

전기 철도 터널 내 전력설비의 효율적 설계 및 구현

An Efficient Electric Installation Design and Implementation for Electric Railway Tunnels

이 규 대* 전 정 표** 김 광 호***
Lee, Gyu-Dae Jeon, Jeong-Pyo Kim, Kwang-Ho

Abstract

The efficiency and performance of electric facilities in electric railway tunnels are quite important factors for operation and maintenance of railway since most of maintenance works for railways are doing during the night. Specially, in the railways like Gyeong-Chun Line passing through many mountains, many parts of railways are constructed with tunnels.

So, this paper proposes the efficient electrical installation design scheme for railway tunnel considering the system performance, economics, and the reliability of power supply to tunnel electric facilities. Finally, the proposed design scheme is implemented to the tunnel design for Gyeong-Chun Line (Electric Railway).

키워드 : 철도 터널, 철도 터널 전력설비

Keywords : railway tunnel, electric facilities for railway tunnel

1. 서론

현재 환경을 보호하고, 주변 경관을 해치지 않도록 하기 위해 많은 철도노선 구간이 터널로 건설되고 있다. 터널 내에 시설되는 각종 등기구, 조명 제어 설비 등의 전력설비는 보통 철도 전철 전력 설비 시설지침에 따라 합리적이고 경제적인 시설방안을 검토하여 선로 운영에 차질이 없도록 설계 시공된다. 특히 고밀도의 열차운이 예상되는 전기철도의 궤도, 전차선로, 신호, 통신설비의 보수는 주로 야간에 이루어지는 것이 특징이며, 보수작업의 효율성으로 높이기 위한 조명용 전원의 확보

등 보수시설에 필요한 전력공급이 중요한 요소로 작용한다. 2010년 말 준공된 경춘복선전철의 경우, 전체 노선의 30[%] 이상이 터널로 구성되어 있어 터널 내 보수작업을 돕기 위한 조명 및 콘센트 설비와 거리유도 표지, 대피소, 소화기, 비상전화, 배수펌프에 원활하게 전원을 공급할 수 있는 효율적인 전력설비 설계 및 시공이 필요하였다.

따라서 본 논문에서는 터널내 전력설비 전원공급 및 조명제어 방식에 대하여 새롭게 변화된 제반 법규 및 기준을 반영하고 또한 고속철도와 일반철도를 통합한 전철전력 시설시행 지침을 고려하여, 효율적이고 경제성이 높은 전기철도 터널내의 전력설비 시설방안을 제안하고자 한다. 또한 제시한 방안을 통해 설계, 적용한 경춘선의 터널내 전력설비 시공사례에 대해서도 기술하도록 한다.

* 강원대학교 산업대학원 전기공학과 석사과정
** 강원대학교 대학원 전기전자공학과 박사과정
*** 강원대학교 IT대학 전기전자공학부 교수, 공학박사, 교신저자

2. 전기철도 터널내 주요 전력설비 현황

2.1 연선설비 및 터널 조명설비

터널에 조명 및 콘센트 저압 배전선로는 3Φ 4선식 380/220[V]를 표준으로 하며, 철도 역사에서 먼 거리에 있는 터널의 경우는 변압기를 설치(22.9[kV]/380[V]/220[V])하여 전원을 공급한다. 조명설비의 설치 높이는 바닥면 상 형광등기구 1.8[m], 스위치 함은 1.2[m], 콘센트 높이는 0.5[m] 높이를 표준으로 하며 조명기구의 설치간격은 10[m]를 표준으로 하고 광원에 따라 그 간격을 달리 할 수 있다. 콘센트는 40[m] 1개를 표준으로 하고 있으나 최근에는 단선은 100[m] 복선은 200[m]로 설치되는 것을 기준으로 하고 있다. 경춘선의 경우는 터널내 콘센트 간격이 40[m]로 설계되어 있다.

터널내 조명설비는 KSA3703 터널 조명기준과 철도청 전기시설관리 규정의 조명설비로 구분할 수 있으나 KSA3703의 경우 터널 내 운전자의 시야를 확보하기 위한 것으로 높은 조도를 요구하고 있어 철도 시설물 유지관리용으로의 적용은 불가능할 것으로 판단된다. 현행의 터널 내 조명 및 콘센트 설치 기준을 비교하면 다음과 같다.

표 1 터널내 조명 및 콘센트 설치 기준

구 분	철도청	고속 철도	서울 지하철	
조 명	사용 램프	FL 1/32 [W]	저압나트륨 36[W]	FL 1/40[W]
	설치 간격	편측 10[m]	지그재그 20[m]	지그재그 20[m]
	설치 높이	1.8[m]	3.4[m]	3.0[m]
	기준 조도	5[lx]	10[lx]	10[lx]
	점멸 방식	Push Button	Push Button	MCCB
	점멸 구간	500[m]	500[m]	역 간
콘 센 트	설치 간격	지그재그 60[m]	편측 60[m]	지그재그 [60m]
	설치 높이	1.0[m] 이상	0.5[m]	1[m]
	공급 전압	단상 220[V]	단상 220[V]	3상4선 380/220 [V]

2.2 터널 조명 광원 및 등기구의 비교

현재 터널내 사용하는 광원을 구분하면 HID Lamp와 형광등으로 구분 할 수 있으며 HID Lamp 중 운전자의 눈부심을 방지하기 위하여 나트륨램프 사용이 일반적인 추세이다. 각각의 램프를 비교하면 저압나트륨 램프는 효율은 높으나 램프의 평균 수명이 짧고 점등 시간이 길어 순회차나 보수자가 대기하는 시간이 길고 시공비가 고가이다. 고압 나트륨램프는 램프의 평균수명이 가장 길어 유지 보수 면에서 유리하나 점등시간이 길고 전력 소비율이 높다. 형광램프는 저온에서 시동이 어려우나 방습방진 등기구를 사용 할 경우 -20℃까지 정상 점등 되므로 가장 경제적이며 점등시간이 짧고 연색성이 우수하다.

터널내 설치되는 등기구는 터널내 습도와 디젤 기관차 운전시 발생하는 매연, 분진 등으로 인한 부식의 발생이 예상된다. 각각의 등기구 특성을 살펴보면 철재 등기구는 제작 단가가 저렴하나 방수 방습 능력이 부족하고 부식가능성이 높아 수명이 짧은 단점이 있다. 알루미늄 주물제 터널 등기구는 무게가 가볍고 녹방지가 양호하나 방수 방습 성능이 다소 떨어지고, 내부식성에 또한 그다지 우수하지 못한 단점이 있다. 따라서 현재의 터널 등기구 사용에 있어서, 제작 단가는 다소 증가하나 제질상 부식성이 가장 우수하고 방수, 방습, 방진에 양호하여 등기구 수명이 반영구적인 형광등용 방습방진 등기구 사용이 늘어나는 추세에 있다.

3. 전기철도 터널 전력설비 설계안

3.1 터널 조명의 배열 방식

터널내 등기구 배열방식은 양측배열, 중앙배열, 편측배열로 구분할 수 있으며, 이중 중앙배열의 경우 조명효과는 좋으나, 전차선과 근접하게 설치됨으로 유지 보수시 문제가 될 것으로 판단되어, 배제하고 양측배열 및 편측배열을 비교하여 선로의 특성에 맞는 배열을 선정하였다. 터널내 조명 배열 방식을 상호 비교 분석하면 표 2와 같다.

표에서 요약된 것처럼 편측배열이 시설비가 저렴하며 유지관리에 용이하나, 조도 분포가 균일하지 못하고, 터널폭이 8.4[m]인 복선 터널의 경우는 반대편 선로측이 어둡게 되어 선로 점검 및 보수공사시 지장을 초래하게 된다. 따라서 시설비는 다소 증가하나 조도분포가 균일하며 시설간격이 적어지는 효과를 얻을 수 있고, 선로점검 및 보수공사가 손쉬운 지그재그 배열로 선정함이 바람직하다고 판단되었다. 또한 터널폭이 4.1[m]인 단선 터널의 경우는 편측배열을 하여도 유지보수에 별 어려움이 없다고 판단되어 시설비가 저렴한 편측 배열로 설계 시공하는 것이 적절하다고 판단된다.

표 2 터널내 조명 배열방식의 비교 분석

구 분	양측배열		편측배열
	지그재그 배열	마주보기 배열	
시설방법	터널 양측벽에 비대칭으로 시설	터널 양측벽에 대칭으로 시설	터널 한측벽에 시설
시설간격	S=10[m]	S=10[m]	S=10[m]
시설높이	H=1.8[m]	H=1.8[m]	H=1.8[m]
시설 폭	8.4[m]	8.4[m]	4.1[m]
조 도	T5 FL 1/28W 10[m] 양측 =14.5[lx]	T5 FL 1/28W 10[m] 양측 =14.5[lx]	T5 FL 1/28W 10[m] 편측 =14.85[lx]
장·단점	조도분포가 좋음 유지관리가 어려움 시설비 증가	조도분포가 보통 유지관리가 어려움 시설비 증가	유지관리가 용이 시설비 저렴 조도분포가 나쁨
비용	130[%]	130[%]	100[%]
실제 조도 측정치	14.56[lx]	14.52[lx]	14.87[lx]

3.2 터널 전등 및 전열 공급 회로 구성

터널내에 전등 및 전열부하에 대한 공급방식을 4가지로 구성하여 각각에 대한 장단점을 분석하여 가장 적절한 방식을 선정하였다. 고려한 공급방식은 다음과 같다.

가. 설계안 1

- ① 전등과 전열공급을 분리
- ② 조작반의 간격 : 500m
- ③ 상하행선 통합 공급
- ④ 3상 4선식 2회로

이 경우, 전력공급을 기능별로 분리하며, 전등회로와 관계없이 전열회로의 사용이 가능하다는 장점이 있으나, 시설비용이 다소 높을 것으로 예상되었다.

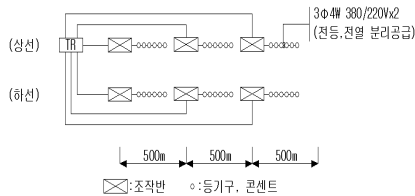


그림 1 설계안 1의 구성도

나. 설계안 2

- ① 전등과 전열공급을 통합
- ② 조작반의 간격 : 500m
- ③ 상하행선 통합 공급
- ④ 3상 4선식 1회로

3상 4선식 표준방식이며 시설비용이 적게 들어 경제성면에서 유리하나, 전등회로 장애시 500m 구간에 전열기능이 상실되는 문제점이 있다.

다. 설계안 3

- ① 전등과 전열공급을 통합
- ② 조작반의 간격 : 300m
- ③ 상하행선 통합 공급
- ④ 3상 4선식 1회로
- ⑤ Main 분전반 상하행선 분리

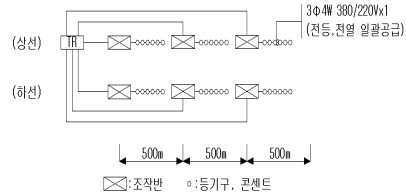


그림 2 설계안 2의 구성도

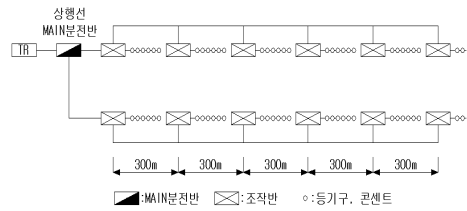


그림 3 설계안 3의 구성도

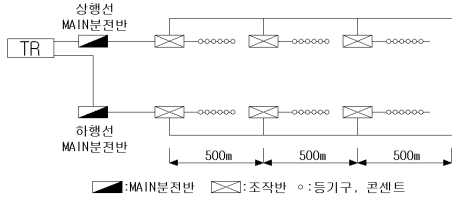


그림 4 설계안 4의 구성도

현재 경춘선에서 사용되고 있으나, 전등장에서 전열기능이 상실되며, Main 분전반 고장시 상하행선이 모두 정전이 되는 문제점이 있다. 시설 비용 또한 크게 줄어들지는 않는다.

라. 설계안 4

- ① 전등과 전열공급을 통합
- ② 조작반의 간격 : 500m
- ③ 상하행선 분리 공급
- ④ 3상 4선식 2회로
- ⑤ Main 분전반 상하행선 분리

전등, 전열을 동시에 공급하고 있어, 전등 장애시 전열을 상실하는 문제점은 있다. 그러나 Main 분전반을 상하행선으로 분리하여 공급하기 때문에 한쪽 분전반이 고장 나더라도 나머지 선로의 전원 공급은 지장이 없다. 또한 낮은 시설비로 경제성 측면에서도 유리한 면이 있다.

이상의 4가지 설계안을 비교 검토한 결과, 설계안 4가 가장 적절한 것으로 평가되었다. 이 경우, 전열설비가 복선기준 500m 구간에 200m 간격으로 2개 또는 3개만이 설치되고, 한쪽 선로 구간에 장애

발생하여도 반대편측 선로의 전등, 전열설비를 활용하여 유지 보수등 업무수행이 가능하며, 마찬가지로 한쪽 Main 분전반 다른 쪽 분전반을 이용하여 업무 수행이 가능하다는 장점이 있다. 또한 경제성 측면에서도 가장 뛰어나기 때문에, 현재 경춘선의 경우 설계안 3을 이용하고 있으나, 향후 타 전철 신규 공사나 보수 공사시 설계안 4를 적극 도입하는 것이 적절할 것으로 판단된다. 참고적으로 제안한 설계안을 다소 세밀하게 나타내면 그림 5와 같다.

4. 결론

본 논문에서는 터널내 전력설비 전원공급 및 조명 제어 방식에 대하여 새롭게 변화된 제반 법규 및 기준을 반영하고 또한 고속철도와 일반철도를 통합한 전철전력 시설시행 지침을 고려하여, 효율적이고 경제성이 높은 전기철도 터널내의 전력설비 시설방안을 제시하였다. 기존 철도 터널의 전력설비 현황을 분석하였고, 이를 토대로 터널 조명의 배열방식, 터널 전등 및 전열설비의 전력공급 방식 등 기본적인 터널 전력설비에 대한 회로 구성안을 제시하였다. 또한 현재 경춘선에서 적용하고 있는 전등 및 전열설비의 전력공급방식은 향후 신규 선로 건설 및 보수 공사시 보다 경제적이고 효율적이라고 판단되어지는 본 설계안으로 개정되는 것이 바람직하다고 보여진다.

참고 문헌

- [1] 한국철도공사, 철도 전철전력 설비 시설 지침, 2010. 02.
- [2] 장우진 외 5인 공저, 최신 조명환경원론, 문운당, 2007.
- [3] 김선호, 철도시스템 이해, 자작 아카데미, 1998.
- [4] 이규대, “철도배전계통 및 터널 전력설비 시공방안 개선에 관한 연구,” 강원대학교 산업대학원 석사논문, 2011.8.

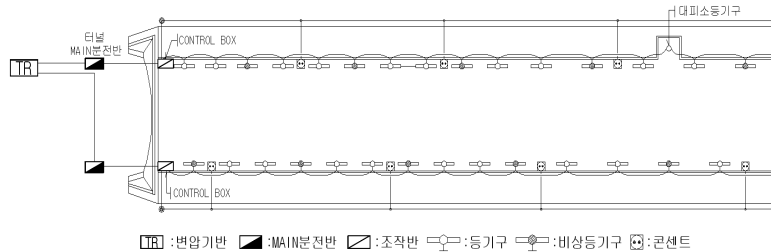


그림 5 터널내 전력설비 설계안