

## 전기철도 전원공급 안정화 계획 및 군포변전소 개량

## A stability plan for Electric Railway power supply and improvement of Gunpo Substation

유향복<sup>\*†</sup>, 김동철<sup>\*</sup>, 손동식<sup>\*</sup>, 이주한<sup>\*</sup>, 최단비<sup>\*</sup>Hyang-Bok Ryoo<sup>\*†</sup>, Dong-Cheol Kim<sup>\*</sup>, Dong-Shik Son<sup>\*</sup>, Ju-Han Lee<sup>\*</sup>, Dan-Bi Choi<sup>\*</sup>

**abstract** South Korea electric railways were constructed from industrial rail for the purpose of transporting anthracite coal in 1960s. And then, after metropolitan subway line 1 was opened in 1974, railways which were centered in the big city had been built and the major main lines are being to be electric railways from the mid-1990s.

Electric locomotives have been mainly operated in the metropolitan area and electric railways were operating for the purpose of being electrified. After Gyeongbu High-Speed Railway was opened in 2004, power supply needs the large load comparing to conventional railways

At the time of the construction plan of the electric railway, the demand for electric trains were greatly increased due to the population concentration in the metropolitan area and the increase in intercity movement demand, resulting in an overload of the train power supply system. Also improvement of facilities due to the long-term use from construction is required.

Accordingly, by establishing a comprehensive and sequential improvement plan for the electric power supply system of the electric rail network, the improvement is being promoted from the priorities.

Uijeongbu substation in metropolitan area were improved and Geumjeong substation in western area have been recently built for replacing the time-worn Gunpo substation.

In addition, substation facilities will be planning to be improved in the test section of the Gyeongbu High-Speed railway, and also Noan substation in Honam line, Maegok substation in Jungang line and Juan substation in Gyeongin Line are being improved expanding substation capacity load in the main lines.

By promoting the improvement project, it will contribute to safety operation and convenience by stably supplying power to the electric rail network.

**key word** : Electric substation, Gunpo/Geumjeong substation

**초 록** 우리나라의 전기철도는 1960년대 무연탄 수송을 목적으로 산업선으로부터 전기철도가 건설된 이후 1974년 수도권 1호선 전철망이 개통되면서 대도시 위주의 도시철도가 건설되었고, 1990년 중반부터 주요 간선의 전철화가 본격적으로 추진되었다. 대도시권에는 주로 전동차가 운행되었고 주요 간선에는 전기기관차의 운행을 목적으로 전철화가 진행되었고, 2004년 경부고속철도가 개통되면서 전원공급에서도 일반철도에 비해 대용량 부하로 변경되었다.

전기철도 건설 계획 당시의 전기차량 운행수요는 대도시권 인구집중화와 도시간 이동수요의 증가로 열차운행이 대폭적으로 증가하게 되어 전철전원 공급계통의 과부하를 초래하게 되었다. 또한 건설로부터 장기간 사용으로 인한 노후시설의 개량도 요구된다.

이에 따라 국가 전기철도망의 전철전원 공급계통에 대하여 전면적이며 순차적인 개량계획을 수립하여 우선 개량이 요구되는 노선부터 개량을 추진하고 있다. 수도권의 의정부변전소가 개량을 완료하였고, 서부권의 군포변전소를 금정변전소로 변경 신설하는 공사가 최근에 완료되었다. 아울러 경부고속철도 시험선 구간의 변전설비에 대한 전면개량을 계획하고, 호남선 노안변전소, 중앙선 매곡변전소, 경인선 주안변전소 등 간선구간의 변전용량 증설이 병행하여 진행되고 있다. 이러한 개량사업을 추진함으로써 전기철도망에 안정적으로 전원을 공급하여 열차안전운행과 여객의 편의증진에 기여할 것이다.

**주요어** : 전철변전소, 급전안정화, 군포변전소, 금정변전소

† 교신저자: 한국철도시설공단 시설본(ryoohb@kr.or.kr)

\* 한국철도시설공단 시설본부

## 1. 배경

우리나라 전기철도의 현재와 같은 전철전원 공급시스템은 1960년대 산업선 BT방식의 개통과 1974년 수도권 1호선 AT방식 및 직류방식 개통이 시작이다. 이후 수도권의 증가되는 교통수요를 확충하기 위하여 경인선, 경부선, 경원선의 전철망이 연장되었고, 1990년대에는 분당선, 과천선, 일산선 등 서울 외곽으로 운행되는 광역철도망이 도시철도와 함께 단계적으로 건설 개통되었다.

1990년대 중반부터 주요 간선의 전철화와 경부고속철도의 건설이 본격적으로 시작되었다. 전기철도 도입 50년이 지난 현 시점에서 전기차량의 동력원인 전철전원 설비에 대하여 급전 안정화를 구축하기 위하여 노후 시설의 장래적인 개량계획을 검토할 단계에 이르렀다.

급전 안정화를 위한 변전설비는

- 사용중에 받는 각종 스트레스나 시간이 지남에 따른 열화 등에 의해 설비의 전기적 성능이나 기계적 성능이 저하되고, 사용상의 신뢰성이나 안정성이 현저히 저하될 우려가 있다.
- 시설이 유효하고 충분한 기능을 발휘하며 안전하게 사용되는 기간을 내용연수라고 하며, 철도운영자의 규정[1] 및 철도시설 관리자의 규정[2]에서는 변전설비의 내용연수를 설비별로 10~15년으로 규정하고 있으나 현재 전국에 운영중인 변전설비의 상당수가 15~20년 이상되어 설비 노후화로 인한 사고의 위험성을 내포하고 있어 노후 변전설비에 대한 개량이 필요하고,
- 노후 설비가 아니라 하여도 철도차량의 고속화에 따른 대응량화 및 운행시격 단축, 인접 노선의 신규 개통 등으로 건설 당시의 용량이 부족하여 주변압기를 증설 개량해야 할 필요성이 있다.

## 2. 전철전원 급전 안정화 계획

### 2.1 운용중인 변전설비 현황

#### 2.1.1 변전설비 현황

전기차량이 운행되는 노선은 경부선, 호남선 등 22개의 일반철도와 경부고속 및 호남고속선, 수서고속선 등 3개의 고속철도 노선이 운영되고 있다.

전원 공급방식은 모든 노선에 대하여 교류 25,000 [kV]를 공급하고 있으며, 서울 도시철도 3호선과 연계운행되는 일산선만 직류 1.5 [kV]를 공급하고 있다. 교류 급전방식은 한전으로부터 154 [kV], 직류 공급방식은 22.9 [kV]를 공급받아 전차선로 전압으로 변환하여 공급한다.

현재 전철변전소는 [표1]과 같이 총 61개소로

교류 56개소(일반43,고속13), 직류 5개소(일반5)가 운영되고 있다.

[표 1. 변전설비 및 송전선로 현황]

2020.1.1.기준

구분	단위	계	일반 철도	고속 철도
변전소	직류 개소	5	5	-
	교류	56	43	13
급전구분소	"	66	51	15
보조급전구분소	"	157	155	2
병렬급전소	"	41	-	41
철도교통관제센터	"	1		1
송전선로 (연장)	가공 km	783.7	610.3	173.4
	지중	799.9	595.5	204.4
	계	1,583.6	1,205.8	377.8

송전선로는 총 연장 1,586.6 [km]가 운영되고 있으며, 가공과 지중이 각각 50% 수준이다.

### 2.1.2 노후설비 및 개량 현황

현재 운영중인 변전설비의 노후 현황은 [표 2]와 같다.

[표 2. 전철변전소 노후현황]

(단위:개소,%)

구분	경과연도			설치주량	
	15년 이내	15~20년	20년 이상		
합계	26 (42.6)	19 (31.1)	16 (26.2)	61 (100.0)	
고속	소계	8 (61.5)	4 (30.8)	1 (7.7)	13 (100.0)
	경부1단계	-	4	1	5
	경부2단계	3	-	-	3
	호남	3	-	-	3
	수도권	2	-	-	2
일반	소계	18 (37.5)	15 (31.3)	15 (31.3)	48 (100.0)
	직류	-	-	5	5
	교류	18	15	10	43

변전소내 주요설비(변압기, 개폐기 등) 내용연수[2](15년)를 감안할 때 노후율은 57.3%(35개소) 수준이며, 직류변전소의 일부설비를 교

체 감안시 40.1%로 전철전원의 안정적인 공급을 위하여는 내용연수 도래 전 선제적인 개량이 요구된다.

수도권의 경우 경부고속철도 1단계 건설시 구로변전소를 용량증설 개량하였고, 최근 열차운행계획의 변경에 따라 부하량 증가로 호남선 노안변전소, 중앙선 매곡변전소의 주변압기를 용량증설 교체하였고, 경인선 주안변전소는 주변압기를 추가 증설하는 공사가 진행되었다. 또한 수도권 서남부권의 전원공급을 담당하였던 군포변전소를 금정으로 변경 신설하여 안정적인 전원공급을 추진하였다.

### 2.1.3 전철전원 급전 안정화 계획[4]

전철전원의 급전 안정화를 수립하기 위하여 고속 및 일반철도의 변전설비에 대한 장애사례, 사용연수(운영기간)등과 시뮬레이션을 통한 용량의 적정성, 열차운행 상황에서의 전압강하등을 종합적으로 고려하여 개량에 대한 중장기 시행계획을 마련할 필요성이 있다.

가. 중장기 개량계획의 기본적인 방향으로 다음과 같은 사항의 검토가 요구된다.

- 사용연수, 장애(고장), 운영현황, 열차운행횟수 등 노선 중요도 반영
- 노후변전설비와 용량증설을 병행 검토 분석하여 우선순위 결정
- 단기적으로 용량부족이 우려되는 변전소는 적절한 전압강하 보상대책 마련
- 변전소 디지털, 스마트급전제어시스템 등 그린 뉴딜정책에 적극 대응할 수 있는 시행계획 수립추진

나. 개량계획의 추진 방법

- (시뮬레이션) 전력사용량 조사결과로 설비용량 대비 최대전력을 검토하여 시뮬레이션 대상을 선별(6개 변전소 구간 대상)
- 단기대책으로 우선 개량이 시급한 변전소 3~4 개소를 우선 선정하여 개량(설계)추진
- 주변압기 용량부족, 연장급전시 전압강하가 우려되는 변전소는 용량증설 및 전압보상장치와 효과를 비교 분석하여 보상대책 마련
- \* (용량증설 사례) 변압기 추가 신설(모란, 주안SS), 변압기 증설교체(노안, 매곡SS), 전압강하보상장치 설치(용정SP)

다. 설비 개량의 우선순위 선정요인

노후 시설의 개량 우선순위를 결정하기 위하여 노후도, 중요도, 운영성을 고려하여 평가를 시행하고 우선순위를 선정한다.

- 노후도 : 주요 설비의 사용기간 및 고장횟수
- 중요도 : 급전 구간의 회선수 (단선/복선/2복선) 및 열차통행량
- 운영성 : 전력사용량, 자체수급 여건, 설치 및 사용환경

라. 단계별 개량계획 수립

개량의 우선순위 결정에서 노후상태가 한계에 도달했으나 후순위로 평가되는 결과가 발생하여 평가결과를 노후도로 그룹핑하여 선제적으로 개량을 추진할 필요성이 있다.

- 단기 : 운영기간 20년 이상으로 안정적 열차 전원 공급에 지장되는 변전소(16개소, 26.2%)
- 중기 : 운영기간 15년 이상으로 주요설비가 대부분 내용연수 초과 변전소(19개소, 31.1%)
- 장기 : 운영기간 15년 미만으로 장기적인 개량 계획 수립이 필요한 변전소(26개소, 42.7%)

## 3. 군포변전소 개량

### 3.1 금정변전소 신설[3,5]

금정변전소의 설치에 KTX 열차의 운영(수원발, 송도발) 및 노후시설 개량의 복합적인 요인으로 위치 이동 및 전면개량의 사례가 되었다. 향후 도심간 고속철도 차량 투입과 고밀도 운행이 진행될 경우 기존 운영중인 변전설비의 개량은 우선적으로 이루어져야 한다.

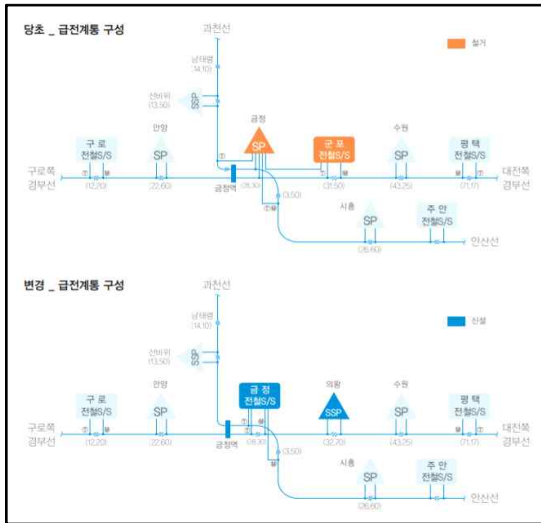
다음은 최근 군포변전소를 폐지하고 금정변전소를 신설 개통하여 급전 안정화를 시행한 사례이다.

- 송전선로 : 금정 154 [kV] 지중송전선로 (한전 의왕변전소로부터 지중케이블 3.2km)
- 변전설비 : 170 [kV] GIS 4Bay, 72.5[kV] GIS 17Bay, 29 [kV] GIS 16Bay  
전철제어반 13면, 주변압기 90 [MVA] 2대  
단권변압기 유입 7,500[kVA] 13대  
단권변압기 몰드 5,000[kVA] 4대  
SDP 3면, 고장점표정반 6면, 원격진단장치 4면  
저압반 4면, UPS 4면, 배터리반 3면
- 전차선 : 금정SP가 변전소로 변경됨에 따라 절연구분장치(FRP22m)를 과천선, 안산선과 연계하여 기술적, 경제적, 안전한 측면에서 위치 변경 설치
- 통신설비 : 기존 및 신설 시설물과 철도교통 관제센터와의 원활한 기기체어 및 감시가 가능하도록 회선 구성
- 신호설비 : 절연구분장치 설치개소에 고속열차, 전동차, 전기기관차의 열차장, 가속도, 감속도 등 고려하여 관련 폐색신호기 이설

### 3.2 급전계통

신설 금정 전철S/S는 [그림 1]과 같이 기존 금정SP 부지 서기(현)28km300지점의 경기 군포시 금정동 90번지 일원에 건설되고, 신설 금정 전철S/S 앞에 절연구분장치를 설치하였다. 기존 군포 전철S/S가 철거되고 기존 금정SP 부지(구

로방면 약 3.2km 이동)에 신설 금정 전철S/S가 건설됨에 따라 경부선 급전계통의 급전거리는 신설 금정 전철S/S ~ 기존 수원SP간 급전거리가 약 15km 이므로 철도설계지침 및 편람(KR CODE)에 의한 표준 AT간격(8~10km) 유지를 위하여 의왕SSP를 추가 건설하였다. 신설 금정 전철S/S ~ 의왕SSP간 급전거리는 약 4.4km이며, 의왕SSP ~ 기존 수원SP간 약 10.55km로 급전거리상 중간에 위치하지 않으나 경부선 급전계통의 적정 AT간격(8~10km)을 만족하도록 하였다.



[그림 1. 금정변전소 급전계통도 -당초/변경]

### 3.3 효과

- 경기도 의왕시 부근에 주변 경관을 해치던 가공 송전선로 및 첩탑을 지하케이블로 매설 시공(지중송전선로 개량)하고, 그간 혐오시설로 분류되었던 옥외변전소를 주변 환경과 조화 되도록 건물안에 설치하여, 쾌적한 주변 생활공간을 제공
- 과천선 및 안산선 전철전원 공급을 위한 선로변 가공 급전선로를 철거하고 금정 전철변전소에서 직접 공급하므로써 유지보수 시 안전사고(감전, 추락)를 예방
- 기존 군포변전소 주변압기 용량[30MVA]을 금정변전소 신축으로 인하여 90 [MVA]로 증설 수도권 서부권의 전철 급전 안전화를 구축
- 인근 전철변전소(주안, 평택, 구로) 공급장에서 금정 전철변전소에서 안정적인 연장 급전이 가능
- 군포변전소의 부지는 기존 노후 설비를 철거하고 한국서부발전(주)에 제공하여 정부의 신재생에너지 공급 활성화 정책에 부응하는 수소연료전지발전 사업 부지로 사용

## 3. 결론

우리나라의 전기철도는 산업화를 위한 광물 운

송노선 확충으로 시작하여 수도권의 인구 집중에 의한 교통 해소를 위해 도시철도가 전기철도를 기준으로 철도 건설이 이루어졌다고 볼 수 있다. 현재는 초창기 우리나라에 도입되었던 유럽이나 일본의 전기철도 시스템들이 우리의 철도 환경에서 많은 부분 국산화가 진행되었다고 볼 수 있다.

현재 운영중인 전철변전소 또는 변전설비에 대하여 내용연수와 노후도를 복합적으로 검토하여 개량의 한계를 정량화하여야 한다

전기를 이용한 철도에서 전원 계통의 안정성이 확보된다는 것은 대량수송 철도의 원칙을 지키고 운영자의 고객에 대한 신뢰도 향상과 철도시설물의 안전관리가 명확하게 이루어짐을 보장하는 것이다. 철도시설물의 정상 기능 유지를 위한 선제적인 개량이 적시에 이루어져야 함은 철도운영의 안전확보에 최선의 방법이라는 것을 제시하고자 함이다.

### [참고문헌]

- [1] 한국철도공사(2018), 전기시설물 유지보수 규정
- [2] 한국철도시설공단(2020), 회계규정시행세칙
- [3] 한국철도시설공단(2020) 금정변전소 건설사업 건설지
- [4] 한국철도시설공단(2019) 전철 전원공급설비 중장기 KR SD E\_040개량방안 수립용역
- [5] 한국철도시설공단(2016) 수도권지역 전철 전원급전안정화 금정SP 변전설비 및 변전 건물 실시설계 용역 설계보고서. pp.8~pp.13