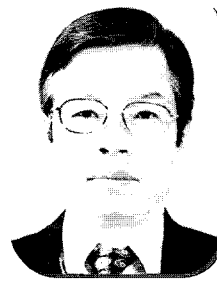




직/교류 전기철도용 전차설비내 절연장치에 대한 기술동향



이강원
한국철도기술연구원
주임연구원



임기조
충북대
전기전자 공학부 교수

1. 서론

철도에 있어서 전기설비는 일반적인 전기설비와 달라 철도수송에 있어서 안전, 신속, 정확해야 하는 사명을 수행하는 것이 기본 책무이며 예방보전이 아주 중요하다. 매일 안전한 수송을 제공하는 것은 철도에 있어서 기본적으로 중요한 것이다. 70년대 이후 고도 경제성장에 따라 급증하는 물동량을 원활하게 수송하기 위하여 수송력 증강대책이 요구되기 시작했는데 기존의 선로시설이나 차량을 비롯한 각종 장비로서는 수송능력이 한계점에 도달하여 산업선을 복선 철도화 하거나 전철화 하여 수송력을 증가시키는 방안이 논의되어 수송비 및 공사기간등을 감안하여 복선 철도화 보다 예산이 1/3이며 공기가 반감되는 전철화계획을 수립·확정하고 전철화의 조사측량을 실시하여 중앙선(제천-청량리 155.2km), 태백선(제천-고한, 고한-백산 80.1km), 영동선(철암-북평 85.5km) 총 연장 320.8km의 전철화공사를 1968년 5월에 착공하여 1973년 6월 20일 개통하기에 이르렀다. 또한 수도권 전철은 계획 당시(1970년)에는 서울시 및 수도권(인천, 수원, 의정부)인구는 약 800만에 육박하여 기존의 교통수단으로서는 도저히 수송능력을 감당할 수 없어 서울 도심지 교통체증의 해소와 도시기능의 광

역화 및 도심인구의 분산책의 일환으로 수도권 전철화 계획을 수립하였고 1971년 4월에 전철기초공사를 착공하였다. 전철화는 전기, 통신, 신호, 토목, 건축, 차량 및 기계등 각종 기술의 종합이며 국내 각 분야의 기술향상에 크게 기여하였다. 이렇게 시작된 전철화 계획은 현재 총 557.4km의 영업구간을 보유하고 있으며 앞으로 건설되는 고속철도, 수원-천안간 복복선 전철화, 현재 건설중인 일산선, 경인복복선 및 서울-구로간 3복선, 각도시의 지하철, 경량전철등 설비가 계속 증가하는 추세에 있다.

본고에서는 전철설비의 기본적인 구성 및 급전방식에 대하여 알아보고, 설비내의 주요 절연장치로서 사용되는 절연애자, 절연구분장치등에 대한 기술을 분석하고 전동차내에서의 유도전동기에 대한 절연열화진단의 최근동향에 대하여 살펴기로 한다.

2. 전철설비의 기본구성

현재 전철에서 사용되는 전기방식은 직류(1500V), 상용주파교류(25kV, 60Hz)와 직교류병용방식의 세가지로 나눌수 있으며, 직류방식과 교류방식의 설비에 대한 비교는 그림 1과 같다. 교류전철화가 갖는 경제성은 전차선로의 굵기는 1/3 이하로 되고 변전소 간

격은 3~5배 정도로 연장되며 변전설비도 간단하게 된다. 따라서 전철설비의 건설비는 직류 1,500V 방식보다 약50% 정도가 되며 교류방식에서는 통신선로에 잡음을 유발하기 때문에 이것을 방지하기 위해 통신케이블을 차폐화 해야 한다. 그러나 직류 1,500V 방식과 교류 25,000V 방식의 지상설비 비용을 비교하여 보면 복선간선의 경우 통신선로의 차폐화에 드는 비용을 포함하여도 약 75%의 비용이 든다. (전철화에 필요한 투자액은 수송량을 비교해 보아도 교류방식이 훨씬 유리함을 알수 있다.)

이러한 경제적인 비교는 현재의 기술수준이 진보됨에 따라 교류방식의 유리한 조건이 점차증가하고 있다. 예를 들면 수도권 전동차의 구동방식이 기존에는 직류 motor가 주종을 이루고 있었으나 교류전동기의 제어기술의 향상에 따라 과전, 분당선 및 고속전철에는 교류전동기구동방식이 채택되었으며 에너지 절약 및 승객서비스, maintenance free 면에서 월등한 능력을 발휘하고 있고 객차의 냉난방에도 교류가 유리하다는 것은 이미알려진 사실이다. 전동차 및 전기기관차의 마력은 속도가 향상되고 열차의 편성수가 길어지면 점점 증대하게 되는데 직류 1,500V 방식은 한계가 있으며 대전류가 되면 팬터그래트의 집전과 선택차단(사고전류와 운전전류를 구별하여 사고전류를 차단하는 것이)곤란하다. 그러나 교류방식에서는 전압이 10배 이상되기 때문에 이점에 대해서는 염려하지 않아도 된다.

직교류병용방식(AC-DC접속)은 현재 수도권전철의 운용상 서울지하철공사의 직류구간과 교류구간의

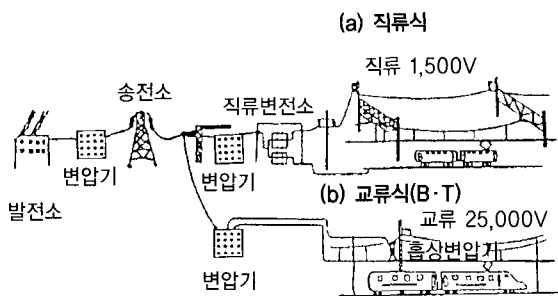


그림 1. 직류전철설비(a)와 교류전철설비(b)의 비교.

접속에서 사용되며 접속점을 무가압 섹션으로 이곳을 통과하는 전동차는 교.직 양용전동차로 전동차가 접속점을 통과할 때 전동차내의 스위치절환을 하는 것이다. 이 경우 교직 양용전동차는 직류전동차보다 가격이 높아 지게 되나 AC와 DC구간을 계속하여 직통운행하게 되므로 전동차 이용승객이 환승하는 불편을 해소시킨 방법이다.

주요 전차선로의 시설로는 전차선, 조가선, 급전선, 부급전선, 보호선, 가공지선, 구분장치, 자동장력고정장치, 행거·드롭퍼, 브래킷트, 현수애자, 장간애자등이 있으며, 주요 변전시설물로는 주변압기, 단권 및 절연변압기, 고배용 변압기, 계기용 변류기, 계기용 변압기, 계기용 변성기, 가스절연개폐기(GIS), 특고용차단기, 전력용 콘덴서, RC뱅크, 큐비클 방전기등이 있다.

3. 전기철도용 급전방식

3.1 직류급전방식

직류급전방식은 세계최초로 전기운전에 이용되었으며, 그 특징은 저속도영역에서 기동 토크가 큰 속도제어도 용이한 직류직권전동기를 전차선전압으로부터 그대로 이용가능하고, 전기차설비도 간단해 진다. 최근에는 전력전자의 진보에 의해 전력회생이 가능한 방식으로, VVVF 인버터로 직류전력을 삼상전력으로 변화하여 유도전동기를 기동하는 전기차가 주를 이루고 있다. 직류급전방식은 전압이 낮기 때문에 절연이격거리를 단축시킬 수 있고, 터널단면을 작게 할수 있는것과 함께 고가도로높이를 낮게 할 수 있는 등의 이점이 있다. 통근수송선구간과 지하철구간에서는 직류급전방식이 유리하고, 도로전차에도 이용되고 있다. 한편 급전전압이 낮기 때문에 변전소간격이 짧고, 변전소에 전력변환장치가 필요하다. 또한 레일 및 지하매설물의 전식에 대하여 고려할 필요가 있다. 직류급전방식의 종류에는 단독급전방식(트롤리 급전방식), 병렬급전방식, 직류 RP(Rectifying Post) 방식등이 이용되고 있다.

3.2 교류급전방식

교류급전방식은 단상정류자전동기를 이용하여 정류불량을 경감하기위하여 16 2/3Hz, 25Hz 등의 특수



저주파가 채용되었다. 그후 실리콘 정류기의 진보에 의해 용이하게 직류로 변환가능하도록 되었기 때문에 상용주파에 의한 전철화를 실행하고 있다. 교류급전방식은 전력회사송전선과 전차선로를 변압기로 연결하는 것만으로 변전설비는 간단하고, 급전전압을 높일수 있기 때문에 급전전류가 작고, 변전소간격도 길게된다. 교류급전방식은 도시간 수송과 신간선과 같은 고속운전에 최적인 방식이다. 그러나 차량에 변압기와 정류기가 필요하기 때문에 차량설비가 복잡하게 된다는 것과 전차선로의 절연이적거리가 크게 된다는 등의 결점이 있다. 또한 삼상전원의 불평형, 전압 변동대책과 통신유도장애에 대하여 배려가 필요하다.

이러한 교류급전방식에는 Booster Transformer를 이용한 BT급전방식과 Autotransformer를 이용한 AT급전방식이 있으나 AT급전방식이 BT급전방식에 비하여 급전전압이 높기 때문에 가선의 전압강하가 작고, 변전소의 급전거리를 크게 취할수 있다. 그리고 Booster section이 없기 때문에 소호대책이 필요하지 않다. 따라서, 이 급전방식이 교류전철의 표준방식으로 되어있다. 이외에 교류급전방식으로는 동축케이블급전방식, 직접급전방식, 삼상교류급전방식등이 설치되어 사용되고 있으나 그적용범위는 매우 적다.

4. 전기철도용 절연애자

철도용 애자와 송전선용 애자의 다른점은 송전선용 현수애자는 통상적으로 여러개가 연결되어져 사용되므로 현수애자의 갭과 핀은 통일된 형태로 하여 철탑과 전선에 취부된 금구를 별도로 제작하여 연결하지만 철도의 직류전철용 애자는 대부분이 1개로 사용되기 때문에 연결용 금구를 별도로 만들지않고 갭과 핀을 직접지주에 취부하거나 전선을 지지하거나 할수 있도록 갭과 핀이 특수한 설계로 되어있다. 특히 터널내에 사용하는 애자는 터널의 높이를 최소한으로 억제하기 위하여 애자와 함께 취부되는 금구에 대해서도 연구되어지고 있다.

일반적으로 사용되는 자기제 애자는 KSC3824(전차선로용 자기제 애자)에서 보듯이 100mm, 180mm, 250mm현수애자, 250mm 지지애자로 구분하고 있다. 자기부의 재료로는 정선된 합성원료인 알루미늄, 코

지라이트, 지르코니아등을 사용하며, 이들은 전자기기, 광학기기에 사용되는 소위 화인세라믹을 생각하면 좋다. 보통의 애자는 도석, 장석, 점토등의 원료를 아주 미세하게 분쇄하여 혼동, 성형하고, 1300 전후의 온도에서 소성하여 만드는 것으로 결정과 불균일한 유리질로 구성되어 있다. 애자에 사용되는 자기중에는 석영, 무라이트, 크리스토파라이트라고 불리우는 결정이 수십%포함되어 있다. 이 중 석영은 보통의 현미경사진으로 볼수 있지만 그밖의 2종류의 결정은 매우 작아서 무라이트는 전자현미경으로 확인되는 정도이고, 크리스토파라이트에 이르러서는 X선해석에 의하여 처음에 그 존재가 확인될 정도로 미소한 것이다. 또한 알루미늄계자기가 생산되었는데, 이것은 종래의 크리스토파라이트계자기는 균질하게 강한 강도를 가지고 있지만, 타격과 아크에 의한 편중된 열상승에 의하여 크랙이 발생하면 갭 전면에 걸쳐서 진전하여 파손되는 경향이 있었기 때문에 그점을 개선하여 통상적으로 고려되는 타격과 아크등에 의한 국소 열등에서는 크랙이 전면적으로 진전되지 않고, 국부적인 결손으로 머무르는 특징을 가진 자기의 개발이 진행되어, 알루미늄을 함유한 것으로 만들어 지게 된 것이다. 이러한 개발은 일찍부터 행해져, 미국에서 총에 의해 파손된 크랙진전을 방지하기 위하여 알루미늄 함유의 것이 수출되고 있고, 일본내에서는 내 아크 성능을 진전시키기 위하여 알루미늄 함유 애자를 만들어 275kV이상의 송전선로에 사용하고 있다. 현행의 자기와 동등이상의 기계적 강도를 가진, 게다가 파손시의 크랙진전성을 작게 할 수 있고, 열팽창계수가 20~30%낮기 때문에 내아크강도가 넉넉한 알루미늄 함유자기가 널리 사용되게 되었다. 자기부에는 노출부 전면에 유약을 칠하는데 애자의 표면이 광택이 나고 있는 것은 유약이 씌어져 있기 때문이다. 유약은 자기중에 수분이 침투하는 것을 방지하기위하여 바르고 있는 사람도 적지않지만 이것은 완전히 다르다. 애자의 자기는 유약이 없어도 빠르게 흡습하지는 않는 것이다. 유약은 애자의 표면을 원활히하여 먼지의 부착을 적게 하는것과 함께 애자의 강도를 증가시키는 작용을 가지고 있다. 즉 유약의 열팽창계수는 자기의 그것보다 약간 작게 설정되어 있다. 애자를 소성하는 중에 반응용상태로 되고 냉각과정에서 외측으로부터

서서히 굳고 수축한다. 자기의 열팽창계수가 유약의 그것보다 크면 자기쪽이 수축의 정도가 크게 되고, 유약은 그것에 의하여 내부로부터 수축 즉 압축의 일그러짐을 만든다. 유약이 내부적으로 압축일그러짐을 받고 있으면 외부로부터 인장력과 굽힘력을 더해도 이것과 서로 상충하여 소멸하고 애자의 파괴하중이 증대한다. 이 효과는 애자의 형상에 의해서도 다르지만 연구의 결과에서는 자기와 유약의 열팽창계수의 조화가 좀더 잘 보완되면 애자의 강도는 약 20%증가한다고 말하여지고 있다. 그러나 섬락의 아크에 의해 유약의 일부가 소손되어도 실용상의 강도의 저하는 걱정하지 않아도 좋다. 한국표준규격에서는 유약의 색에 대하여 별도로 색의 지정이 없을시에는 백색 또는 연화색으로 할 것을 규정하고 있다. 그림 2와 그림 3은 KSC3824에서 규정되어 있는 다양한 250mm 현수

애자와 송전용과는 달리 상시 압축력을 받는 지지애자들을 예로서 보여준다.

이외에도, 아연sleeve 붙이 애자, 도전釉애자, 폴리머 애자등이 있으며 아연 sleeve 붙이 애자에서 아연슬리브는 직류전차선로구간의 염해등 오손환경에서는, 누설전류에 의해 애자의 핀부가 전식되어 얇고 가늘어져 기계적 강도가 저하하거나, 부식이 시멘트 내부에 까지 진행하고, 부식팽창을 일으켜 자기를 파괴하기에 이르는 경우가 많아, 수명을 단축하고 있으므로 전식 열화방지를 위하여 핀에 아연을 부가하여 부가한 아연으로 전식작용을 감소시켜 핀본체의 보호를 하여 내용년수를 연장할 목적으로 사용되며, 송전선용으로는 오손지역의 교류용도 있고, 장래적으로는 애자의 수명의 weak-point로 된 핀을 보호하는 것에 의해 수명연장이 계획되었기 때문에 오손지역

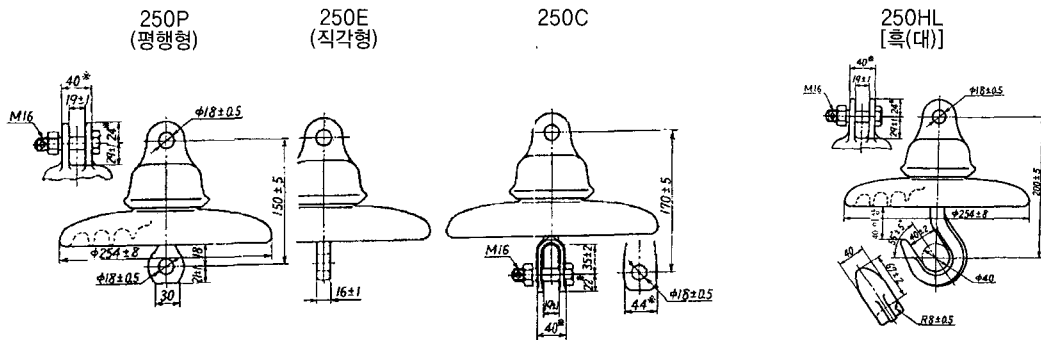


그림 2. 전차선로용 250mm현수 애자(250P, E, C, HL), 단위(mm).

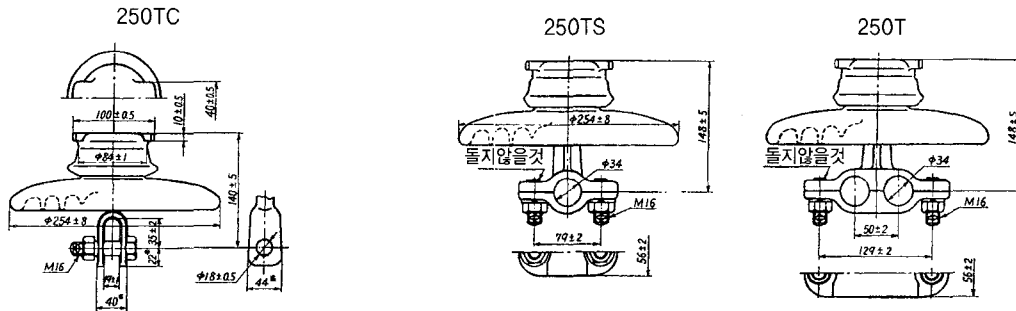


그림 3. 전차선로용 250mm 지지애자(250TC, TS, T).



의 현수애자는 전체아연 sleeve 붙임애자가 채용되는 방향으로 향하는것이라고 생각된다. 아연 sleeve 붙임 애자에 대해서는 그림 4와 같다.

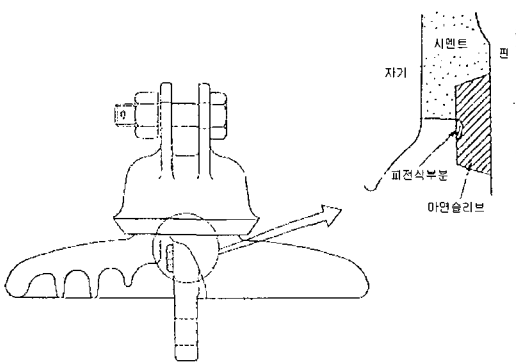


그림 4. 아연 sleeve 붙임 애자.

또한 애자형상도 오손대책으로서 각종의 형상변경이 이루어져 왔지만, 치수적인 제약이 많은 전차선로용에서는 한계가 있어, 애자형상의 변경이외의 요소에 의한 새로운 아이디어의 오손대책으로서 도전 釉 애자를 들수 있다. 導電釉애자는 오손사고대책, 오손코로나 대책으로서 반도체성유약을 애자자기표면에 바른 것이다. 초기에는 산화철계 도전유가 사용되었으나 도전유가 전식을 받기쉬운것 및 저항온도계수가 (-)로 절대치가 크기 때문에 열에 의한 열화현상이 일어나기 때문에 실용화에는 이르지 못했고 현재 산화은계 도전유가 개발되어 연구가 계속되고있지만 아직은 연구단계에 있다. 지금까지는 자기 즉 세라믹제 애자에 대하여 기술하여왔지만 최근에서 non-ceramic 제 애자의 연구도 진행되어 현재 현장에 적용중에 있다. 폴리머애자는 기계하중을 분담하는 중심부의 FRP 코아와 이 코아를 보호하고, 필요한 누설거리를 얻기위하여 외피고무 및 코어를 지지하기위한 양단의 지지금구로 구성되어있다. 180mm 현수애자 2개련 상당의 폴리머애자의 형상을 나타내면 그림 5와 같다.

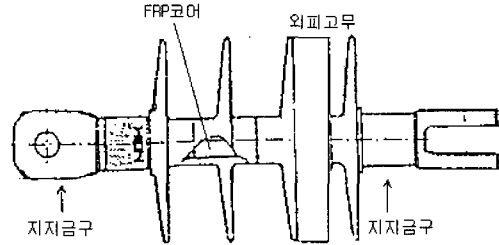


그림 5. 현수형 폴리머애자.

폴리머 애자의 최대특징은 경량성으로 자기애자와 동등한 전기적, 기계적성능을 얻는데 있어 자기애자의 30~50%정도의 질량만으로도 제작이 가능하다. 또한 외피 고무에 실리콘고무를 사용한 폴리머애자는 발수성이 있으므로 높은 내오손특성을 나타낸다. 이 같은 특성을 가진 폴리머애자를 전차선에 적용한 경우의 이점은 아래와 같다.

- ① 경량성이므로 트롤리선의 처짐량이 감소하고, 손상을 방지한다.
- ② 외피가 고무로 파괴되기 어렵고, 경량성으로 시공이 용이하다.
- ③ 내오손성능이 높기 때문에 실리콘그리스도포폐지가 용이해져, 보수의 생략화로 이어진다.

폴리머 애자는 1990년 12월부터 1994년 12월까지의 4년간 일본철도종합기술연구소의 염해시험장에서 외피고무에 실리콘고무를 사용한 제품에 과전 폭로시험을 행하였지만 자외선에 의한 크랙과 erosion 등은 없고, 양호한 결과가 얻어졌기 때문에 금후 사용범위는 넓어지는 방향으로 갈것으로 생각되며, 현재 전철노선에 시험적으로 설치되어 운용중에 있고, 주된 폴리머애자의 제원을 나타내면 표 1과 같다.

5. 전차선 구분장치

전기철도의 전차선일부에 사고가 발생하였을 경

표 1. 전차선용 폴리머애자의 제원.

명칭	외피 고무	FRP 코어직경 (mm)	상당하는 자기애자	치수		질량(kg)	표면누설거리 (mm)
				연결길이	최대지름		
1. 신간선용 SK 장간형	실 리 콘	Ø63	SK 장간	949(949)	Ø173(Ø175)	15(28)	1680(1250)
2. 교류구간용 (250EP-J)형		Ø22	250EP-J×4	610(600)	Ø132(Ø254)	4.5(24)	1400(1120)
3. 직류구간용 (180EP+C)형		Ø22	180EP+180	300(295)	Ø140(Ø180)	1.5(6)	525(360)
4. 직류구간용 DC장간형		Ø44	DC 장간	467(467)	Ø154(Ø140)	4.5(8)	820(600)

주 : ()내는 폴리머애자에 상당하는 자기애자의 값을 나타낸다.

우, 또는 일상적인 보수유지작업을 위해 정전작업이 필요할 경우등에 있어서, 급전정지구간을 한정해서 타 구간의 열차운전을 확보하기위한 설비이다. 전차선을 통과하는 열차의 팬터그래프습동에 지장이 없도록 전기적으로 구분하는 장치로서 구분장치 또는 섹션 insulator라고 한다. 이와 같이, 전차선시스템중에서 급전되는 구간을 한정적으로 구분하며, 이러한 구분점에는 그에 상응하는 구분장치가 설치된다. 구분장치의 역할로서는 전기열차의 운전계통에 따라 상하또는 방면별 구분, 대규모 역구내, 전기차량 기지는 본선으로부터 분리된 계통별 구분, 역의 배선과 회송운전의 가능성, 전기차고로부터 본선에의 출입방향을 고려한 구분, 보수작업의 시간확보의 용이성을 위한 구분등이며, 보호계전기의 사고 검출능력에 따른다. 또한, 교류급전계통의 경우에는 단순한 구분절연용뿐만 아니라, 전력회사의 전원계통이 다른 구간간의 위상구분용으로서의 역할도 담당한다. 전차선 구분장치는 전기적 구분장치와 기계적 구분장치로 대별된다. 기계적 구분장치는 온도변화에 의한 전선의 신축으로 인한 가선의 처짐 또는 과도인장을 방지하기 위해 전차선을 적당한 일정 길이마다 인류장치로 지지하도록 설치된다. 전기적 구분장치는 전차선의 급전계통상의 구분, 보수작업시간의 확보, 사고발

생시의 정전시간축소등의 필요성에 따라서 설치된다. 이러한 전기적 구분장치는 전기적, 기계적으로 충분한 강도를 가질필요가 있고, 충분한 절연성능으로 절연이 완전하며, 누설전류가 적어야 하고, 팬터그래프통과시, 아크가 완전히 차단되고, 또한 아크에 의해 절연이 파괴되지않아야 하며, 팬터그래프통과에 지장이 없이 경량으로 집전상 경정이 되지 않고 팬터그래프 통과시, 동요가 작고, 적당한 압상량이 있어야 한다. 그리고 경량으로 기계적 강도가 높고 전차선, 조가선등의 기계적 성능과 협조가 이루어지며, 해당구간을 통과하는 열차의 속도에 대응할수 있어야 한다. 구분장치의 종류 및 사용목적은 그 구간을 운전하는 열차의 속도에 대응할수있을것등을 고려해서 표 2와 같이 구분할수 있다. 전차선의 전기적 구분장치는 운전보안확보, 급전계통 운용 및 보수를 고려해서, 급전계통은 원칙적으로, 운전계통별, 상하선별, 방면별로 분리해서, 그 구분 및 연락은 변전소, 급전구분소 및 보조급전구분소등에서 차단기 또는 개폐기등으로 수행하고, 사고시에 사고구간의 단선운전또는 회송운전을 위해, 주요 역구내의 전차선을 구분장치로 분리해서 방면별 또는 상하별의 어느 급전계통으로부터도 상호급전가능하도록 연락용 개폐기를 설치함으로써, 운전지장시간을 최소한으로 할수 있으며, 주요한 역



표 2. 구분장치의 종류.

종류	유형	사용구분		
		직류	교류	고속철도
air section		본선구분용	동상의 본선구분 흡상변압기용	동상 및 이상구분 흡상변압기용
section insulator (동상용)	수지제	상하선 및 측선구분	동상의 상하선 및 측선구분	-
	애자형	-	동상의 상하선 및 측선구분	-
section insulator (이상용)	수지제	-	이상구분용 교직구분용	-

구내의 측선을 본선으로부터 분리해서 적당한 균으로 구분하는것에 의해, 본선또는 측선의 사고시에 있어서의 상호지장시간을 최소한으로 할수 있고, 작업용정전시간의 확보가 비교적 용이하게 된다. 또한 전기차량 및 기관차 차고내에서는 트립등의 사고가 비교적 많고, 이러한 것들이 운전 에 미치는 영향또는 본선의 사고에 의한 구내의 검수, 입출구에 미치는 영향을 최소화하기위해 본선으로부터 분리한다. 구분장치에 요구되는 기술적인 조건으로서 구분장치는 어떠한 기후조건과 오염에서도 전차선 섹션간에 절연성을 안전하게 보여주어야 한다.

즉, 사용구간에서 최대 속도로 부드럽게(충격없이, 스파크없이, 구동모터와 기타장치들이 정상적으로 작동할수 있게) 팬터그래프가 통과할수 있도록 해야 하고, 전차가 구동모터나 보조모터를 켜고 전기가 흐르지않는 구간이나 중립구간에 진입할때나 전차선의 섹션사이의 전압이 차이가 많이 날때는 효과적으로 아크를 소호해 주어야 한다. 그리고 구조적으로 간단하고 트래킹 내구성과 아크내구성이 높은 절연부품과 절연슬라이드를 사용하고 제조과정이 용이하고 운송과 설치의 편리성이 있어야 하며 사용기간은 10년이상이며 절연슬라이드의 보호막의 사용기간 5년 이상등의 조건이어야한다. 또한 절연확보를 위하여 구분장치는 조건에 적합한 성능과 구성품간의 간격을 준수했기 때문에 전차선의 섹션사이의 절연성을 안전하게 보여준다. 절연부품과 슬라이드의 절연강도는 누설전류길이, 보호막과 유리섬유강화플라스틱

축의 코팅, 트래킹-침식내구성, 우천시 방전전압에 따라서 결정된다. 불소를 함유한 합성 중합체 파이프 로 구성된 절연부품의 누설전류길이는 전압이 3kV일 때는 400mm이상, 전압이 15kV일때는 550mm이상, 전압이 25kV일때는 750mm이상 이 되어야 한다.

보호막으로 구성된 절연부품의 누설전류길이를 불소를 함유한 합성중합체파이프로 구성된 절연부품의 누설전류길이보다 20-25%높게 계산해야 한다. 즉, 위의 각 전압에 따른 누설전류길이는 각각 500, 700, 1000mm이다. 보호막이 팬터그래프 집전판의 압축재료와 카본으로 제조된 집전면과 접촉할 때 절연슬라이드도 동일한 누설전류길이를 가지고 있어야 한다.

아크특성을 좋게하기 위하여 구분장치에서는 빈간격이 가능한 작아야 한다. 전압이 3kV 인경우, 누설전류길이는 100-120mm; 전압이 15kV일때는 140-160mm; 전압이 25kV일때는 180-200mm이 바람직하고, 아킹혼에서는 누설전류길이는 각각 +60/-10mm; +100/-20mm; +150/-20mm으로 한다. 아킹 혼 discharger가 아크를 소호시켜주는 효율성은 아킹혼의 간격에 달려있다. 즉 간격이 작을수록 아크가 더 효과적으로 소호된다.

팬터그래프가 부드럽게 구분장치를 통과할수 있는 것은 절연체의 구조에 의해 좌우된다. 그리고 팬터그래프집전판의 재료, 규격, 접촉집전면의 호용마모치 등이 큰 역할을 한다. 그림 6에서 보여주는 것처럼 팬터그래프집전판의 길이 전체에 있는 카본집전면이 불규칙적으로 마모되었을 때 팬터그래프집전판이 구

분장치를 부드럽게 통과할수 있는 라인2개와 넓이가 좁고, 절연체의 측이 팬터그래프집전판의 측과 평행하게 설치되었을 때 이런 문제를 해결할 수있다. 폐쇄된 구조와 최소넓이를 가지고 있는 절연슬라이드로 구성된 구분장치가 이런조건을 만족한다. 구분장치가 효과적으로 아크를 소호시킬수있는 것은 아크를 소호시켜주는 장치에 달려있다. 보통 구분장치에서 아크를 소호시켜주는 장치를 혼 discharger 형태를 만든다.

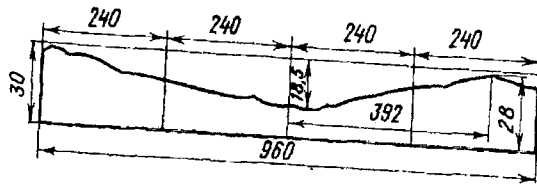


그림 6. 마모된 팬터그래프 집전판의 카본 집전면의 측면.

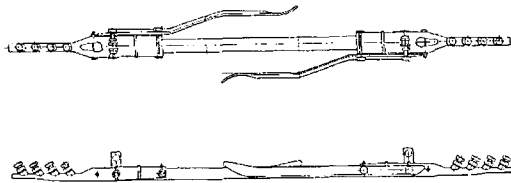


그림 7. 직류용 전차선 구분장치(개량형 Section Insulator).

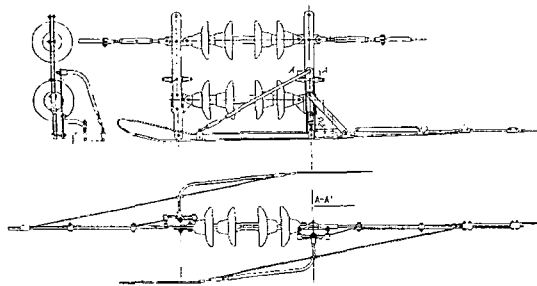
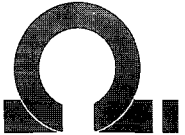


그림 8. 교류용 전차선 구분장치(A형 Section Insulator).

절연슬라이드와 절연부품으로 구성된 구분장치용으로 러시아에서도 하나나 두 개의 horn discharger를 사용한 아크소호장치를 개발하였다. 세계적으로 구분장치의 구조를 설계하는 방향에는 여러 가지가 있다. 가장 큰 차이점은 구분장치에서 사용되는 절연부품이다. 영국의 BICC사는 절연슬라이드로만 구성된 구분장치와 중립집전면으로 섹션 절연체를 제조한다. 이탈리아의 Rebosio사는 불소를 함유한 합성중합체로 만든 ribbed 보호막으로 구성된 절연부품을 사용한 섹션절연체를 제조한다. 프랑스의 LERK사는 규소유기체수지로 만든 ribbed 보호막으로 구성된 절연부품을 제조한다. 러시아에서는 불소를 함유한 합성중합체 파이프로 된 매끄러운 측의 절연부품을 사용한 구분장치와 절연슬라이드를 사용하여 구분장치를 제조한다. 독일에서는 절연부품의 역할을 하는 유리섬유강화플라스틱으로 만든 중합바형대의 집전면을 사용하여 구분장치를 개발하였다. 구분장치를 개발할때는 안정성확보, 팬터그래프집전판이 시속 300km/h의 고속으로 통과할 때 매끄럽게 통과할수 있어야 하며, 효과적으로 아크를 소호시키는 능력, 구분장치의 제조단가 인하, 유지보수관리비용절감, 설치비용절감등에 많은 중점을 둔다. 구분장치의 설치를 용이하게 하기위해서 전차선에 연결할 때 전차선을 절단하지않고 구분장치를 설치할수 있는 die clip을 개발하였다. 이런 구분장치를 러시아와 스위스에서 개발하였다 이상적인 구분장치는 지속적인 straight glide line을 가지고 있고, 아크를 효과적으로 소호시키는 능력, 아크가 아크소호장치에서만 발생, 구분장치를 설치할 때 전차선을 최대로 사용하고 하나나 두 개의 전차선을 가지고 있는 전차선로에서 사용할수 있고 더블전차선에서 사용할수 있어야 하며, 수명은 10년 이상, 최소의 유지비용이 들어야 한다. 그림 7과 그림 8은 직류용과 교류용 구분장치의 일예를 보여준다.

6. 결론

전기철도는 직류, 교류, 직/교류 전기방식이 사용되고 있으며, 주로 AT 급전방식이 사용되고 있다는 것을 이미 살펴보고, 또한 전기철도용 전철설비의



절연시설물중 대표적인 절연애자 및 전차선구분장치에 대하여 알아 보았다. 전기철도용 절연애자의 경우, 일반 송배전설비에서의 형태별 기능별 다양성을 가지기 보다는 각 설비 및 시설개소에 대한 적합성이 강조되며, 전차선구분장치는 절연성과 함께 전동차의 판타그래프의 접촉에 대한 기계적 강도도 함께 요구되어지는 복합성을 가지고 있어 많은 연구가 필요한 부분이기도 하다. 이러한 절연장치이외에도 전차선에 근접한 시설물로부터의 절연성을 확보하기 위하여 전차선에 사용되는 절연방호관등이 있다. 해마다 전기철도용 절연설비의 절연열화 및 외부적인 요인 등에 의하여 절연파괴에 의한 전기사고가 발생하고 있으며, 이러한 사고는 경제적인 손실과 함께 일상생활에 많은 불편을 주고 있으므로 사고에 의한 파급효과를 최소화하기 위한 근본적인 대책수립이 필요하며, 이러한 대책으로서 절연장치의 재료적 연구와 더불어 절연열화등에 대한 진단기술의 개발이 이루어져야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] “전철설비의 절연열화 진단기법에 관한 연구”, 한국철도기술연구원, p. 17, 1995
- [2] “最新 電氣鐵道工學 “日本電氣學會, p. 147, 1998
- [3] “電車線技術進展の あゆみ “電車線工業協會, 平成8年. 5月
- [4] “전기철도용 Closed type 절연구분장치 기술개발에 관한 연구”, 한국철도기술연구원, 12월호. 2001
- [5] “KSC3824(전차선로용 자기제 애자)”, 한국표준규격, 2003.

· 저 · 자 · 약 · 력 ·

성명 : 이강원

◆ 학력

- 1995년 충북대 전기공학과 공학사
- 2000년 충북대 대학원 전기공학과 공학석사
- 2001년 현재 충북대 대학원 전기공학과 박사과정

◆ 경력

- 1995년 대한항공 근무
- 1998년 한라중공업 증장비연구소 연구원
- 2003년 현재 한국철도기술연구원 주임연구원

성명 : 임기조

◆ 학력

- 1973년 한양대 공대 전기공학과 공학사
- 1986년 한양대 대학원 전기재료공학과 공학박사

◆ 경력

- 1977년 1981년 국방과학연구소 연구원
- 1983년 현재 충북대 전기전자공학부 교수
대한전기학회 편집이사
- 2004년 현재 대한전기학회 C부문 부회장
한국전기전자재료학회 평의원
- 2003년 현재 충북대 기획협력처장

