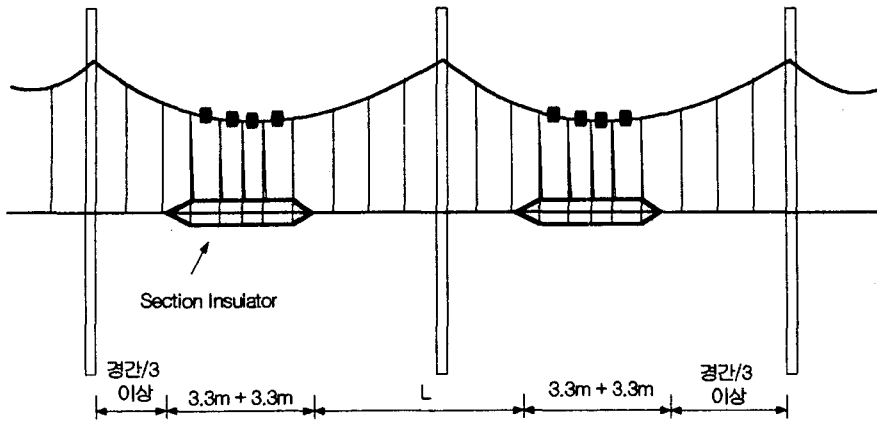


그림 2. AC 이상절연구간(Neutral Section) 설치도

4. 결론

전기적 구분장치는 전차선의 안전 및 유지보수 확보를 위해 꼭 필요한 장치로써, 그 기술적 중요성에도 불구하고, 국내시장규모가 작은 관계로 인하여 기술개발투자가 이루어지지 않고 해외기술에 전적으로 의존하고 있는 것이 현실이다. 그러나, 향후 진행될 전철화사업에 따라 2010년도까지 전철화율이 60%대로 높아지면 국내 수요규모도 어느 정도 확보될 것으로 예상되고, 무엇보다도 전기철도 기술발전을 위해서 기술확보가 반드시 필요하다는 점을 감안하면, 향후 산·학·연 관련기관과의 협력을 통하여 구분장치를 국산화 개발하기 위한 노력이 추진되어야 할 것이다.

본 제안에서는 기존선 전철화/고속화사업 추진에 따라 전차선 시스템에서 가장 취약점이 되고 있는 절연구분장치를 개선하기 위하여, 절연구분장치 기술현황분석을 통한 기술사양(안)을 제시하였다. 제시된 기술사양(안)을 토대로 향후 기존선 전철화사업 수행 및 절연구분장치 개발에 활용하는 것을 목표로 두고 있다.

참고문헌

1. J.I. Goroshkov, "Use of polymer materials in electric railway overheads", Rail International, Jan 1977.
2. "전차선로용 색션 인슐레이터", JIS E 2219, 1994.
3. 長澤廣樹, "전차선의 고속용 데드 색션", RRR, 제10권(1992), pp.27~32