

변전소의 AC/DC 겸용 비상 및 복구 등에 관한 연구

(A Study on the Emergency and Recovery AC/DC Combination Lamps
in the Electric Substations)

박준열* · 안윤기 · 김종수 · 신혜영

(Joon-Yeol Park · Youn-Ki An · Jong-Soo Kim · Hye-Young Shin)

요 약

본 연구는 변전소(사무실) 비상 및 복구등 설비환경 개선차원으로 실시하였다. 기존 비상등의 낮은 조도로 인해 발생하는 문제점을 해결하기 위해 AC/DC 겸용 형광등 안정기 및 스위치를 연구하였다. 또한 조도기준을 상시등의 5~10[%]가 아닌 한국산업규격 조도기준(KS A 3011)에 따른 원자력발전소 조도기준과 안전조명 조도기준을 참고로 변전소 각 실별 조도기준을 제안하였다. 마지막으로 본 연구에서 제안한 내용의 타당성을 검토하기 위해 실험을 하였다. 그 결과 축전지 용량을 증가시키지 않으면서도 비상 및 복구등의 조도를 높일 수 있었다.

Abstract

This study is for the improvement in the equipment environment of the emergency and recovery lamps in electric substations. To solve problem about the weak illuminance of existing emergency lamps, the AC/DC combination lamps and switches are reviewed. And the improved illuminance standards that are divided each room's purpose are suggested. It is based on a nuclear power plant's Illuminance Standards and a safety lamp's Illuminance Standards of Illuminance Standards Korean Industrial Standards - KS A 3011 -, not just 5~10[%] in according with normal lamp's illuminance. Lastly, The experiments are conducted to prove the suggested contents on this study. Consequently, a battery capacity is not increased, but illuminance of emergency and recovery lamps can be increased.

Key Words : Emergency and Recovery Lamp, AC/DC Lamp, The Electric Substations

* 주저자 : 홍익대학교 전자전기공학부 교수
Tel : 02-320-1636, Fax : 02-320-1193
E-mail : parkjy@wow.hongik.ac.kr

접수일자 : 2010년 1월 21일
1차심사 : 2010년 2월 1일, 2차심사 : 2010년 4월 1일
심사완료 : 2010년 4월 15일

1. 서 론

1.1 연구의 배경

발전소와 변전소는 전기의 생산과 공급이라는 차

이가 있으며 어느 한 곳이라도 이상이 생기면 수용가에 전기를 공급할 수 없어 심각한 문제를 발생시킨다. 이 중 변전소는 발전소에서 생산된 전력의 전압을 변동시켜 수용가 측에 효율적으로 배분하는 역할을 수행하고 있으며 변전기기 감시, 기록, 순시, 조작 업무를 수행하고 있다. 조작 업무 중 복구 조작 업무는 정전사고 발생 시 그 원인을 신속 정확하게 판단하여 문제를 해결해야 하는 매우 중요한 업무이다. 그러나 현재 변전소의 복구조작 업무시 점등되는 비상조명등은 평상시 점등되는 상시등에 비해 5~10[%] 이하의 낮은 조도값을 유지하고 있다. 이로 인해 사고원인 분석 및, 복구조작시간이 지연되고 있으며 오·조작에 의해 사고가 확대될 가능성을 가지고 있다. 그 원인은 과거 변전설비 복구 업무를 위한 비상 및 복구등의 인식이 부족한 상황에서 소방방법의 피난을 유도하기 위한 비상조명등이 설계되었기 때문이다[5].

1.2 연구의 목적 및 방법

본 논문에서는 변전소의 복구조작 업무시 비상조명등의 낮은 조도로 인해 발생하는 문제점을 개선하기 위해 비상 및 복구등의 개념을 사용한다. 또한 위 문제를 해결하기 위해 한국산업규격 조도기준(KS A 3011)에 의한 원자력발전소 조도기준을 참고로 변전소 각 실별로 정확한 조도기준을 제안하고 제안된 조도기준의 타당성을 입증하기 위해 실험을 실시하였다. 또한 현재의 비상조명등기구의 형태를 DC 비상조명등에서 AC/DC 겸용 비상 및 복구등으로 대체하는 것을 연구하였다.

2. 이론고찰

2.1 변전소의 비상조명등 설계 현황

그림 1은 현재 비상조명등 설계회로이다. 변전소(사무실)의 상시전원은 소내 변압기를 통해 분전반에 공급되고 있다. 만약 사고 등으로 상시전원

이 상실되면 무전압 계전기가 동작하고 DC 공급 장치(DC 125[V] 축전지)에 의해 전 층에 설치된 비상조명등(백열등)이 작업이나 사람의 유·무와 상관없이 동시에 점등되도록 설계되어 있다.

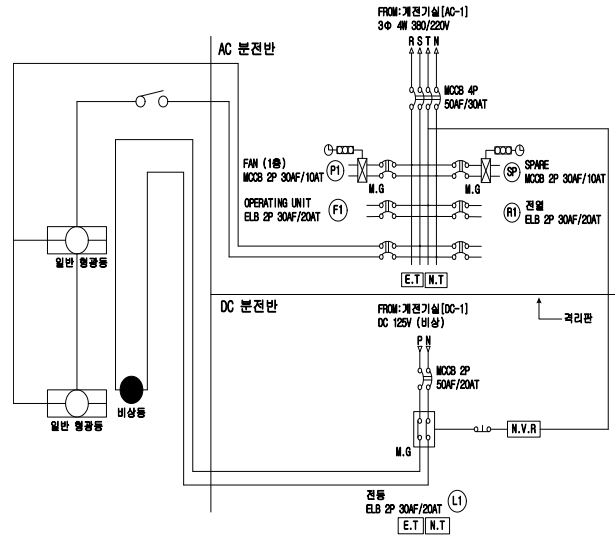


그림 1. 비상조명등의 설계 회로도
Fig. 1. A circuit of the emergency lamp

표 1. 비상조명등의 설계 현황 비교표
Table 1. Comparison with the present designs of the emergency lamp

설치 장소	상시조도 [lx]	변전설계기준		현재설치상황		
		실수량	실조도	실수량	실조도	
공통	계단실 1	75	9	4~7	0	0
	제어케이블 PIT	75	1	4~7	0	0
지하층	MTR기초실	75	16	4~7	0	0
	170[kV] 케이블처리실	75	8	4~7	5	5
	25.8[kV] 케이블처리실	75	9	4~7	5	5
1층	MTR실	100	20	5~10	8	4
	170[kV] 케이블처리실	100	4	5~10	0	0
	25.8[kV] GIS실	300	27	15~30	8	9
	NAF실	100	2	5~10	0	0

설치장소	상시조도 [lx]	변전설계기준		현재설치상황		
		실수량	설조도	실수량	설조도	
STR 실	STR 실	100	2	5~10	0	0
	축전지실	100	1	5~10	0	0
	공기구실	75	1	4~7	0	0
	다용도실	75	1	4~7	0	0
	감시실	500	22	25~50	6	14
2층	170[kV] GIS실	100	16	5~10	8	5
	계전기실	500	20	25~50	4	11
3층	통신실	500	20	25~50	4	11
4층	물탱크실	75	3	4~7	0	0
	S.C 실	75	24	4~7	0	0
	풍도	75	12	4~7	0	0
총 설치 수량			218		48	

표 1은 2002년에 용역 설계된 ○○표준 변전소[1]의 축전지 사용전류를 각 기준에 맞추어 비교작성한 표이다. 변전설계기준에 의한 비상조명등 설치는 218등이나 용역설계 결과물인 표준설계도면에는 48등이 설계되어 있다. 현재 설치된 비상조명등조도는 상시등 조도에 비해 0~6[%]이다. 이는 변전설계기준에도 미치지 못한다.

표 2. 표준변전소의 시간별 축전지 용량 비교
Table 2. Comparison with battery capacity in standard frame substations

	축전지 설계치 전류 (시간별:분)		DC 조명 설계치 전류 (시간별:분)		실제사용 전류 (시간별:분)	
	0~1	1~120	0~1	1~120	0~1	1~120
변전 설비용[A]	200.1	55.1	200.1	59.1	200.1	59.1
비상 조명용[A]	5	5	134.3	134.3	29.6	29.6
합 계[A]	205.1	60.1	334.4	193.4	229.7	88.7

표 2는 ○○표준변전소의 축전지 용량을 각 기준에

맞추어 시간별로 비교 작성한 표이다.

표 2에 나타난 바와 같이 축전지용량 산정 및 충전기용량 산정의 기본이 되는 전류를 보면 비상조명등 전류는 5[A]가 반영되어 있다. 비상 및 조명등을 이용량에 맞추어 설치하면 8등 이하가 된다. 반면에 변전설계기준에 조도를 맞추어 비상조명등을 설치하면 비상조명등의 설치 개수는 218등으로 134.3[A]의 전류가 필요하며 현재 설치된 비상조명등은 48등으로는 29.6[A]의 전류가 필요하다. 이는 현재변전설계 기준과 비상조명등의 설치 기준이 되는 표준설계도면과도 많은 차이가 있음을 나타낸다.

2.2 변전소의 비상조명등 문제점

2.1절을 분석하면 현재 변전소 비상조명등의 조도부족으로 인해 복구작업을 하기에 다음과 같은 문제점을 가지고 있다.

2.2.1 사고 원인 및 복구조작 시간의 지연

정전 시 암순응 현상으로 근무자는 심리적 공황상태에 빠질 뿐만 아니라 사고원인을 파악하기 위해 계전기 동작상태나, 도면 및 기기의 이면을 파악해야 하는데 이 때 보조 등기구인 랜턴이 필요하다. 하지만 이런 보조등인 랜턴으로는 복구작업을 하는데 신속한 파악이 힘들다.

2.2.2 복구조작 지연으로 광역정전사고 및 과급사고 발생우려

정전 시 낮은 조도로 인해 변전소 구내에 노출된 많은 시설물과의 충돌할 가능성이 있으며, 또한 사고원인을 오판하여 제 2의 과급사고가 발생할 가능성이 있다.

2.2.3 비상조명등 설계상의 문제점

현재 설치된 비상조명등은 소방법 개념으로 설치되어 정전 시 전 층에 걸쳐 동시에 점등되며, 조도기준도 상시등 조도의 5~10[%]로 막연하게 잡혀있다. 그리고 비상조명등용 축전지는 따로 설치된 것이 아니라 변전설비용 배터리에서 여분의 5[A]를 사용하고 있기

때문에 정전시 30~90[A]로 축전지가 과방전된다. 또한 비상조명등인 백열등을 전반조명으로 쓰기에는 낮은 조명효율을 가지고 있으며, 축전지는 정격 125[V]를 사용함에 비해 비상조명등은 110[V]를 정격으로 사용하고 있어 수명이 19[%]로 단축된다[2].

2.3 변전소 비상조명등의 개선방법 제안

2.1절과 2.2절에서 원인분석과 그에 따른 문제점을 해결하기 위하여 비상조명등을 비상 및 복구등으로 대체하는 다음과 같은 방법을 제안한다.

2.3.1 용도에 따른 설계 방법 개선

설계 시 표 3과 같이 실별 용도에 따라 각 실을 구분하여 설계한다. 이는 실별 용도에 따라 조도와 점등방법을 다르게 하기 위함이다.

표 3. 실별 용도에 따른 구분
Table 3. The classification by each room's purpose

용도	설치 장소
소방용 및 안전 이동용	계단, 복도
사고원인파악 및 복구조작용	감시실, MTR실, 계전기실, 170[kV] 및 25.8[kV] GIS실, 통신실
육안점검확인용	S.C실, 케이블처리실 및 기타실

2.3.2 실별 조도기준 표준화 제안

현재 변전소에 적용되는 변전설계 기준의 비상조명등 조도를 한국산업규격 조도기준(KS A 3011)의 비상조명등 조도인 60~150[lx](발전소)와 안전조명 22~54[lx]에 의거 표 4와 같이 개선된 조도를 제안하고자 한다. 사고의 원인파악 및 복구조작을 목적으로 하는 장소에는 50~200[lx], 소방법적용 및 복구조작을 위해 이동하여야 할 장소와 육안점검확인용은 25[lx]이상으로 개선한다[3].

표 4. 제안된 각 실별 비상 및 복구등의 조도
Table 4. The suggested illuminance of emergency and recovery lamps by each room

설치 장소		비상 및 복구등 조도	
		기존 조도[lx]	제안된 조도[lx]
공통	계단실 1	0	25
	제어케이블 PIT	0	25
지하층	MTR기초실	0	25
	170[kV] 케이블처리실	11	25
	25.8[kV] 케이블처리실	5	25
1층	MTR실	4	50
	170[kV] 케이블처리실	0	25
	25.8[kV] GIS실	9	100
	NAF실	0	50
	STR실	0	50
	축전지실	0	50
	공기구실	0	50
	다용도실	0	25
	감시실	14	200
2층	170[kV] GIS실	5	50
	계전기실	11	200
3층	통신실	11	200
4층	물탱크실	0	25
	S.C실	0	25
	풍도	0	25

2.3.3 비상 및 복구등 등기구 교체 (AC/DC 겸용 형광등)

표 5는 표 4와 같이 조도를 25~200[lx]로 개선한 후, 표 1을 기준으로 백열등기구와 형광등기구의 설치 수량 및 소비 전류를 비교한 표이다.

표 5. 등기구 형태별 설치 수량 및 소비 전류
Table 5. Quantity and current by luminaire types

설치 장소	백열등 (IL60W)		형광등 (FL32W)	
	설치 수량	소비 전류	설치 수량	소비 전류
총 설치수량 및 소비전류[A]	724	347.5	151	38.7

표 5에서 나타난 바와 같이 비상 및 복구등을 백열등기구로 사용하였을 시 724개가 필요하며 형광등기구로 사용하였을시 151개가 필요하다. 또한 백열등기구의 경우 소비 전류는 $60[W] \div 125[V] \times 724 = 347.5[A]$ 가 소모되므로 별도의 축전지와 충전기가 필요하고, 형광등기구의 경우 소비 전류는 $32[W] \div 125[V] \times 151 = 38.7[A]$ 가 소요된다. 즉, 이러한 결과로 인해 비상 및 복구등을 백열등기구에서 형광등기구로 교체는 것을 제안한다. 그림 2는 교체하고자 하는 AC/DC 겸용 형광등 회로도이다.

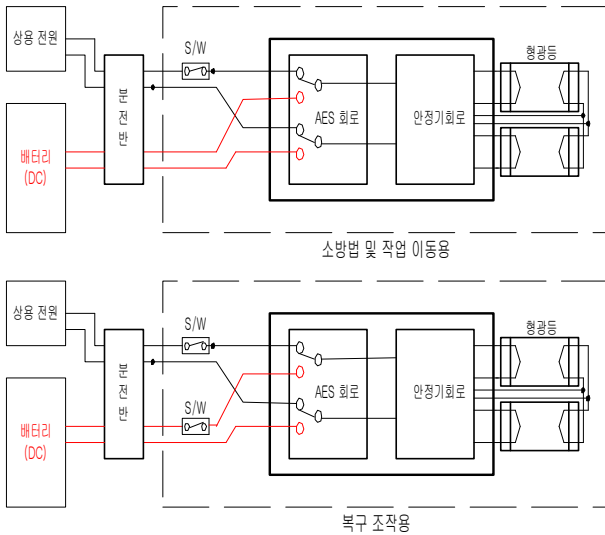


그림 2. AC/DC 겸용 형광등 회로도
Fig. 2. The Circuit of AC/DC fluorescence lamps

그림 2의 AES(Automatic Electronic Switch)회로는 만일의 경우 AC 상용 전원과 DC 비상 전원이 동시에 공급될 경우로부터 형광등 안정기를 보호하는

스위치이다[4].

2.3.4 점등방식 개선(AC/DC 겸용 스위치)

현재 설치되어 있는 비상 및 복구등은 정전사고 발생시 전 층이 동시에 점등된다. 이는 소방법의 피난 유도등 개념으로 설계되었기 때문이다. 이러한 이유로 복구 작업이 마무리가 되기도 전에 축전지의 과방전 현상이 발생되어 복구 작업이 필요한 장소에는 조도가 점점 떨어지는 현상이 발생한다. 따라서 조명 효율이 좋은 AC/DC 겸용 형광등과 AC/DC 겸용 스위치를 이용하여 필요 개소에만 비상 및 복구등이 점등되도록 한다. 비상 및 복구등으로 32[W] 형광등을 사용하는 경우에는 정전 발생 초기에는 32등을 점등할 수 있고, 1분 후부터는 축전지의 용량에 38.5[Ah]에 의해서 150등을 점등할 수 있다. 표 5에 나타난 바와 같이 조도를 개선하면 비상 및 복구등으로 형광등을 151등을 설치하여야 한다. 그러나 축전지의 용량에 의해 151등을 동시에 점등할 수가 없다. 따라서 실별 용도에 따라 다음과 같은 점등방법을 제안한다.

표 6. 실별 용도에 따른 비상 및 복구등 설치 수량
Table 6. Quantity of emergency and recovering lamps based on each room purpose

용도	설치 장소	설치 수량	
		즉시 점등	스위치 점등
소방용 및 작업 이동용	계단, 복도	9	0
사고원인파악 및 복구조작용	감시실, MTR실, 계전기실, 170[kV] 및 25.8[kV] GIS실	21	72
육안점검확인용	S.C실, 케이블처리실 및 기타실	0	49
합계		30	121

계단, 복도등과 같이 소방용 및 작업 이동용으로 사용하는 비상조명등과 근무자의 심리적 안정 등 및 사고 원인 파악 및 복구 조작용으로 사용하는 복구등을 중심으로 30등을 중점 설치하고 나머지 121등(151-30=121)은 세밀한 복구 조작용을 위한 장소와 육안점검 확인용으로 사용하는 복구등으로 구분하여 필요할 때

만 점등하게끔 스위치를 설치한다. 아래 그림 3은 AC/DC 겸용 스위치를 설치한 도면이며 표 7은 이 스위치의 동작표이다.

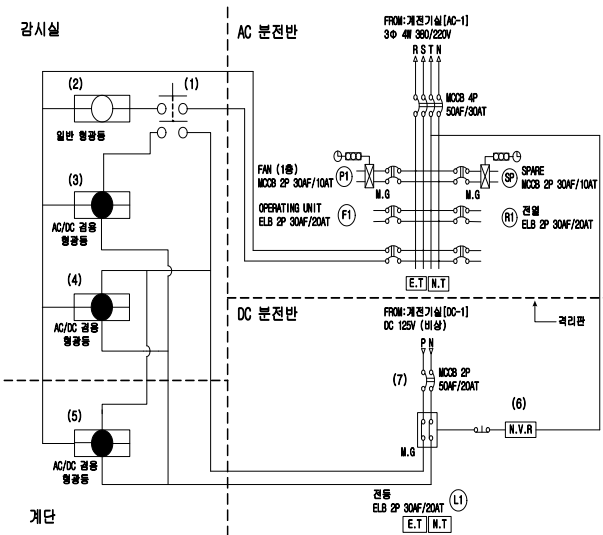


그림 3. AC/DC 겸용 스위치 설치 도면
Fig. 3. The circuit of switch of the AC/DC lamps

표 7. AC/DC 겸용 스위치 동작표
Table 7. The operation sequence of AC/DC lamps

	동작상태		
	ON	ON	OFF
(1)번 스위치	ON	ON	OFF
AC 전원	ON	OFF	OFF
DC 전원	ON	ON	ON
(2)번 일반형광등	ON	OFF	OFF
(3)번 AC/DC겸용 형광등	ON	ON	OFF
(4)번 AC/DC겸용 형광등	ON	ON	ON
(5)번 AC/DC겸용 형광등	ON	ON	ON

그림 3의 동작 원리를 설명하면 (1)번 S/W를 ON 하면 AC, DC가 동시에 ON되며 감시실의 일반형광등 (2)번과 AC, DC 겸용 형광등 (3), (4)번, 계단의 AC, DC 겸용 형광등 (5)번이 AC전원에 의해 점등된다.

변전소 구내 정전으로 AC 전원이 OFF 되면 (6)번 NVR에 의해 (7)번이 여자되어 DC전원이 공급되므로 감시실의 (2)번 일반형광등은 꺼지고 (3), (4)번의 AC, DC 겸용 형광등과 계단의 (5)번 AC, DC 겸용 형광등

은 DC 전원에 의해 계속 점등된다. 만일, S/W가 OFF 되어 있는 경우라도 감시실의 (4)번과 계단의 (5)번 AC, DC 겸용 형광등은 소방법과 근무자의 심리적 안정감을 위하여 S/W의 ON/OFF에 관계없이 DC 전원에 의해 점등이 된다.

근무자가 복구 조작을 위하여 (1)번의 S/W를 ON하면 감시실의 (3)번 AC, DC 겸용 형광등은 복구 조작용 비상등으로 DC 전원에 의해 점등이 된다.

3. 실험 및 고찰

2장에서 연구한 AC/DC 겸용 형광등과 스위치를 이용하여 다음과 같은 실험을 하여 본 연구의 타당성을 확인하고자 한다.

실험 조건은 기존의 축전지의 용량을 증가시키지 않고 목표 평균조도인 54[lx] 이상과 목표 축전지 방전전류인 7[A] 이하를 만족시키는 것이다.

3.1 실험 1

백열등의 수를 증가시켜 조도를 측정하는 실험을 하였다. 즉, 기존에 설치되어 있는 백열등에 매회 추가로 3등을 설치하여 조도를 측정하였다. 7회 실시 후 백열등은 총 40개가 설치되었으며 기존의 변전소 평균 조도인 4.3[lx] 보다 증가된 15.3[lx]로 측정되었다. 그러나 목표치인 54[lx]에는 미달하였고 축전지의 전류의 부담이 19.2[A]로 크게 증가하였다. 5층 전 층의 경우 96[A]가 소비되어 축전지 전류의 부담이 매우 크게 증가하였다. 이러한 결과로 인해 조도를 목표치까지 향상시키고자 실험 2를 수행하였다.

3.2 실험 2

기존에 설치되어 있는 백열등 19개를 AC/DC 겸용 2등용 안정기로 교체하여 조도를 측정하였다. 이 경우 실험 1과 동일한 전류를 소비하여 전류소비량에 대한 개선은 없었으나 평균 조도는 목표조도를 넘어 64.9[lx]로 증가하였다.

3.3 실험 3

실험 3은 축전지 방전전류를 줄이고자 실시하였다. AC/DC 겸용 2등용 안정기의 수를 19개에서 14개로 줄여서 조도 및 전류를 측정하였다. 실험결과 평균 조도는 57.2[lx]로 측정되었고 전류는 36[A]가 측정되었다. 실험 2에 비해 축전지의 방전전류부담이 감소함에도 불구하고 등기구 간격이 일정치 않아 밝고 어두운 장소의 차이가 심해 균제도가 좋지 않았다.

3.4 실험 4

실험 3 결과로 인해 AC/DC 겸용 2등용 형광등 안정기 14개를 AC/DC 겸용 1등용 안정기 28개로 교체하여 등기구의 간격을 줄이는 실험 4를 수행하였다. 실험결과 동일한 전류인 36[A]를 소모하면서 평균 조도는 59.6[lx]로 증가할 뿐만 아니라 균제도가 좋아졌다. 하지만 축전지 방전전류부담이 목표치인 7[A]를 크게 초과하여 방전전류부담의 목표치에 근접하기 위한 실험 5를 수행하였다.

3.5 실험 5

정전사고 발생시 전 층에 걸쳐 비상 및 복구등이 동시 점등으로 발생하는 전류의 부담을 줄이고자 사용 장소에만 점등이 되도록 층별로 AC/DC 겸용 스위치를 설치하여 전류의 부담을 줄이는 실험을 실시하였다. 근무자가 있는 장소에만 비상 및 복구등이 점등되도록 기존의 설비를 변경한 결과 동일조도인 59.6[lx]를 가지면서 축전지의 방전전류부담은 6.7[A]로 낮출 수 있었다.

3.6 실험 고찰

직류에서도 점등할 수 있는 AC/DC 겸용 형광등 안정기와 AC/DC 겸용 스위치를 현재 설치되어 있는 비상 및 복구등으로 대체하면 높은 조도와 축전지의 방전전류부담을 줄일 수 있음을 확인하였다. 그림 4와

그림 5는 초기조건인 변전소의 모습과 실험을 통해 개선된 모습을 나타낸 사진이다.



그림 4. 백열등 비상조명등이 설치된 기존 모습
Fig. 4. The existing scene of installed emergency lamps of incandescent lamps



그림 5. AC/DC겸용 비상 및 복구등을 설치된 모습
Fig. 5. The scene of installed the AC/DC combination emergency and recovery lamps

4. 결 론

본 논문에서는 현재 변전소 및 사무실에 설치된 비상등의 개념에 복구등 개념을 더한 비상 및 복구등을 제안하였다. 이를 위해 실별 조도기준 표준을 표 4와 같이 제안하였으며 조도를 높이기 위해 백열등을 형광등으로 대체하였다. 이 때 전원부에서 발생하는 과방전 문제를 해결하기 위해 AC/DC 겸용 형광등 안정기를 연구하였다. 또한 비상용 축전지 방전전류가 5[A]로 정해져있기 때문에 조도를 올리는데 한계가

변전소의 AC/DC 검용 비상 및 복구 등에 관한 연구

있었다. 이 문제를 해결하고자 AC/DC 검용 형광등 스위치를 연구하여 즉시점등이 필요한 실과 추후 근무자가 개별 점등해도 되는 실로 나누는 설계 방법을 연구하여 방전전류를 5[A] 넘지 않도록 하였다.

References

- [1] 철골조 표준변전소 A 형태 설계서(장지변전소).
- [2] 박상구 외 5명, 텅스텐 필라멘트 백열전구의 수명예측, 대 학기계학회, 2007.10.
- [3] 한국산업규격 조도기준(KS A 3011 : 1998).
- [4] 최홍규 외 7명, 조명 설비 및 설계, 성안당, pp 5-43, 2007.
- [5] 전범배 외 5명, 전력계통 제어를 위한 변전소 AC/DC 검 용 비상전원에 관한 연구, 대한전기학회 추계학술대회, 2005.11.

◆ 저자소개 ◆



박준열(朴俊烈)

1950년 3월 20일생. 1974년 서울대학교 졸업. 1977년 서울대학교 졸업(석사). 1987년 서울대학교 졸업(박사). 1988~1989년 City University(London) 객원 교수. 1980년~현재 홍익대학교 전자전기공학부 교수.



안윤기(安閔基)

1958년 6월 12일생. 2010년 홍익대학교 전기공학과(석사). 현재 (주)보우티앤씨 대표이사.



김종수(金種殊)

1966년 9월 2일생, 1997년 홍익대학교 전자·전기공학과 졸업. 2010년~현재 홍익대학교 전기공학과 석사 재학중.



신혜영(申惠英)

1983년 4월 4일생, 2008년 홍익대학교 전자·전기공학과 졸업. 2010년 홍익대학교 전기공학과 졸업(석사). 현재 홍익대학교 전기공학과 박사 재학중.