

수변전설비의 표준화에 관한 연구

- 지하철 역사전기설비를 중심으로 -

A Study on Standardization of the Electric Facilities for distribution & Translations

- Focused on the Electric Facilities in Subway Stations -

조성필*

강차녕**

김학련***

CHO, SUNG-PIL

KANG, CHA-NYEONG

KIM, HAK-LYUN

ABSTRACT

In our modern society, such electric facilities as lighting, elevators, water supplies, drainages, waste water treatments and landscape lighting are being more enlarged, diversified and technology-intensive owing to outstanding technological development, while they require reliable and safe electricity.

On the other hand, as more electric energy is consumed with more complicated systems operated, any accident from a personal electric system is likely to have wider spreading effects.

In particular, the electric receivers and transformers installed for such public facilities as subway stations require highest safety, reliability and economy, but such requirements tend to be less considered than such financial requirements as budget conditions, much less their safety and reliability.

In such a circumstance, this study was aimed at suggesting some standards for safe, reliable and economic subway electric systems in terms of their scale, location and uses.

Specifically, this study put forwards the ways to optimize and standardize the electric systems including receivers and transformers for subway stations in order to make them safer, more reliable and economic.

1. 서론

현대사회는 기술의 고도성장과 더불어 조명, 승강기, 급수시설, 배수시설, 오수처리시설, 경관조명 기타 설비 등 전기설비는 대형화, 다양화, 기술집약화되고 있으며 양질의 전기품질과 신뢰성, 안전성이 요구되고 있다.

더불어 전기에너지의 이용규모가 커지고 시스템 구성이 다양해짐에 따라 계통에서의 사고발생 파급영향이 커지고 있다. 특히, 지하철역사와 같은 공공의 다중이용시설에서의 수변전설비는 시설장소, 안전성, 신뢰성, 경제성 등을 고려하여 결정되어야 하지만, 대체적으로 소유주의 예산 등 경제성 고려가 우선되어지고 안전성, 신뢰성은 후순위 선정 요인이 되기도 한다. 따라서, 수변전설비에 있어서 그 시설규모, 장소, 용도 등을 지표로 안전성, 신뢰성, 경제성을 고려한 시스템의 표준화 연구를 하고자 한다. 본 연구에서는 지하철역사 구내 수변전설비를 중심으로 시스템 최적화 및 표준화 방안을 제시하여 안전성을 확보하고 신뢰성을 제고하는데 그 목적을 두었다.

* 서울산업대학교 철도전문대학원 석사과정, (주)중앙전기 대표이사.

E-mail :21ja@naver.com

TEL : (031)572-4500 FAX : (031)572-1369

** 고려대학교 일반대학원 박사과정, 대한주택공사 차장.

*** 서울산업대학교 전기공학과 교수, 공학박사

2. 본 론

2.1 연구목적

최근 우리나라는 경제성장과 더불어 기술도 급속한 발전을 이루었고 조명, 동력설비 등 전기설비는 더욱 복잡화, 다양화, 기술집약화되고 있다. 또한 생활수준 향상에 따라 양질의 전기품질과 신뢰성, 안전성이 요구되고 있다. 따라서, 전기계통의 사고발생시 과급영향을 최소화하고 전기공급 신뢰도향상, 안전성 확보와 경제성 확보는 매우 중요하게 요구되고 있다. 그 동안 수변전설비는 안전성과 최적화를 통한 사고의 신속한 처리보다는 경제성에 중점을 두어 왔다 해도 과언이 아니었다. 본 연구에서는 지하철 역사 수변전설비의 부하특성, 용도와 시설장소 등 실태를 조사분석하여 시스템 단순화 및 최적화할 수 있도록 표준화 기준(안)을 제시하고자 한다. 표준화를 통한 경제성은 다소 떨어지지만, 안전성과 설비운용 및 관리상의 편리성에 중점을 두어 기준을 설정하였으므로 안전성·신뢰성 등 수요자 요구에 따른 최적의 시스템 설계와 사고의 신속한 조치가 가능하도록 함에 본 연구의 목적을 두었다.

2.2 연구범위 및 구성

전기설비에 있어서 수변전설비는 매우 중대한 설비임을 누구도 부인하지 못할 것이다. 수변전설비는 그 시설장소와 용도, 부하용량에 따라 다양하고, 인명의 중요성을 감안할 때 사고 등에 대한 신속한 조치는 필수적이라 하겠다. 상시 이용 인구가 많고 사고시 다수의 인명피해가 우려되는 지하철과 같은 공공장소의 수변전설비를 중심으로 그 시설의 최적화와 표준화 기준설정을 연구하고자 한다. 본 논문의 구성은 역사전기설비의 안전성·신뢰성·경제성 제고를 위한 표준화방안을 제시하고자 제1장에서는 연구의 서론을, 제2장에서는 연구목적, 범위와 구성 그리고 수변전설비 실태 조사, 표준화 기준설정, 경제성분석, 표준화의 조건을 분석 제시하였으며, 제3장에서는 본 연구를 통한 기대효과 등 유용성에 대해 결론을 맺었다.

2.3 수변전설비 실태 조사

서울도시철도공사 6호선 역사의 변압기용량과 부하설비용량에 대한 자료를 조사, 분석하였으며, 총 부하설비용량대비 변압기의 평균여유율은 146[%], 최대여유율 156[%], 최소여유율은 132[%]였다.

표 1 역사별 변압기용량과 부하설비용량

단위 : kVA

역명	응암	역촌	불광	독바위	연신내	구산	새절	증산	수색	월드컵 경기장	마포구청	망원	합계	최대여유율	최소여유율
TR용량	2,300	2,050	2,150	2,000	2,100	1,650	2,050	2,000	2,400	3,250	2,200	1,800	25,950		
부하용량	1,478	1,377	1,461	1,297	1,393	1,135	1,476	1,308	1,540	2,379	1,672	1,263	17,778		
여유율	1.56	1.49	1.47	1.54	1.51	1.45	1.39	1.53	1.56	1.37	1.32	1.43	1.46	1.56	1.32

표 1에서 보는 바와 같이 변압기용량과 부하설비용량 관계에서 일반적인 전원설비용량에 비하여 수용여유율이 매우 높게 나타났다. 따라서 실태조사에 따른 수용여유율의 평균값을 기준으로 장래 부하증가율, 열차운행과 관련된 부하에 대한 안전율, 고조파발생기기로 인한 변압기 출력감소율 등을 고려하여도 수용여유율은 100~120[%]정도로 반영하는 것이 바람직한 것으로 판단되고, 역사별 부하설비 규모가 거의 유사하지만, 수전설비(변압기용량)는 각 역사마다 다른 차이를 보였다. 이는 경제성은 있을 지라도 차단기 등 구성기기의 차이를 말할 수 있고 유지·보수·관리 인력의 숙련도에 따라 적극 대처가 어렵다는

것을 의미한다. 이에 반하여 변압기의 여유율을 감안한다면 수전용량을 역사 규모에 따라 2~3단계로만 차등을 두어도 문제가 없음을 알 수 있다.

2.4 수변전설비의 시스템 구성

지하철 역사내 수변전설비는 6호선 단일 시스템으로는 발주, 공사, 감리, 준공의 일련의 과정이 동일하게 이루어져 굳이 표준화를 언급하지 않더라도 시스템은 계획적이고 획일적으로 다음과 같이 구성되어 있다. 6호선 전력계통도는 전체 역사를 전원공급의 신뢰성 확보를 위하여 인터록 시스템을 구성하고 있다. 그러나, 이러한 계획성이나 획일성이 표준화의 전부라고 할 수는 없다.

그림 1 수변전설비 계통도

6호선 전체 역사의 규모 및 구조가 동일하지 않아 전기설비의 위치 조명조작, 환기조작, 냉방조작 등 배, 분전반의 위치선정이 일부 유사하였지만, 대부분은 긴급상황을 전제로 한 인간의 행동동선에 미치지 못하는 등 많은 차이가 있었다.

2.5 역사전기설비의 분석

앞서 살펴본 바와 같이 역사내 전기설비는 국내 지하철 전체를 대상으로 조사된 바는 아니지만 6호선은 통일된 계통을 구성하고 있었다. 즉, 전원공급측면에서의 계획적이고 획일적인 적용이 되었음을 알 수 있었다. 또한, 전기설비의 법령 및 기술기준의 표준화내지 국제화에 따른 표준화, 전기재해는 누전으로 감전, 화재, 폭발, 설비의 오동작 재해 등이 발생할 수 있고 이들 재해 예방을 위한 안전설비의 표준화, 부하설비의 종류, 용도에 따라 중대한 신뢰성이 요구되는 경우 백업시스템 등 신뢰도 표준화, 제작 등 경제성을 고려한 표준화는 거의 반영되었다 할 수 있다. 그러나, 설비운영자의 행동 동선 등 심리적, 인간공학적 배치와 용량, 규격 등 운용의 편리성 극대화와 재해 대처의 신속화를 위한 설비의 표준화 부분은 미흡함을 알 수 있었다.

2.6 수전용량의 표준화

역사의 변압기용량과 부하설비용량에 대한 자료를 조사, 분석하였으며, 총 부하설비용량대비 변압기의 평균여유율은 146[%], 최대여유율 156[%], 최소여유율은 132[%]로 분석되었으나, 역사별 부하설비

용량 대비 변압기용량을 단순화하므로서 구성기기 등의 단순, 표준화를 이룰 수 있다.

표 2 역사별 변압기용량과 부하설비용량

단위 : kVA

구분	역명	응암	역촌	불광	독바위	연신내	구산	새철	증산	수색	월드컵 경기장	마포구청	망원	합계	최대 여유율
기존	TR용량	2,300	2,050	2,150	2,000	2,100	1,650	2,050	2,000	2,400	3,250	2,200	1,800	25,950	
	부하용량	1,478	1,377	1,461	1,297	1,393	1,135	1,476	1,308	1,540	2,379	1,672	1,263	17,778	
	여유율	1.56	1.49	1.47	1.54	1.51	1.45	1.39	1.53	1.56	1.37	1.32	1.43	1.46	1.56
표준화 기준 (안)	TR용량	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	3,000	2,000	2,000	25,000	
	부하용량	1,478	1,377	1,461	1,297	1,393	1,135	1,476	1,308	1,540	2,379	1,672	1,263	17,778	
	여유율	1.35	1.45	1.37	1.54	1.44	1.76	1.36	1.53	1.30	1.26	1.20	1.58	1.41	1.76

2.7 설비의 위치 표준화

긴급재해 상황 등에 가장 신속한 행동 동선을 고려하여 전기실의 배치는 주된 조명시설 및 소화활동설비 등의 조작성 용이하도록 지하철의 주된 출입구 등 어느 역사나 동일한 위치가 되도록 설계하고 위치를 선정함이 바람직하다.

2.8 설비의 배치 표준화

조명, 비상, 환기, 냉방설비 등 중요도 순위를 정하고 동 순위에 따라 배전반, 분전반의 배치 등 설비의 중요도에 따른 배치를 고려한다.

2.9 설비의 규격 및 차단기 등 배열 표준화

설비용량 등을 고려하여 경제적인 규격으로 선정되고 있으나, 지하철과 같은 중요설비에서 신속한 응급 대처 및 운용인력의 기능 숙련정도를 고려하여 규격, 기기배열의 단순화, 표준화가 요구된다. 한국인의 언어적 특성을 고려할 때 좌에서 우, 상에서 하로의 행동이 기본으로 이루어짐을 가정할 수 있고, 전세계 인구의 80이상이 오른손잡이임을 고려한 동선계획이 선정 요소에 반영되어야 함이 바람직하다.

2.10 경제성 분석

본 연구에서 조사 분석한 결과 설비용량의 표준화, 단순화, 위치 및 배치 표준화로 경제성은 다소 떨어지나, 지하철 전기설비의 주된 운용자인 전기기능 인력의 숙련도와 잦은 근무지 순환배치 등을 고려하고, 어느 호선, 어느 역사이건 내, 외적인 응급상황에 신속한 대처로 안전성을 보장하고 인명재해 예방 측면에서 본 연구에서 제시하는 표준화 방안의 수용이 필요하다.

2.11 역사전기설비의 표준화 조건

본 연구에서 제시한 표준화의 주된 목적은 안전성, 신뢰성을 향상함에 있고, 근본적 목적은 단 한명의 인명재해라도 간과할 수 없고 사전 예방 조치가 요구된다. 따라서 본 연구에서 제시하는 표준화는 다음과 같은 조건이 전제 되어야 한다.

- (1) 지하철과 같은 공익성이 큰 수변전설비는 경제성이 최우선되어서는 아니 된다.
- (2) 표준화를 전제로 법령, 기술을 위법하여서는 아니 된다.
- (3) 전기설비는 눈으로 확인하기 곤란한 대용량의 에너지로 누전 등으로 인한 재해는 2차적 재해 및 인명재해까지 이를 수 있다. 따라서 설비의 표준화에 앞서 안전성이 최우선 고려되어야 한다.

3. 결 론

본 연구에서는 지하철 역사 수변전설비의 부하특성, 용도와 시설장소 등 실태를 조사, 분석한 결과, 종합적인 부하 수용여유, 부하설비 운용과 변압기용량의 적용실태를 조사, 분석한 결과 조명, 전열용 변압기에 대한 수용여유율의 평균값은 117[%], 동력용 변압기에 대한 수용여유율의 평균값은 101.3[%]로 나타났으며, 서울지하철 6호선의 경우, 전력용 변압기는 용량(규모)면에서 사무용 빌딩이나 병원과 같은 전력 다소비 시설에 비해서 많은 여유분이 있는 것으로 조사되었으며, 역사 내 전기설비는 국내 지하철 전체를 대상으로 조사된 바는 아니지만 서울지하철 6호선은 통일된 계통을 구성하고 있었다. 즉, 전원공급측면에서의 계획적이고 획일적인 적용이 되었음을 알 수 있었다. 또한, 전기설비의 법령 및 기술기준의 표준화내지 국제화에 따른 표준화, 전기재해는 누전으로 감전, 화재, 폭발, 설비의 오동작 재해 등이 발생할 수 있고 이들 재해 예방을 위한 안전설비의 표준화, 부하설비의 종류, 용도에 따라 중대한 신뢰성이 요구되는 경우 백업시스템 등 신뢰도 표준화, 제작 등 경제성을 고려한 표준화는 거의 반영되었다 할 수 있다. 그러나, 설비운용자의 행동 동선 등 심리, 인간공학적 배치와 용량, 규격 등 운용의 편리성 극대화과 재해 대처의 신속화를 위한 설비의 표준화 부분은 미흡함을 알 수 있었다.

지하철 역사내와 같은 다수의 공공이용 장소에서의 전기설비는 높은 신뢰성과 완벽한 안전성을 요구하고 있으나, 전기설비는 사고로부터 완벽한 계통을 구성한다는 것은 불가능하고 수용가의 요구에 따라 안전성, 경제성, 신뢰성 등을 조합하여 적정한 계통을 구성하게 된다. 본 연구에서는 지하철 전기설비의 신뢰성, 안전성을 고려한 최적시스템 구축을 위하여 시스템의 표준화 연구를 수행하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 본 연구에서는 변압기용량을 단순화함으로써 구성기기 등의 단순화로 시스템의 운용, 신뢰, 안전성 향상을 기여 할 수 있도록 용량의 표준화를 제안하며,

둘째, 긴급재해 상황 등에 신속한 대처로 피해의 범위가 최소화 되도록 행동 동선을 고려하여 전기설비는 주된 조명, 환기, 냉방, 소화활동설비 등의 조작이 용이한 지하철의 주된 출입구 등 어느 역사에서나 동일한 장소에 위치가 되도록 제안한다.

셋째, 조명, 비상, 환기, 냉방설비 등 부하설비의 특성에 따라 중요도 순위를 정하고 동 순위에 따라 배전반, 분전반 등의 배치 표준화를 제안한다.

넷째, 운용인력의 기능 숙련도를 고려하여 기기의 규격, 배열의 단순화, 표준화가 요구된다. 즉, 한국인의 언어적 특성을 고려할 때 좌에서 우, 상에서 하로의 행동이 기본으로 이루어짐을 가정할 수 있고, 전세계 인구의 80이상이 오른손잡이임을 고려한 규격 및 배열의 표준화를 제안한다.

끝으로, 본 연구의 조사, 분석결과에서 제시한 바와 같이 지하철과 같은 많은 사람이 이용하는 공공장소에서의 전기설비의 변압기 용량, 설의 위치, 반의 배치, 기기의 규격 및 배열의 표준화는 안전성 확보와 신뢰성, 편리성 제고에 매우 유용함을 제안하였다.

다만, 본 연구과정에서 기간 등의 제약으로 자료조사가 서울지하철 6호선에 국한되었고, 배치 등의 표준화를 위한 인간의 행동동선을 중심으로 한 심리학적, 인간공학적 연구가 미흡하였음을 밝혀 둔다. 따라서 본 연구를 토대로 연구가 지속되고 전기설비의 표준화를 이룩하는데 초석이 되기를 바란다.

(참 고 문 헌)

1. 송길영, “송배전공학”, 동일출판사, 1988.
2. 김용주, “송배전공학”, 형설출판사, 1982.
3. 기다리, “전기관계법규집”, 도서출판 기다리, 2000.
4. 대한전기협회, “전기관계법령집”, 대한전기협회, 2003.
5. 내선규정전문위원회, “내선규정”, 대한전기협회, 2000.
6. 내선규정전문위원회, “내선규정”, 대한전기협회, 2003.
7. 의제, “신 전기기술계산핸드북(제2판)”, 도서출판 의제, 1999.
8. 이원교 외, “전기설비의 설계 및 시공”, 동일출판사, 1989.
9. 정용기 외, “수.변전설비의 계획과 설계”, 도서출판 의제, 1995.
10. 지철근 외, “.최신 전기설비”, 문운당, 1995.
11. 최홍규, “전력사용시설물 설비 및 설계”, 성안당, 2000.
12. 김세동 외, 전력관리 효율화 운용방안 연구, 통상산업부, 1998
13. JIS C 4620, “キュービクル式 高壓受電設備”, 日本規格協會, 1992.
14. 經濟産業省, “解説 電氣設備の技術基準”, 文一總合出版, 2001.
15. 日本電氣協會, “日本 内線規程” 社團法人 日本電氣協會, 2004
16. 서울메트로, “일반전기”, 서울메트로, 2006.
17. 정현기, 차광석, 민병훈, “회귀분석이론을 이용한 서울지하철의 변압기용량 산정기준에 관한 연구”, 한국철도학회, 2006.
18. 장수용, “서울지하철 역사내의 수용률 기준설정에 관한 연구”, 서울산업대학교 철도전문대학원, 2006.
19. 강차녕, “수변전설비 고장계산 프로그램 연구”, 고려대학교, 대한주택공사. 2001~2004.