

2.3 현재 운전 중인 변전소의 비상전원 조사 및 분석
 발전 및 송·변전 설비에 설치된 비상조명등은 소방법에 의한 피난을 유도하기 위한 비상조명등이 아니고 변전설비 복구 조작용으로 상시등과 같은 조도를 유지하는 것이 좋다. 그러나 현재 설치되어 있는 비상조명등은 비상조명등을 점등하기 위한 전용의 배터리가 아닌 변전공급용인 배터리를 이용하여 점등하며 백열등기구로 인한 낮은 조도와 설치수량의 한계가 있고, 설계시 소방법에 의한 설계와 시공으로 비상조명등 설비에 다음과 같은 문제점이 있다.

2.3.1 설계 측면에의 분석

- 1) 설계와 운영의 이원화
 - ① 건축 설계 시 비상조명등의 설치 목적의 이해 부족으로 소방법에 의한 조도를 1~10 Lux로 설계
 - ② 운영 시 비상조명등에 대한 관심 부족으로 문제점을 설계에 미반영하였다.
- 2) 불필요한 곳까지 점등
 - ① 소방법에 의한 비상조명등 개념으로 구내 정전 시 모든 비상조명등이 일시에 점등되도록 설계하였다.
 - ② 불필요한 장소에도 점등됨으로써 전력 손실이 발생
- 3) 점검이 어렵다
 상시등의 전원 축을 정전시켜야만 점검이 가능토록 설계

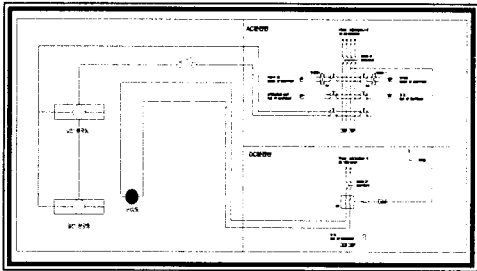


그림 2. 현재의 비상조명등 점등 회로도

그림 2는 현재의 비상조명등의 점등 회로도이다. 비상조명등은 그림 2에서와 같이 변전소 상시 전원은 소내 변압기와 소내반을 통해 분전반에 공급되며 작업이나 사고 등으로 상시 전원이 상실되면 무전압 계전기가 동작하고 DC 공급 장치(배터리)에 의해 전자 접촉기가 동작되면서 전층에 설치된 비상조명등(백열등)이 작업이나 사람의 유, 무와 상관없이 동시에 점등된다.

2.3.2 조명 설비 측면에의 분석

- 1) 백열등 특성에 의한 문제점
 - ① 조명 효율이 낮다(7~22lm/W)
 - ② 수명이 짧다(1000시간), ③ 국부조명용이다.
 - ④ 비상조명등 별도 설치에 따른 공사비가 증가한다.
 - 2) 정격 전압과 사용 전압이 상이
 - ① 사용 전압(125V)과 정격 전압(110V)이 상이하다.
 - ② 과전압으로 수명이 70%이상 단축된다.
 - 3) 다양한 품종의 등기구가 없다
 - ① DC 전압에 동작되는 램프는 백열등이 유일하다.
- 현재 변전소에 설치되어 있는 비상조명등은 변전소 Type 별로 구분되며 적게는 40에서 150등 정도가 설치되어 있다. 표 1과 표 2는 변전소 Type 별 비상조명등 설치 현황 및 비상조명등의 규격을 나타낸다.

변전소 TYPE	표준 철골	복합 지하	단독 지하	비고
비상조명등 설치등수	45 ~ 60	80 ~ 150	80 ~ 150	

표 1. 변전소 Type 별 비상조명등 설치 현황

비상조명등	정격전압	공급전압	정격용량	사용용량	비고
백열등	110V	125V	60W	77W	

표 2. 비상조명등의 규격

표 2에 나타난 바와 같이 백열등의 정격 전압은 110V인

데도 불구하고 공급 전압이 125V이어서 사용 용량이 60W에서 77W로 증가하게 된다. 또한 그림 3에 나타난 바와 같이 정격 전압 110V를 100으로 할 때 공급 전압이 125V이면 113.6으로 나타난다. 이 때 백열등의 수명은 정격 전압에서 사용할 때보다 70%가 줄어든다[1].(백열등의 수명 1000시간 → 300시간으로 단축)

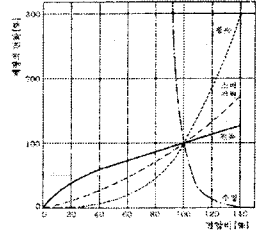


그림 3. 전압에 따른 백열등의 수명 특성

변전소 내의 비상조명등 설치는 변전 설계 기준에 실별로 “상시등의 5 ~ 10% 정도로 한다”라고 막연하게 기준이 정해져 있다[2].

2.3.3 변전, 건축 설비 측면에서의 분석

- 1) 전용 배터리가 없다
 - ① 비상조명등 전용의 배터리가 없고 변전 기기 조작용 배터리를 공동으로 이용한다.
 - ② 변전 기기 조작용 축전지의 용량이 부족하다.
 - ③ 비상조명등 장시간 점등 시 축전지 과방전으로 인하여 배터리 수명 단축 및 변전 기기 조작 불가능
- 2) 설치 수량에 한계가 있다
 변전 기기 조작 배터리의 용량 한계는 설계 기준에 의하면 8개 정도가 적당하나 현재는 45~150등 정도가 설치되어 운영되고 있어 배터리 용량을 초과한다.
- 3) 내부 미관 저해
 - ① 별도백열등 설치로 일반등기구와 모양 및 배치 상이
 - ② 실내 마감재와의 간섭이 발생, 실내 미관을 해친다.
 - ③ 실내 미관 등을 고려하여 많은 수량의 설치가 곤란

2.4 문제점에 대한 개선대책 연구

2.3절에서의 원인 분석과 그에 따른 문제점들을 해결하기 위하여 다음과 같은 개선 대책을 수립한다.

- 1) 설계 방법 개선
 - ① 설계 시 실별 용도에 따라 구분하여 설계 [사고원인파악, 복구조작용 및 육안점검확인용]
 - 실별 용도에 따라 다음과 같은 구분을 하여 비상조명등을 설계한다. 계단등이나 복도등과 같은 소방용 및 작업 이동용으로 사용하는 비상조명등과 근무자의 심리적 안정, 사고 원인 파악 및 복구 조작용으로 사용하는 비상조명등, 그리고 복구조작용 수행한 후 육안점검확인용으로 사용하는 비상조명등으로 실별 구분하여 설계한다.

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

표 3. 실별 용도에 따른 구분

표 3과 같이 실별 용도에 따라 설계를 나눈 이유는 실별 용도에 따라 조도를 달리하고 실별 용도에 따라 점등 방법을 다르게 하기 위함이다.

2) 조도 개선

- ① 실별 조도 기준 표준화 및 ② 등기구 TYPE의 변경 [백열등기구를 AC, DC 겸용 형광등기구로 교체]
- 현재 변전소에 적용되는 변전 설계 기준의 비상조명등 조도를 한국 산업 규격 조도 기준의 비상조명등 조도인 60 ~ 150 Lux(발전소)와 안전 조명등 22 ~ 54 Lux에 의거 표 4와 같이 조도를 개선하고자 한다[3]. 사고의 원인 파악 및 복구 조작용 목적으로 하는 장소는 50 ~ 200 Lux, 소방법 적용 및 복구 조작용을 위해 이동하여야 할 장소와 육안 점검 확인용은 25 Lux이상으로 개선하고자

한다. 사고 원인 및 복구 조작을 목적으로 하는 장소를 50 ~ 200 Lux로 조도 개선을 하는 이유는 비상 시 비상 조명등하에서 복구 작업을 수행하여야 하고, 복구 작업이 양질의 전력을 공급하는데 있어 매우 중요하기 때문이다. 표 4와 같이 조도를 개선하여 비상 시 원인 파악 및 복구 조작을 원활히 하고 신속한 이동과 안전 사고를 방지하고자 한다. 표 4는 철골조 표준변전소 A Type의 실별 조도를 개선 전(현재설치기준)과 개선 후(제안 설계 기준)로 비교한 표이다.

설치 장소	비상 조명등	
	개선 전 Lux	개선 후 Lux
공통	계단실 1	0 25
	제이케이블 PIT	0 25
지하층	MTR기초실	0 25
	170kV 케이블처리실	11 25
	25.8kV 케이블처리실	5 25
1층	MTR실	4 50
	170kV 케이블처리실	0 25
	25.8kV GIS실	9 100
	NAF실	0 50
	STR 실	0 50
	배터리실	0 50
	공기구실	0 50
	다용도실	0 25
	감시실	14 200
	170kV GIS실	5 50
2층	계전기실	11 200
	통신실	11 200
3층	물탱크실	0 25
	S.C 실	0 25
4층	물탱크실	0 25
	S.C 실	0 25
공통	공통	0 25

표 4. 철골조 표준변전소 A Type의 실별 조도 개선 전, 후 비교표.

표 5는 표 4와 같이 조도를 25~200 Lux로 개선한 후, 백열등기구와 형광등기구의 설치 수량 및 소비 전류를 비교한 표이다. 표 5에 나타난 바와 같이 비상조명등을 백열등기구로 사용하였을 시 762개가 필요하며 형광등기구로 사용하였을 시 158개가 필요하다. 또한 백열등기구 경우 소비 전류는 469.4A가 소요되므로 별도의 배터리와 충전기가 필요하고, 형광등기구의 경우 소비 전류는 469.4A의 8.6%인 40.4A가 소요된다. 조도를 개선한 후 비상조명등으로 현재 설치되어 있는 백열등기구를 사용하게 되면 상시등 보다 1.5 ~ 2배정도 더 설치하게 되므로 천장의 모든 공간을 백열등기구로 채워지게 되어 공사가 불가능하고 공사비도 많이 증가하게 된다. 이러한 결과로 인해 비상조명등의 등기구를 백열등기구에서 형광등기구로 교체하고자 한다. 일반적으로 32W 형광등기구에 설치되는 일반 형광등 안정기의 경우 AC220V에 의해 형광등을 점등하나, 비상조명등의 공급전원인 DC 125V에서는 형광등이 점등되지 않는다. 따라서 비상조명등기구에 설치되는 안정기는 DC125V에서도 점등이 되어야 한다. 또한 개발하는 비상조명등인 형광등기구는 동일한 하나의 등기구로 평상 시 상시등으로 사용하다가 비상 시 비상조명등으로 사용하여 추가적인 비상조명등의 설치가 필요하지 않게끔 개발하고자 한다. 개발 하고자 하는 형광등 안정기는 AC/DC 겸용 형광등 안정기로서 평상 시 상시등으로 사용하던 형광등을 정전 사고 발생 시 비상조명등으로 사용할 수 있는 안정기이다. 일반적으로 32W 형광등기구에 설치되는 일반 형광등 안정기의 경우 AC 220V에 의해 형광등을 점등하나, 비상조명등의 공급 전원인 DC 125V에서는 형광등이 점등되지 않는다. 따라서 비상조명등기구에 설치되는 안정기는 DC 125V에서도 점등이 되어야 한다. 또한 개발하는 비상조명등인 형광등기구는 동일한 하나의 등기구로 평상 시 상시등으로 사용하다가 비상 시 비상조명등으로 사용하여 추가적인 비상조명등의 설치가 필요하지 않게끔 개발하고자 한다. 개발 하고자 하는 형광등 안정기는 AC, DC 겸용 형광등 안정기로서 평상 시 상시등으로 사용하던 형광등을 정전 사고 발생 시 비상조명등으로 사용할 수 있

는 안정기이다.

설치 장소	조도 (Lux)	등기구 Type				
		백열등(IL60W)		형광등(FL32W)		
		설치수량	소비전류	설치수량	소비전류	
공통	계단실 1	25	18 11.088	9	2.304	
	제이케이블 PIT	25	3 1.848	1	0.256	
지하층	MTR기초실	25	44 27.104	8	2.048	
	170kV 케이블처리실	25	24 14.784	5	1.280	
	25.8kV 케이블처리실	25	28 17.248	5	1.280	
1층	MTR실	50	92 56.672	20	5.120	
	170kV 케이블처리실	25	9 5.544	2	0.512	
	25.8kV GIS실	100	88 54.208	18	4.608	
	NAF실	50	8 4.928	2	0.512	
	STR 실	50	8 4.928	2	0.512	
	배터리실	50	4 2.464	1	0.256	
	공기구실	50	3 1.848	1	0.256	
	다용도실	25	2 1.232	1	0.256	
	감시실	200	86 52.976	16	4.096	
	170kV GIS실	50	78 48.048	15	3.840	
2층	계전기실	200	74 45.584	14	3.584	
	통신실	200	74 45.584	14	3.584	
3층	물탱크실	25	10 6.160	2	0.512	
	S.C 실	25	74 45.584	14	3.584	
4층	물탱크실	25	10 6.160	2	0.512	
	S.C 실	25	74 45.584	14	3.584	
공통	공통	25	35 21.560	8	2.048	
총 설치수량 및 소비전류			762	469.392	158	40.448

표 5. 동일 조도에 대한 등기구 Type별 설치 수량 및 소비 전류.

이는 평상 시 AC 220V로 점등하고 동일한 안정기로 비상 시 DC 125V로 형광등을 점등하는 것으로써, 하나의 안정기로 상용 AC 전원과 비상 DC 전원에서 동시에 사용할 수 있기 때문에 추가적인 비상조명등의 설치가 필요하지 않다. 그림 4는 개발하고자 하는 AC, DC 겸용 형광등 안정기이다. 그림 4에 나타난 바와 같이 하나의 안정기에 상용 AC 전원과 비상 DC 전원이 연결되어 있다. 소방법 및 작업이동용이라 표기된 AC, DC 겸용 안정기는 평상 시 AC 전원과 S/W의 ON/OFF에 의해 형광등을 점, 소등하고 비상 시 DC 전원에 의해 형광등을 자동 점등한다. 또한 복구 조작용이라 표기된 AC, DC 겸용 안정기는 평상 시 AC 전원과 S/W의 ON/OFF에 의해 형광등을 점, 소등하고 비상 시 DC 전원과 S/W의 ON/OFF에 의해 형광등을 점, 소등한다. 기존의 변전소에 AC, DC 겸용 형광등기구를 설치하는 경우 현재 설치되어 있는 상시등인 일반형광등기구의 형광등 안정기를 AC, DC 겸용 안정기로서만 교체하고 비상 전원인 DC 전원을 연결하면 되므로 공사가 쉽고, 평상 시 상시등으로 사용하다 비상 시 비상조명등으로 사용할 수가 있어 추가적인 비상조명등을 설치하지 않아도 되고 평상 시 형광등의 점등 상태를 확인할 수 있어 비상조명등의 불량 여부를 파악하기가 용이하다. 또한 현재 사용되고 있는 백열등기구에 비해 조도가 20배 이상 향상되고 비상조명등의 수명 역시 20배 이상 증가하게 된다.

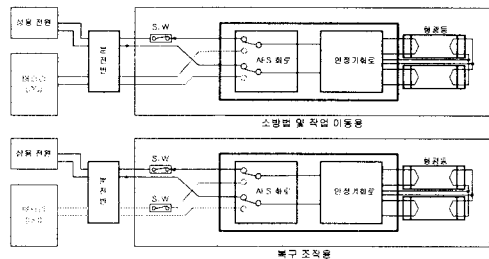


그림 4. AC, DC 겸용 형광등 안정기.

3) 점등 방법 개선

① 배터리 용량에 맞는 초기 1분 이내 점등 가능한 비상조명등의 수량을 산출

- ② 전층 동시 점등에서 실별 점등으로 개선
- AC, DC 겸용 S/W 개발(자체 개발, 특허 출원 예정) 및 계단 등 소방법 저촉 구간 : 자동 점등
 - 기기실 등 기기 조작과 관련된 구간 : 자동 점등 및 AC, DC 겸용 S/W로 개별 점등

비상조명등으로 사용할 수 있는 전류를 초기에 8A라 하면, 정전 발생 초기(1분 이내)에는 소비 전력이 77W인 60W 백열등을 13등 점등할 수가 있다. ($8A \times 125V / 77W = 13$) 또한 비상조명등을 백열등보다 효율이 좋은 32W 형광등을 사용하는 경우에는 정전 발생 초기(1분 이내)에 32등을 점등할 수 있다. ($8A \times 125V / 32W = 32$) 현재 설치되어 있는 비상조명등은 정전 사고 발생 시 전층이 동시에 점등된다. 이는 소방법에 의해 설계되어 정전과 동시에 즉시 점등되기 때문이다. 이러한 이유로 무인변전소의 경우 근무자가 복구 작업을 위해 변전소에 도착하면 비상조명등으로 인해 배터리의 과방전으로, 비상조명등은 부검되고 변전 기기의 원방 조작 불능으로 복구 조작용 수동으로 하여야 한다. 또한 유인변전소의 경우도 배터리 용량이 한정되어 있어, 복구 시간의 지연에 따라 비상조명등의 조도가 점점 떨어져 복구 작업을 수행하는데 어려움이 따른다. 또한 조도를 개선하면 비상조명등의 수가 증가하게 되어 배터리의 용량도 증가하여야 한다. 따라서 배터리의 용량을 선정하는 것으로 고정하고 조명 효율이 좋은 AC, DC 겸용 형광등 안정기와 AC, DC 겸용 S/W를 개발하여 필요 개소에만 비상조명등이 점등되도록 한다. AC, DC 겸용 S/W는 상용 시 AC를 점, 소등하다가 비상 시 DC를 점, 소등하는 기능을 가진다. 또한 로브에 설치되어 있는 LED에 의해 상용과 비상을 식별할 수 있어 복구 작업 근무자가 업무를 수행하는데 있어 편리함을 제공한다. 또한 AC, DC 겸용 S/W에 의해 상용 시 뿐만 아니라 비상 시에도 점, 소등을 하므로 현재 비상 시 전층이 동시에 들어오는 문제점을 해결하여 작업이 필요한 개소에만 점등할 수가 있어 배터리의 과방전을 방지할 수 있는 장점이 있다. 비상조명등을 32W 형광등을 사용하는 경우에는 정전 발생 초기에는 32등을 점등할 수 있고, 표 5에 나타난 바와 같이 조도를 개선하면 비상조명등으로 형광등을 158등을 동시에 점등할 수가 없다. 따라서 실별 용도에 따라 다음과 같은 점등 방법을 제시한다. 계단등이나 복도등과 같은 소방용 및 작업 이동용으로 사용하는 비상조명등과 근무자의 심리적 안정 등 및 사고 원인 파악 및 복구 조작용으로 사용하는 비상조명등을 중심으로 32등을 중점 설치하고 나머지 126등(158 - 32 = 126)은 세밀한 복구 조작용을 위한 장소와 육안점검 확인용으로 사용하는 비상조명등으로 구분하여 필요할 때만 점등하게끔 S/W를 설치한다.

용도	설치 장소	설치 수량	
		즉시 점등	S/W 점등
소방용 및 작업 이동용	계단, 복도	9	0
사고원인파악 및 복구조작용	감시실, MTR실, 계전기실, 170kV 및 25.8kV GIS실	23	74
육안점검확인용	S.C실, 케이블차리실 및 기타실	0	52
		32	126

표 6. 실별 용도에 따른 비상조명등 설치 대수

이와 같은 개선 대책으로 설계와 운영의 이원화에 따른 문제점, 비상조명등의 낮은 조도로 인한 문제점, 비상조명등의 점등에 따른 추가적인 배터리와 충전기의 설치에 대한 문제점을 개선하고자 한다.

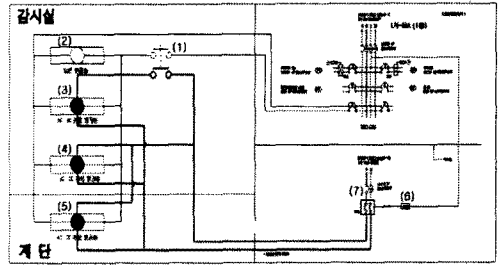


그림 5. AC/DC 겸용 형광등 안정기 및 S/W 설치 도면

그림 5는 AC, DC 겸용 형광등 안정기 및 AC, DC 겸용 S/W를 설치한 도면이다. 그림 5의 동작 원리는

- (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 점등
- 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)번AC, DC 겸용 형광등은 DC전원에 의해 계속 점등된다. 만일, S/W가 OFF되어 있는 경우라도 감시실의 (4)번과 계단의 (5)번 AC, DC 겸용 형광등은 소방법과 근무자의 심리적 안정감을 위하여 S/W의 ON/OFF에 관계없이 DC전원에 의해 점등
- 근무자가 복구 조작용 위하여 (1)번의 S/W를 ON하면 감시실의 (3)번 AC, DC 겸용 형광등은 복구 조작용 비상등으로 DC 전원에 의해 점등이 된다. 이와 같은 동작 원리로 변전소 내의 조도를 향상하고 배터리의 과방전을 개선하고자 한다.

3. 결 론

본 논문에서 제시한 변전소 AC/DC겸용 비상조명등에 관한 연구는 전력계통 고장으로 인하여 변전소 비상조명등하에서 복구 조작 시 조도 부족에 따른 변전소 근무자들의 오조작 및 조작 시간 지연을 단축하여 전력공급 신뢰도 확보 및 전력계통 안정도 향상에 최선을 다하고자 비상 조작시 필요한 현재의 등기구의 TYPE을 백열등에서 형광등으로 바꾸고, 조도 기준도 막연하게 상시등의 5~10%가 아닌 한국 안전조도 기준(KSA)에 의한 원자력 발전소 조도 기준 및 안전 조도에 의한 조도 기준을 참고로 정확한 변전소 각 실별로 조도 기준을 정하고 그에 따른 변전소 내선 전기 설계를 표준화하며 배터리 용량 산정 기준과 중요도에 따른 실별 등기구 설치 수량을 표준화하여 정전 사고 시 조도 부족으로 인한 근무자의 심리적 불안감을 해소하여 정전 시간을 단축하고 그에 따른 2차 과급 사고나 광역 정전 사고로 인한 대형 정전 사고 방지를 위한 안전하고 신뢰성 있는 비상전원 확보 수단이 될 것으로 판단한다.

[참고 문헌]

- [1] 최홍규 외 7명, 조명 설비 및 설계, p 2-14, 2000
- [2] 변전 설계 기준 2630(잠정)
- [3] 한국 산업 규격 조도 기준(KSA 3011 : 1998)