

도시철도 정거장의 구조형태에 따른 전력원단위 분석에 관한 연구

(A Study on the analysis about the power density according to the structural forms of the urban railway stations)

정현기* · 김세동 · 채희석 · 김재철**

(Hyun-Ki Jung · Se-Dong Kim · Hui-Seok Chai · Jae-Chul Kim)

Abstract

The urban railway station is a structure that consumes a large amount of electric energy. Thus, the rationalization of using electric power is acutely demanded, but statistical data and design criteria that consider operating power load characteristics and structures, are very insufficiency. Therefore, this study investigated and analyzed that electricity consumption a year, characteristics, gross floor area of the station, structure, and etc, on the basis of Seoul metro station 1~4 line. Through regression analysis theory, we verified the overall features and the main tendency by analysis of specific parameter value(average, maximum, minimum, etc). The object of this study is the analysis about power density considering structure of the urban railway station, managing electric energy for the rationalization and setting a new standard of maintenance and construction.

Key Words : Power Density, Urban Railway Station, Electricity Consumption

1. 서 론

우리나라는 GDP 증가와 더불어 에너지소비량도 날로 늘어나, 지난 10년간 국내의 전기에너지 소비는 매

년 7~8%의 높은 증가율을 보이고 있다[1]. 이에 따라 전기에너지의 합리적인 관리 운용방안이 절실히 요구되며, 전기철도로 건설되는 도시철도(일명 지하철) 또한 예외일 수는 없다. 도시철도 정거장을 효율적으로 건설하고 운영하기 위해서는 건축 구조와 전력부하 사용특성에 적합한 전력원단위 적용 등 합리적인 에너지절약 성능중심의 설계기준이 필요하다. 그러나 아직까지 우리나라에는 이런 것을 고려한 도시철도 정거장에 관한 통계적 자료는 거의 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 도시철도 정거장의 전력부하 구성과 사용특성 등이 반영되어 소비된 전력량을 조사·분석하여, 기본계획·설계에 쉽게 적용 가능하고 운영 시에는 정거장 유형별 에너지절약 지침이 될 수

* 주저자 : 서울메트로 전기팀장
** 교신저자 : 숭실대학교 공과대학 전기공학과 교수
* Main author : Head of Electricity team, Seoul Metro
** Corresponding author : Professor, Department of Electrical Engineering, Soongsil University
Tel : 02-820-0647, Fax : 02-817-7961
E-mail : jckim@ssu.ac.kr
접수일자 : 2013년 10월 31일
1차심사 : 2013년 11월 5일
심사완료 : 2013년 12월 10일

있는 전력원단위 기준을 설정함으로써 도시철도의 전기에너지 이용 합리화를 도모하고자 한다.

2. 전기에너지 사용 및 전력부하 구성

2.1 전기에너지 사용실태

에너지관리공단에서 발행한 『2013에너지 통계핸드북』을 통해 국내의 에너지 소비를 살펴보면 2011년 기준, 총에너지소비량은 205,864천toe이고 이중 전력분야는 39,136천toe으로 19.0%를 차지한다. 최근 10년간 전체 에너지원 구성에서 전력소비가 차지하는 비율은 2010년 38.4%에서 2011년에는 57%로 크게 증가하였다[1]. 2012년 12월 서울시는 서울시내 건물에서 소비되는 에너지양이 서울시 전체 에너지사용량의 58%나 차지하고 있다고 발표했다[2]. 이와 같이 국가적 차원에서 전력 사용의 비중이 점진적으로 증가하고 있는 현 시점에서 도시철도 부문에 있어 전기에너지 사용에 대한 합리적인 기준 마련이 요구되고 있다.

2.2 정거장의 구조 및 전력부하 특성

도시철도 정거장(역사)의 내부 구조는 그림 1에서 보는 바와 같다. 다른 노선과의 환승이나 환경조건 등에 따라 정거장의 층수가 늘어난다.

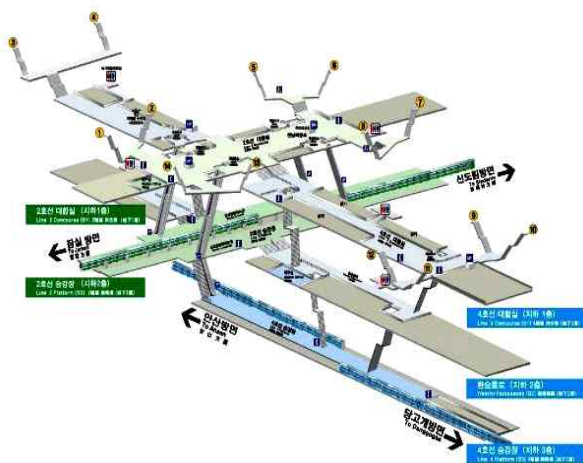


그림 1. 정거장의 내부 구조 예
Fig. 1. The inner structure of the station

승강장은 상하선 본선궤도를 사이에 두고 서로 마주 보고 있으면 상대식이라 하고, 승강장이 상하선 궤도 사이에 위치하면 섬식이라 한다[3-4].

각 정거장마다 전기실을 설치하고 도시철도 변전소로부터 교류 3상 6.6kV 1~3호계 3회선으로 수전하여 정전이나 전로·기기 고장 시에도 전력을 공급할 수 있도록 다중화로 구성되어 있다. 1·2호계는 조명·동력·신호·통신 부하 등에 전력을 공급하고, 3호계는 냉방·터널환기 부하에 전력을 공급한다.

정거장의 저압 전력부하는 용도에 따라 일반부하·상시(상용)부하·비상부하로 구분하며, 정전에 따른 특별한 배려가 요구되지 않는 조명·동력부하를 일반부하라 하고, 방송·통신·역무자동화설비와 배수·오수·급수펌프 및 소방부하 등과 같이 정전 시 정거장 기능과 안전에 심각한 우려가 예상되는 부하를 상시부하라 한다.

상시부하는 1·2호계 중 어느 한쪽 공급계통이 정전될 경우에 다른 계통으로부터 전력공급을 요하는 부하로서 1호계와 2호계 사이에 자동절체스위치를 설치하여 항상 전원공급이 가능하도록 구성되어 있다. 또한 비상부하는 비상조명·배전반 전원 등과 같이 1·2호계 전 계통이 정전되었을 경우에도 승객의 안전을 위하여 예비전원설비(Battery)로부터 전력공급을 요하는 부하로 구성되어 있다[3-4].

3. 조사 분석방법

3.1 전력원단위 조사기준

도시철도 정거장에 대한 전력원단위를 조사하기 위하여 서울지하철 1~4호선 변전소와 정거장 전기실에서 계측된 전력량계(Watt-hour Meter)의 측정값과 정거장 연면적을 대상으로 그림 2와 같이 조사표(Excel table)를 작성하여 실태를 조사하였다.

조사항목으로 정거장 연면적은 서울메트로 『2011년도 경영자료 및 통계편람』과 홈페이지에 게재된 시설현황을 근거로 활용하였다[5,9]. 또한 연간 전력사용량은 2011년 이후 급격한 전기요금 인상으로 인한 강제적 절전시행 이전인 2007~2009년 3년 동안 서울메트

로에서 납부한 전기요금 영수증과 종합관제소에서 데이터베이스화한 전산자료를 활용하였다[9].

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
Line	Station	Above ground	Platform level	Platform length	Area	Power density	Total	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	
1	구파동	지하	완식	205	2층	1.397	292098	292098	29440	29400	21980	29400	18300	12000	7200	9600	12600	14400	14400	
2	구파동	지하	완식	205	2층	5.842	200	156260	122800	251800	117200	107100	108800	108800	146400	152200	140400	108800	153600	
3	구파동	지하	완식	205	2층	2.996	146	307000	266400	216800	101200	244800	170800	200400	354000	361200	260800	208000	220800	
4	합정	지하	상대식	205	2층	6.956	449	311320	228240	217000	176200	195400	186540	270840	360960	406200	339600	254400	230400	
5	합정	지하	완식	205	2층	6.839	252	162900	121200	122400	102900	102900	148000	123600	130000	158400	170400	158400	108000	
6	합정	지하	완식	205	3층	9.805	278	271100	223200	198800	148000	201400	204400	292000	255600	209800	278400	238400	214800	
7	합정	지하	상대식	205	3층	6.240	212	132900	108000	99900	50700	101700	86400	94500	106300	127800	102600	125100	145800	
8	합정	지하	완식	205	3층	5.972	244	1459500	129300	240000	107700	97200	117600	134540	149500	148140	120240	138500	136200	
9	합정	지하	완식	205	3층	13.176	314	4137100	362000	351700	291700	238200	383400	325440	330440	372240	376300	341180	368300	389300
10	합정	지하	완식	205	4층	11.662	254	292900	309000	271200	231600	212400	209400	228000	240000	264000	221430	284400	244800	
11	합정	지하	완식	205	4층	12.503	160	365800	286400	235800	239400	258000	243000	263400	438000	290800	456000	322080	315600	233600
12	합정	지하	완식	205	3층	9.882	339	3346180	285441	225742	205362	224536	241959	310487	322550	332640	444899	258429	234709	268436
13	합정	지하	완식	205	4층	3.869	510	1367700	145800	132000	114000	130700	130200	201300	245400	304500	140400	138000	164400	121200
14	합정	지하	완식	205	3층	8.967	212	1085200	129000	153600	147600	153600	142000	168000	154800	154800	168000	164400	152400	154800
15	합정	지하	완식	205	3층	10.347	392	305770	194760	189040	167400	182340	174960	257400	402120	504300	394200	189720	212700	195040
16	합정	지하	완식	205	2층	6.086	213	1295300	104700	91800	100000	100000	37000	114600	108000	129600	123200	102600	111000	142600
17	합정	지하	완식	205	4층	11.044	112	129200	110970	110951	113665	124446	141444	419104	70900	80400	82963	84463	144160	133390
18	합정	지하	상대식	205	2층	7.775	381	296400	218400	162200	160000	186000	186000	238000	246000	240000	220000	252000	212400	229200
19	합정	지하	상대식	205	2층	7.859	419	380400	285840	211680	203840	182880	145680	154160	145680	414720	311840	296320	212440	242680
20	합정	지하	상대식	205	2층	5.895	295	149500	137400	102300	104400	122760	122400	95100	112200	140700	117000	122000	143400	156600
21	합정	지하	상대식	205	3층	11.554	339	3921600	256800	240400	201600	246000	247200	303600	412000	504000	447600	319200	272400	295600
22	합정	지하	완식	205	3층	9.536	273	2640400	243300	214860	204900	209700	202500	205600	254440	263400	202500	286200	213120	216200
23	합정	지하	상대식	205	3층	8.072	122	988000	86400	84000	72000	80400	80400	70000	70000	53600	70000	84000	68800	85200
24	합정	지하	상대식	205	2층	6.996	301	275300	184300	142400	163000	172800	188640	211800	289120	317520	284840	243360	256320	295640
25	합정	지하	상대식	205	2층	7.321	266	193160	165200	155120	147120	162700	176300	207400	109760	156200	191500	172520	163680	142320
26	합정	지하	상대식	205	4층	12.896	151	194700	155000	151800	136000	122400	130000	176200	170000	184800	185400	200200	165600	151600
27	합정	지하	완식	205	4층	8.139	271	2202560	224320	212840	219200	231480	149160	202880	135640	1542000	132500	176360	195800	131320
28	합정	지하	상대식	205	5층	13.919	156	217600	205840	195940	170250	172300	143860	145400	180360	161800	181100	186580	192940	189940
29	합정	지하	상대식	205	3층	8.195	240	194300	170840	133720	159160	188460	145440	147640	138960	167400	168280	191800	146440	146940
30	합정	지하	상대식	205	3층	8.025	286	217920	192760	177200	168840	180760	179400	163600	168200	170720	169360	197760	200120	214600
31	합정	지하	완식	205	2층	9.025	231	2649720	196000	169600	209200	216080	245520	217440	222000	221440	213440	233600	209200	204400
32	합정	지하	완식	205	2층	9.025	231	2649720	196000	169600	209200	216080	245520	217440	222000	221440	213440	233600	209200	204400

그림 2. 정거장의 연면적 및 전력사용량 조사표 예
Fig. 2. The questionnaire of total area and power consumption in station

조사된 데이터 중에서 계측기기의 고장 또는 기재사항이 부실하거나 정거장 개량공사 및 관련 전력설비 교체 등으로 인해 계측기간 중 오류가 있는 데이터는 분석에서 배제하였으며, 그 주요 내용은 다음과 같다.

- 정거장 전기실의 전력사용량 현황조사
 - 각 정거장(역사)별 월간 전력소비량
 - 기타 전력부하의 목록 및 특이사항 조사
- 건축 일반사항
 - 정거장의 층수 및 지상·지하 구분
 - 연면적 및 승강장의 구조

3.2 통계 분석방법

일반적으로 사용되는 통계분석용 프로그램으로는 SAS(Statistical Analysis System), SPSS(Statistical Package for the Social Science), Excel 등이 있으나, 본 연구에서는 마이크로소프트사(MS)의 엑셀(Excel)을 이용하여 분석하였다. 조사된 자료 전체의 특징과 각 정거장에서 소비하고 있는 전력사용량과 연면적, 그리고 기타 정거장 구조 특성과의 상관관계를 알기

위하여 상관분석을 통하여 확인하였다[6].

중심적 경향을 알아내기 위해서 평균값·중앙값·표준편차·회귀모형식 등의 확률통계적 파라미터(Parameter)들을 전력원단위 기준 설정을 위한 특징 파라미터로 선택하였다. 또한 정거장의 전력소비 특성을 조사·분석하여 데이터의 신뢰성을 확인하기 위하여 선형적인 방법과 비선형적인 방법으로 그 경향을 추정하여 곡선으로 나타내었다. 이러한 방법에 의하여 얻어진 분석 자료를 이용하여 적정 전력원단위를 도출하여 데이터베이스(Data base)화 하였다.

4. 정거장의 전력원단위 분석

4.1 전력원단위의 개요

『전력원단위』는 단위면적당 전기사용량(kWh/m²) 또는 단위면적당 전기요금(원/m²), 단위전력당 전기요금(원/kWh) 등을 나타낸다[7]. 전력원단위는 건축물의 업종·용도·규모·부하특성·관리방법 등에 따라 차이를 보일 수는 있으나, 도시철도 관계기관에게는 정거장 기본설계 시 연간 소비전력량 예상이나 운영 시 전력사용의 적정여부 판단·비교 등에 활용도가 높을 것으로 기대된다.

4.2 국내외 조사 및 선행 연구사례

전력원단위와 관련된 국내의 선행연구 조사된 자료를 근거로 업종별 전력원단위 현황을 살펴보면 표 1과 같다. 조사대상 건축물의 평균 전력원단위는 2008년 기준 203.4kWh/m²로 조사되었으며, 공공건물과 병원, 기타 건축물의 전력원단위가 낮은 반면 전화국은 398kWh/m²로 나타났다. 그리고 백화점, 호텔, 은행 등의 건축물은 평균값보다 높게 조사되었다[7-8].

이러한 결과는 상시 전력사용으로 부하 밀집도가 높은 전화국과 기타 상업성이 큰 백화점, 호텔, 은행 등의 건축물이 일반적으로 에너지절약이 많은 공공건물과 병원보다 상대적으로 높은 에너지 소비를 보이는 것으로 판단된다.

표 1. 업종별 전력원단위
Table 1. The actual result of power density by commercial buildings

구분	평균	공공 건물	일반 건물	백화점	병원	호텔	은행	전화국
전력원 단위 kWh/m ²	203.4	117	163	217	127	202	200	398

4.3 전력원단위 적용실태 분석

4.3.1 정거장의 전력원단위 분석(종합)

서울지하철 1~4호선 정거장 120개소의 연면적은 최소 1,387~최대 18,506m², 평균 연면적은 8,194.3m²으로 조사되었다[5]. 표 2와 그림 3은 조사된 정거장 중에서 3호선 수서~오금 연장구간을 제외한 116개소의 정거장을 대상으로 2007~2009년 3년간 소비된 전력사용량[10] 데이터 342건을 통해 단위 면적당 연간 전력사용량인 전력원단위를 분석한 것이다.

분석결과, 정거장의 전력부하에 대한 평균 전력원단위는 254.2kWh/m², 전력원단위 범위는 최소 57.3~최대 566kWh/m², 표준 편차는 94.9kWh/m²으로 분석되었다. 또한 최소제곱 평균오차는 1차 선형 회귀모형식에서 94.6kWh/m²과 2차 비선형 회귀모형식에서 94.3kWh/m² 정도 발생한 것으로 분석되었다.

표 2. 정거장의 전력원단위 분석(종합)
Table 2. The analysis about power density of the station (total)

항목	최대값	최소값	평균값	표준 편차	증양값
전력원단위 kWh/m ²	566	57.3	254.2	94.9	254

그림 3에서 보는 바와 같이 조사된 정거장 연면적과 전력원단위와의 상관관계는 연면적이 작은 부분이 큰 부분에서 보다는 약간 높게 나타났으며, 상관관계는 낮은 정도로 판단된다.

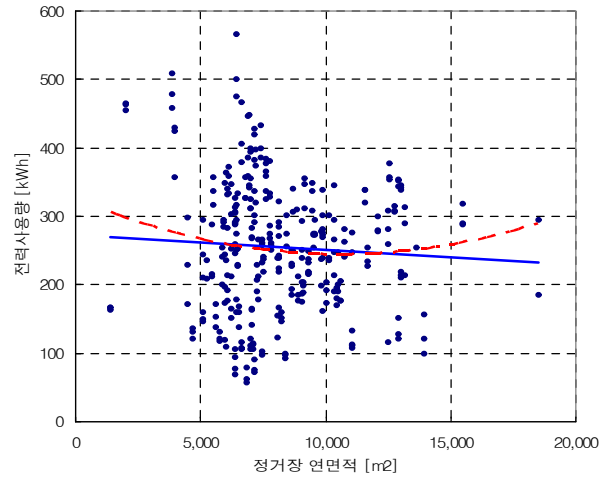


그림 3. 정거장의 전력원단위 적용실태
Fig. 3. The present states of power density by the station

4.3.2 지하·지상 정거장의 전력원단위 분석

지하구조인 정거장 100개소의 연면적은 최소 3,860~최대 18,506m², 평균 연면적은 8,520m²으로 조사되었으며, 또한 지상구조인 정거장의 연면적은 최소 1,387~최대 12,518m², 평균 연면적은 6,883m²으로 조사되었다[5]. 표 3은 2007~2009년간 전력사용량 자료[10] 중 지하구조인 1호선 서울역 등 97개소의 데이터 284건, 지상구조인 2호선 성수역 등 19개소의 데이터 56건을 통해 전력원단위를 조사·분석한 것이다.

표 3. 지하·지상 정거장의 전력원단위 분석
Table 3. The analysis about power density for above and underground the station

구분	항목	최대값	최소값	평균값	표준 편차	증양값
지하	전력원단위 kWh/m ²	566	119.8	279	78.2	274.7
지상	전력원단위 kWh/m ²	269.2	68.4	132.2	39.7	120.9

분석결과, 지하구조 정거장의 평균 전력원단위는 279kWh/m², 전력원단위의 범위는 최소 119.8~최대 566kWh/m², 표준 편차는 78.2kWh/m²으로 분석되었

다. 또한 지상구조 정거장의 평균 전력원단위는 132.2kWh/m², 전력원단위 범위는 최소 68.4~최대 269.2kWh/m², 표준 편차는 39.7kWh/m²으로 분석되었다.

4.3.3 승강장 구조에 따른 전력원단위 분석

승강장 구조가 상대식인 정거장 80개소의 연면적은 최소 3,936~최대 18,506m², 평균 연면적은 8,315m²로 조사되었으며, 또한 섬식 구조 정거장 36개소의 연면적은 최소 3,860~최대 15,490m², 평균 연면적은 8,901m²로 조사되었다[5]. 표 4는 2007~2009년간 전력사용량 자료[10] 중 1호선 시청역 등 상대식 정거장의 데이터 238건과 1호선 청량리역 등 섬식 정거장의 데이터 101건을 통해 전력원단위를 조사·분석한 것이다.

분석결과를 보면 상대식 승강장 정거장의 평균 전력원단위는 272.5kWh/m², 범위는 최소 119.8~최대 467.3kWh/m², 표준 편차는 76.37kWh/m²으로 분석되었다. 또한 섬식 승강장 정거장의 평균 전력원단위는 291kWh/m², 범위는 최소 160.6~최대 566kWh/m², 표준 편차는 80.8kWh/m²으로 분석되었다.

표 4. 승강장 구조에 따른 전력원단위 분석
Table 4. The analysis about power density according to the platform type

구분	항목	최대값	최소값	평균값	표준 편차	중앙값
상대식	전력원단위 kWh/m ²	467.3	119.8	272.5	76.3	266.4
섬식	전력원단위 kWh/m ²	566	160.6	291	80.8	281.5

4.3.4 정거장 층수에 따른 전력원단위 분석

지하 2층 구조인 정거장 67개소의 연면적은 최소 1,387~최대 18,506m², 평균 연면적은 7,598m²로 조사되었고, 지하 3층 구조인 정거장 20개소의 연면적은 최소 3,936~최대 15,490m², 평균 연면적은 9,302m²로 조사되었다. 그리고 지하 4층 구조인 정거장 10개소의 연면적은 최소 3,860~최대 12,896m², 평균 연면

적은 9,869m²로 조사되었다[5]. 표 5는 정거장의 층수에 따른 구분으로 2007~2009년간 전력사용량 자료[10] 중 2호선 합정역 등 지하 2층 정거장의 데이터 229건, 3호선 을지로3가역 등 지하 3층 정거장의 데이터 77건, 4호선 명동역 등 지하 4층 정거장의 데이터 27건을 통해 전력원단위를 조사·분석한 자료이다.

분석한 결과 지하 2층 정거장의 평균 전력원단위는 262.8kWh/m², 범위는 최소 68.4~최대 678.1kWh/m², 표준 편차는 99.7kWh/m²으로 분석되었으며, 지하 3층 정거장의 평균 전력원단위는 233.3kWh/m², 범위는 최소 57.3~최대 430.3kWh/m², 표준 편차는 91.9kWh/m²로 분석되었다. 또한 지하 4층 정거장의 평균 전력원단위는 252.6kWh/m², 범위는 최소 108.1~최대 509.8kWh/m², 표준 편차는 105.6kWh/m²로 분석되었다.

표 5. 지하 정거장 층수에 따른 전력원단위 분석
Table 5. The analysis about power density according to basement level of the station

구분	항목	최대값	최소값	평균값	표준 편차	중앙값
지하 2층	전력원단위 kWh/m ²	678.1	68.4	262.8	99.7	254.5
지하 3층	전력원단위 kWh/m ²	430.3	57.3	233.3	91.9	239.9
지하 4층	전력원단위 kWh/m ²	509.8	108.1	252.6	105.6	259.7

5. 결 론

본 논문에서는 서울지하철 1~4호선 정거장을 대상으로 전력원단위를 분석하였고 데이터베이스화하였다. 연구 결과, 전체 정거장의 전력부하에 대한 전력원단위는 평균 254.2kWh/m²로 분석되었으며, 정거장의 승강장 구조와 층수를 고려하고 전력소비 패턴이 상이한 지하 정거장과 지상 정거장을 구분하여 분석한 주요 내용은 다음 표 6과 같다.

표 6. 정거장의 구조형태별 전력원단위
Table 6. The actual result of power density by he structural forms of the station

항목	평균	상대 식	섬식	지하	지상	지하 2층	지하 3층	지하 4층
전력원 단위 kWh/m ²	254.2	272.5	291	279	132	262.8	233.3	252.6

이를 바탕으로 도시철도 정거장의 전기설비에 대하여 적절한 기본 계획과 설계를 위한 전력원단위 기준을 설정하였으며, 향후 도시철도 전기에너지에 대하여 성능 중심의 합리적인 이용방법을 도출하고자 한다.

References

- [1] Korea Energy Management Corporation, "2013 Handbook of Energy & Economic Statistics in Korea", 2013.03.
- [2] Seoul Metropolitan Government(<http://www.seoul.go.kr>).
- [3] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "Urban Railway Standards", 2013.
- [4] Hyun-Ki Jung, "A Study on the Standard establishment of power load density using regression analysis in the Subway station", university of seoul, 2006.
- [5] "2011 Handbook of Management Data & Statistics in Seoul Metro", 2011.05.
- [6] Bong-Geun An, "New Statistics using Excel", Top books, 2010.
- [7] Se-Dong Kim, Sang-Bong Yoo, "Recommended Practice for a Reasonable Power Density and Analysis of Power Consumption Capacity for the year in Large-scale Buildings", Vol.23 No.6, pp. 85-88, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineer, 2009.
- [8] Ji Kyeong Kim, "Analysis and valuation of unit cost of electric power consumption in large scale power consumption facilities", Seoul National University of Science and Technology, 2004.
- [9] Seoul Metro(<http://www.seoulmetro.co.kr>).
- [10] Hyun-Ki Jung, Hong-Ki Hwang, "Research Report for a Power Consumption Capacity in Seoul Metro stations", Seoul Metro Human Resource Development Center, 2010.

◆ 저자소개 ◆



정현기(鄭賢基)

1958년 2월 8일생. 2006년 서울시립대학교 산업대학원 전자전기공학과 졸업(석사). 2009년 숭실대학교 대학원 전기공학과 박사과정 수료. 1983년~현재 서울메트로 전기팀장. 2006년~현재 국토교통부 철도 기술전문위원.



김세동(金世東)

1956년 3월 3일생. 1981년 한양대학교 전기공학과 졸업. 1986년 한양대학교 대학원 졸업(석사). 2000년 서울시립대학교 대학원 전자전기공학부 졸업(박사). 1997년~현재 두원공과대학교 전기과 교수. 본 학회 부회장



채희석(蔡熙石)

1984년 10월 6일생. 2011년 숭실대 전기공학과 졸업. 현재 숭실대학교 대학원 전기공학과 석박통합과정.



김재철(金載哲)

1955년 7월 12일생. 1979년 숭실대 전기공학과 졸업. 1983년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1988~현재 숭실대학교 전기공학과 교수. 본 학회 회장.