

지하철 역사전기설비의 수용률 기준설정에 관한 연구

A Study on the Guidelines for Demand Factor of Electrical Facilities in Subway Stations

장수용* 김학련**
Jang, Su Yong Kim, Hak Lyun

ABSTRACT

The electric facilities for subway stations require reliable and safe electricity in spite of their load increases rapidly.

Nevertheless, Korea Electrical Safety Corporation reports that the accidents of independent electric facilities increased greatly from 4,632 cases in 1998 to 6,024 in 1999 and 6,776 cases in 2000, while the ratio of the accidents related with transformers grew gradually.

As it is, it is deemed very important to minimize the spreading effects of the electric system accidents and thereby, enhance reliability of the electric supply as well as its safety.

According to the fact that the electric facilities for subway stations are important for the public safety and conveniences, it should be careful to set their capacity instead of simply applying the general capacity standard to them, and thereby, improve their economy as well as prevent their accidents.

With such a basic conception in mind, this study is aimed at analyzing the characteristics of the electric load in the subway stations and thereupon, suggesting some guidelines for setting of the electric facility capacity for subway stations in terms of optimal operation and safety.

1. 서 론

지하철 역사전기설비는 양질의 전기품질과 신뢰성, 안전성이 요구되고, 전기부하는 급속히 증대되고 있다.

이러한 환경변화에도 불구하고 한국전기안전공사 자료에 따르면 자가용전기설비에서의 연간 사고발생건수는 1998년 4,632건, 1999년 6,024건, 2000년 6,776건으로 증가하고 있으며 이들 사고중 변압기 관련사고도 점차 증가하고 있다. 따라서, 전기계통의 사고발생시 과급영향을 최소화하여 전기공급 신뢰도를 향상하고 안전성을 확보는 매우 중요하게 요구되고 있다. 지하철 역사전기설비는 공공의 안전과 편리성을 추구하여야 하는 중대한 시설임을 감안할 때 일반수용률의 적용으로 수전설비용량을 결정함으로써, 경제성은 물론 과대 또는 과소설비로서 사고발생의 원인이 되어 왔다고도 볼 수 있다. 이에 지하철역사내의 부하특성을 분석하고 수용설비의 최적화와 안전성 확보는 물론 경제성 및 신뢰성을 확보하기 위한 수용률 기준설정에 관한 연구를 하고자 한다.

2. 본 론

2.1 부하종류

* 서울산업대학교 철도전문대학원 석사과정.

** 서울산업대학교 전기공학과 교수, 공학박사.

1) 일반부하

정전에 따른 특별한 배려가 요구하지 않는 일반조명 및 동력부하로서 전등, 전열 및 환기동력(일반조명 및 전열, 일반동력, 광고용 조명, 자동판매기, 에스컬레이터등)

2) 상시부하

1호계 및 2호계를 저압부하측에서 자동절체 되도록 ATS를 설치하여 한호계 이상시에도 상시부하에는 항상 전원공급이 가능 하도록 한 부하(상시조명, 터널조명, 방송, 통신, AFC, 급수펌프,, 오수펌프, 소방 동력, 충전기, 장애인용 엘리베이터, 휠체어리프트, 소화전, 비상콘센트 등)

3) 비상부하 및 조명설비

- (1) 모든 전력 계통이 정전되었을 경우에도 승객의 안전을 위하여 예비 전원설비(Batthey)로부터 전력공급을 요하는 부하(비상조명, 배전반 조작전원 등)
- (2) 특히 전기실 상시배전반(ATS)에서 “C”회로를 구성하여 대합실, 승강장, 주요 기능실의 등기구는 축전지가 내장된 형광등을 사용, 역사의 완전 정전시(사고시)에도 점등 되도록 하여 승객의 안전 및 사고복구에 만전을 기하였다.

2.2 부하분담

1) 전등부하

표 1 전등부하

용 도	부 하 구 분			전압[V]	비 고
	1호계	2호계	비상전원		
일반조명	1/2	1/2	전부 ATS반	220	·역사 완전정전시 1시간 점등 (축전지내장형 형광등기구)
“C”회로	1/2			220	
비상조명	-	-		DC 110	
터널조명	1	(1)		380/220	
유도등	1	(1)		220	
광고등	1/2	1/2		220	

2) 전열(콘센트)부하

표 2 전열(콘센트) 부하

용 도	부 하 구 분			전압[V]	비 고
	1호계	2호계	비상전원		
일 반 용	1/2	1/2		220	·1호계 고장시 2호계로 전환 ·별도수전 또는 분리계량
비 상 용	1	(1)		380/220	
상 가 용	1/2	1/2		380/220	
청 소 용	1/2	1/2		220	
터 널 용	1	(1)		380/220	
자 판 기 용	1/2	1/2		220	
상 주 기 능 실	1/2	1/2		380/220	

3) 동력부하

표 3 동력부하

용도		부하구분			전압[V]	비고
		1호계	2호계	3호계		
소화전 펌프		1	(1)		380/220	·1호계 고장시 2호계로 전환
배수,오수펌프		1	(1)		380/220	·1호계 고장시 2호계로 전환
일반용환기실		1/2	1/2		380/220	(배수펌프실내 ATS 설치)
배연설비		1	(1)		380/220	·1호계 고장시 2호계로 전환
에스컬레이터		1/2	1/2		380/220	
충전기		1	(1)		380	·1호계 고장시 2호계로 전환
냉동기보조		-	-	1	380/220	
급수펌프		1	(1)		380/220	·1호계 고장시 2호계로 전환
스프링클러		1	(1)		380/220	·1호계 고장시 2호계로 전환
터널 환기	인근	1	(1)		380	·1호계 고장시 2호계로 전환 (환기실내 ATS설치)
	중앙			1	6,600	·고압환기실

4) 기기부하

표 4 기기부하

용도		부하구분			전압[V]	비고
		1호계	2호계	비상전원		
화재수신반		1	(1)		220	·1호계 고장시 2호계로 전환
중앙감시반		1	(1)		220	·1호계 고장시 2호계로 전환
조명제어반		1	(1)		220	·1호계 고장시 2호계로 전환
방송장치		1	(1)		220	·1호계 고장시 2호계로 전환
A·F·C		1	(1)		380/220	·1호계 고장시 2호계로 전환
신호기기		1	(1)		380/220	·전용회로

2.3 변압기용량 대비 부하설비용량 분석

1) 역사별 변압기용량 대비 부하설비용량

도시철도 6호선 역사의 변압기용량과 부하설비용량에 대한 자료를 조사·분석하였으며, 총 부하설비용량 대비 변압기의 평균여유율은 146[%], 최대여유율 156[%], 최소여유율은 132[%]로 분석되었다.

표 5 역사별 변압기용량(kVA) 대비 부하설비용량(kVA)

역명	응암	역촌	불광	독마위	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

그림 1 역사별 변압기용량(kVA) 대비 부하설비용량(kVA) 비교

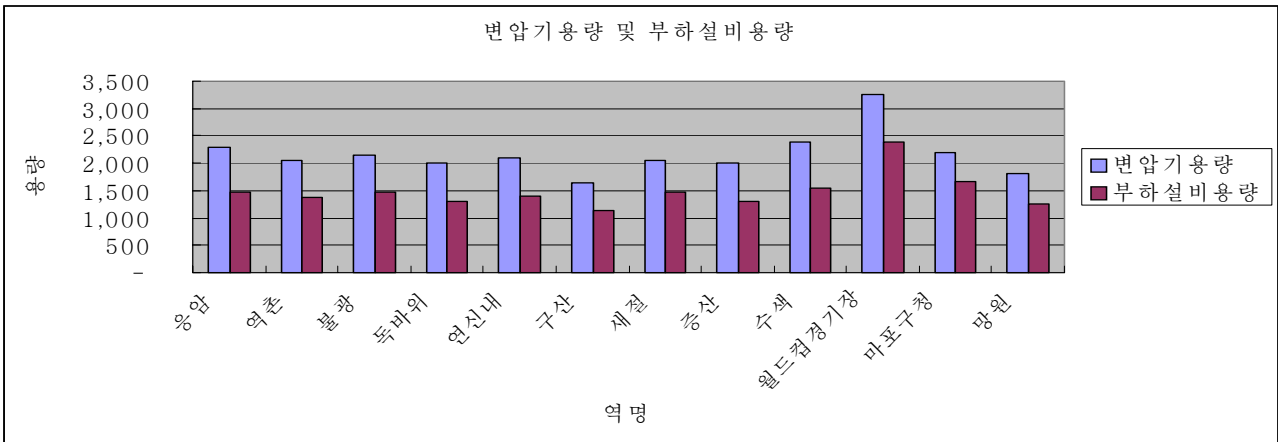


그림 5.1에서 보는 바와 같이 변압기용량과 부하설비용량 관계에서 일반적인 전원설비용량에 비하여 수용여유율이 매우 높게 나타났다. 따라서 실태조사에 따른 수용여유율의 평균값을 기준으로 장래 부하증가율, 열차운행과 관련된 부하에 대한 안전율, 고조파발생기기로 인한 변압기 출력감소율 등을 고려하더라도 수용여유율은 100~120[%]정도가 적정하다고 판단된다.

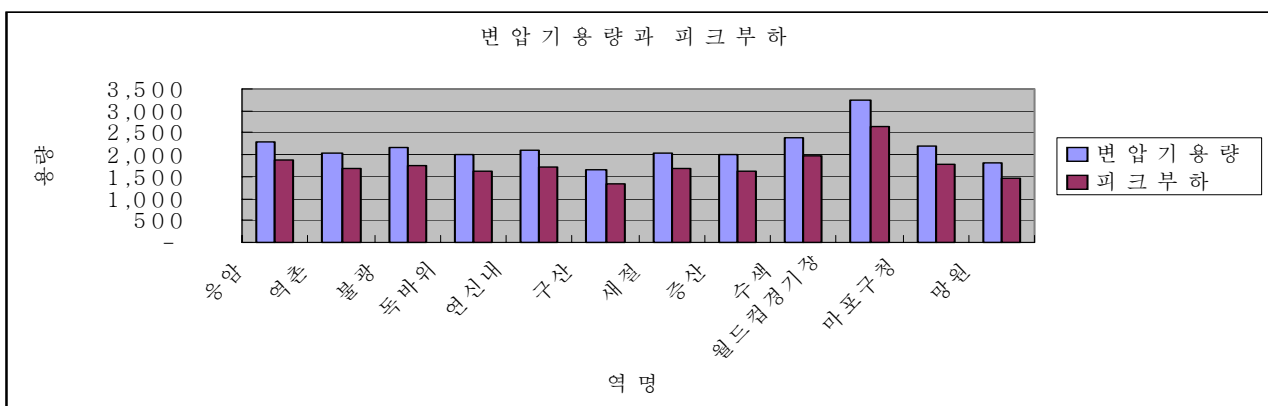
2) 역사별 변압기용량과 피크전력 분석

역사의 변압기용량 대비 피크부하에 대한 자료를 조사·분석하였으며, 평균설비 여유율은 123[%]로 분석되었다.

표 6 역사별 변압기용량과 피크전력 분석

역명	변압기용량(kVA)	피크부하(kW)	설비여유율
응암	2,300	1,877	1.23
역촌	2,050	1,673	1.23
불광	2,150	1,755	1.23
독바위	2,000	1,632	1.23
연신내	2,100	1,714	1.23
구산	1,650	1,347	1.23
새절	2,050	1,673	1.23
증산	2,000	1,632	1.23
수색	2,400	1,959	1.23
월드컵경기장	3,250	2,652	1.23
마포구청	2,200	1,795	1.23
망원	1,800	1,469	1.23

그림 2 역사별 변압기용량(kVA)과 피크전력(kW) 분석



2.4 수용률 기준 설정

1) 기준설정 조건

- (1) 역사내 전력설비 계통의 운용은 1호계 고장시 2호계에서 1호계 전 부하를 분담할 수 있도록 Tie계통을 구성하고 있는 바 상호간의 설비용량(부하율)이 충분히 고려되어야 한다
- (2) 평균부하율과 피크부하율이 고려되어야 한다.
- (3) 일반 장소와는 달리 지하공간으로 많은 사람들이 이용하게 되는 공공의 장소이므로 전기공급의 신뢰성, 안전성이 고려되어야 한다.

2) 수용률(demand factor) 기준 제시

수용률은 수용장소의 총 전기설비 용량에 대한 수용전력의 비율을 백분율로 나타내며, 역사의 변압기용량과 부하설비용량 분석자료에 따르면, 총 부하설비용량대비 변압기의 평균여유율은 146[%], 최대여유율 152[%], 최소여유율은 132[%]로 분석되어, 에너지이용효율의 극대화화 경제성 제고를 위하여 부하설비 대비 변압기 여유률은 1.20를 제시한다. 최대부하율을 보더라도 80%선을 유지하고 있어 부하설비용량의 1.20배를 제시한다.

3) 부하율(load factor) 재 검토

부하율은 사용기간에 따라 일, 월, 연부하율로 나누어지며 사용기간이 길면 부하율의 값이 작아지고 변압기 및 수용가 등에 따라 달라진다. 즉, 부하율은 전기설비가 어느 정도 유효하게 사용되는가를 나타내며 부하율이 높을수록 설비가 효율적으로 사용되는 것이다. 수용여유율을 1.20으로 적용하더라도 평균부하율은 10%대, 최대부하는 80%대를 유지하게 된다.

2.5 경제성 분석

역사의 부하설비용량 대비 여유률 1.20으로 부하설비 대비 20%정도 여유가 있고 응암(마포구청)전기분소 기준 설비비와 전력요금 합계 연간 8700 만원의 원가 절감을 할 수 있다.

표 7 경제성 분석

역명	여유율	TR용량	부하용량	수정여유율	수정TR용량*부하율/등률	수정TR용량	용량차이(kVA)	설비비절감액	효율98%기준	효율98%개선kVA	차이kVA	년간손실전력량kWh	1kW전기요금	전력요금절감액
응암	1.56	2,300	1,478	1.25	1,848	1,850	450	5,400,000	46	37	9	78,840	73	5,755,320
역촌	1.49	2,050	1,377	1.25	1,721	1,750	300	3,600,000	41	35	6	52,560	73	3,836,880
불광	1.47	2,150	1,461	1.25	1,826	1,850	300	3,600,000	43	37	6	52,560	73	3,836,880
독바위	1.54	2,000	1,297	1.25	1,621	1,650	350	4,200,000	40	33	7	61,320	73	4,476,360
연신내	1.51	2,100	1,393	1.25	1,741	1,750	350	4,200,000	42	35	7	61,320	73	4,476,360
구산	1.45	1,650	1,135	1.25	1,419	1,450	200	2,400,000	33	29	4	35,040	73	2,557,920
새철	1.39	2,050	1,476	1.25	1,845	1,850	200	2,400,000	41	37	4	35,040	73	2,557,920
중산	1.53	2,000	1,308	1.25	1,635	1,650	350	4,200,000	40	33	7	61,320	73	4,476,360
수색	1.56	2,400	1,540	1.25	1,925	1,950	450	5,400,000	48	39	9	78,840	73	5,755,320
월드컵경기장	1.37	3,250	2,379	1.25	2,974	3,000	250	3,000,000	65	60	5	43,800	73	3,197,400
마포구청	1.32	2,200	1,672	1.25	2,090	2,100	100	1,200,000	44	42	2	17,520	73	1,278,960
망원	1.43	1,800	1,263	1.25	1,579	1,600	200	2,400,000	36	32	4	35,040	73	2,557,920
합계	1.46	25,950	17,778	1.25	22,223	22,450	3,500	42,000,000	519	449	70	613,200	73	44,763,600

3. 결 론

본 연구 논문에서는 지하철 역사 변압기의 적정한 용량을 산정하기 위한 기존의 수용률, 부하율, 최대부하율, 효율, 부하중설 등을 고려하여 최적의 수용률 기준(안)을 제시하기 위해, 부하설비 운용과 변압기용량의 적용실태를 6호선 마포구청 전기분소를 대상으로 자료조사를 실시하였으며 수용여유율에 관한 최대값, 최소값, 평균값 등을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 역사의 변압기용량과 부하설비용량에 대한 자료를 조사·분석하였으며, 총 부하설비용량대비 변압기의 평균여유율은 146[%], 최대여유율 152[%], 최소여유율은 132[%]로 고찰하였으며,

둘째, 역사의 변압기용량 대비 피크전력에 대한 자료를 조사·분석하였으며, 평균설비 여유율은 123[%]로 고찰되었다.

셋째, 역사내 전력설비 계통의 운용은 1호계 고장시 2호계에서 1호계 전 부하를 분담할 수 있도록 Tie계통을 구성하고 있는바, 상호간의 설비용량, 평균부하율과 피크부하율, 일반 장소와는 달리 지하공간으로 많은 사람들이 이용하게 되는 공공의 장소이므로 전기공급의 신뢰성, 안전성이 고려되어야함을 고찰하였다.

결론으로, 이와 같은 분석결과를 토대로 에너지이용효율의 극대화와 경제성 제고를 위하여 부하설비 대비 변압기 여유율은 1.20를 제시하였다. 최대부하율을 보더라도 부하율은 80%, 평균부하율은 10%, 최대부하는 80%대를 유지할 수가 있고, 역사의 부하설비용량 대비 20%정도 전원공급 여유가 있으며, 마포구청전기분소 기준 설비비와 전력손실 절감으로 연간 8700 만원의 원가 절감이 예상된다. 다만, 본 연구에서는 역사내의 변압기설비의 계통, 전원설비용량, 부하설비용량 등의 자료가 보다 자세한 자료가 요구되고, 또한, 부하율은 장기간에 걸쳐 일간·월간·계절별·년간 등의 상당한 자료로 비교 분석이 요구되지만, 짧은 기간 동안에 연구결과를 얻고자 자료조사과정에 다소 미흡하였음을 부인할 수가 없다.

향후, 본 연구에서 제시한 수용률을 근간으로 하여 허용오차범위 최소화와 장기간의 자료조사 축적 및 기준에 대한 연구가 지속적으로 이루어 지기를 바란다.

(참고문헌)

1. 기다리, “전기관계법규집”, 도서출판 기다리, 2000.
2. 대한전기협회, “전기관계법령집”, 대한전기협회, 2003.
3. 내선규정전문위원회, “내선규정”, 대한전기협회, 2000.
4. 내선규정전문위원회, “내선규정”, 대한전기협회, 2003.
5. 의제, “신 전기기술계산핸드북(제2판)”, 도서출판 의제, 1999.
6. 김세동, “전기설비기술계산해설”, 동일출판사, 1999.
7. 이원교 외, “전기설비의 설계 및 시공”, 동일출판사, 1989.
8. 정용기 외, “수·변전설비의 계획과 설계”, 도서출판 의제, 1995.
9. 지철근 외, “최신 전기설비”, 문운당, 1995.
10. 최홍규, “전력사용시설물 설비 및 설계”, 성안당, 2000
11. 정현기, 차광석, 민병훈, “회귀분석이론을 이용한 서울지하철의 변압기용량 산정기준에 관한 연구”, 한국철도학회, 2006.
12. 조성필, “수·변전설비의 표준화에 관한연구” 서울산업대학교 철도전문대학원, 2006.
13. 강차녕, “수변전설비 고장계산 프로그램 연구”, 고려대학교, 대한주택공사. 2001~2004.