

조명부하를 고려한 제로에너지빌딩용 EMS 운용방안에 관한 연구

박동명, 김병목, 최성문, 이진호, 노대석
한국기술교육대학교
e-mail:pdos@chol.com

A Study on the Operation Method of EMS for Zero Energy Building Considering Lighting Load

Dong-Myoung Park, Byung-Mok Kim, Sung-Moon Choi, Jin-ho Lee, and Dae-Seok Rho
Korean University of Technology and Education

요약

최근, 2030년 온실가스 배출 전망치 대비 37%의 감축방안으로 제로에너지 빌딩이 에너지산업분야로 선정됨에 따라 EMS(energy management system)의 필요성이 증가하고 있다. 기존 건물의 경우에는 사용중인 전력설비를 BEMS(building energy management system)로 전환하기에는 많은 시간과 비용이 필요하다. 또한, 설비의 변경시 운용 중인 BEMS와의 호환성에 의한 운용방안의 변경 및 재교육이 필요하다. 따라서, 본 논문에서는 SCADA(supervisory control and data acquisition)환경에서 BEMS로 전환하기 위하여 운용 중인 설비에 통신변환장치를 적용하고, 조명제어반을 추가하여 제로에너지빌딩용 EMS의 운용방안을 제시한다. 제시한 운용방으로 피크 수요관리를 수행한 결과 SCADA 환경에서 BEMS 운용이 가능함을 확인하였다.

1. 서론

최근, 정부의 석탄발전소 감축 및 탈원전 정책에 따라 전력 수급 문제를 해결하고자 그린 에너지원으로서의 전환정책이 지속적으로 추진하고 있다. 전통 에너지원인 석탄과 원전 비중을 줄이고 친환경에너지원인 재생에너지의 비중을 30~35%(2040년)까지 높이고, 고효율·저소비 에너지 구조로 전환하여 2030 온실가스 배출 전망치 대비 37%를 감축을 목표로 하고 있다. 이에, 제3차 에너지기본계획을 수립하고, 산업 및 건물부분의 고효율·저소비 에너지 구조로 전환을 위하여 BEMS를 도입하고 있다. 그러나, 기존 건물의 경우 HMI 또는 SCADA를 BEMS로 전환하거나 새로운 EMS를 설치할 필요성이 있다. 또한, 상용화 EMS Tools의 경우 타사 장비와 통신 호환성이 원활하지 않아, 자사의 전용 통신 프로토콜을 적용한 제품을 사용하거나, 아니면 제한된 서비스 및 기능만으로 운용하고 있다. 따라서, 본 논문에서는 SCADA 환경에서 BEMS로 전환하기 위하여 운용 중인 설비에 통신변환장치를 적용하고, 조명제어반을 추가하여 제로에너지빌딩용 EMS의 운용방안을 제시한다. 제시한 운용방안으로 피크 수요관리를 수행한 결과 SCADA 환경에서 BEMS 운용이 가능함을 확인하였다.

2. 제로에너지빌딩용 부하용량 분석

일반적인 인텔리젠트 빌딩의 등급별 추정 전원용량은 표 1과 같이, 면적(m^2)당 필요용량(VA)로, 이는 과거실적을 측정하여 산정하며, 공장설비의 경우 일부하로 계산하고 있다. 또한, 전력소비기기의 동시 사용정도인 수용률을 계산하여 필요용량을 산정하고 있다.

[표 1] 인텔리젠트 빌딩의 등급별 용량 (단위 : $[VA/m^2]$)

등급 \ 내용	0등급	1등급	2등급	3등급
조명	32	22	22	29
콘센트, 기타	32	13	5	5
사무자동화(OA)기기	-	-	34	36
일반동력	38	45	45	45
냉방동력	40	43	43	43
사무자동화 냉방동력	-	2	8	8
합계	110	125	157	166

또한, 사용장소에 따른 부하는 표 2와 같이 평균 면적대비 필요용량으로 구분하고 있다.

[표 2] 사용장소에 따른 부하 용량표

구분	면적(m ²)	부하용량 명칭	적용 부하[VA/m ²]				부하용량 [kVA]
			전등/전열	일반 전력	기타	계	
공용 부하	49	주방	28	14	28	70	3,430
	207	식당	28	14	28	70	14,490
	520	사무실	28	14	28	70	36,400
	68	다용도실	28	14	28	70	4,760
	32	다용도실	28	14	28	70	2,240
	29	사무실	28	14	28	70	2,030
	23	관리실	28	14	28	70	1,610
	42	화장실	15	10	-	25	1,050
	334	공용	15	10	-	25	8,350
	47	방재센터	28	14	28	70	3,290
	20	MDF실	28	14	28	70	1,400
	48	기계실	15	10	-	25	1,200
	137	창고	15	10	-	25	3,425
	126	준비실	28	14	28	70	8,820
75	사무실	28	14	28	70	5,250	
주차장	10,048	지하층	15	10		25	251,200
합계							348,945

한편, 전력을 공급하는 분전반의 부하 분배를 목적으로 부하 계산서를 작성하면 표 3과 같으며, 조명용 전력은 L1에서 주로 공급하거나, 층별 또는 구획별로 배치하여, 전체 사용전력이 불평형되지 않도록 설계하고 있다.

[표 3] 분전반 부하 계산서

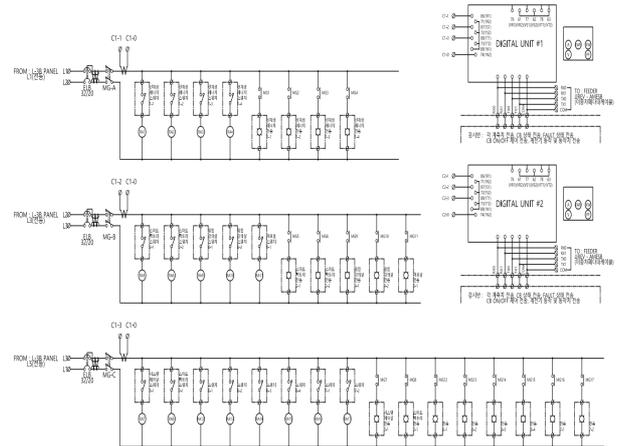
PANEL BOARD : L-1		FROM : 전기실	VOLTAGE : 3φ 4W380/220V		차단기 용량		차단기								
회로 번호	부 하 명	부하 [VA]	각 상별 용량[VA]			R	S	T	PI	AF	AT	종류			
P1	발열 서터	= 2,000	2,000	667	667	667	3	50	20			MCCB			
L1	전등 FL 2 / 32 x 13 EA x 1.25	= 1,040													
	전등 EL 1 / 20 x 2 EA x 1.00	= 40	1,432	1,432								ELB			
	전등 EL 2 / 20 x 8 EA x 1.10	= 352													
L2	전등 FL 2 / 32 x 32 EA x 1.25	= 2,540	2,540	2,540					2	30	20	ELB			
L3	전등 FL 2 / 32 x 12 EA x 1.25	= 960	960									ELB			
L4	전등 NA 1 / 100 x 6 EA x 1.15	= 690	690						2	30	20	ELB			
SP	SPARE								-	2	30	20	ELB		
SP	SPARE								-	2	30	20	ELB		
R1	전열 1 / 150 x 6 EA x 1.00	= 900	900						900	2	30	20	ELB		
R2	전열 1 / 150 x 3 EA x 1.00	= 250	250						250	2	30	20	ELB		
R3	전열 1 / 300 x 2 EA x 1.00	= 600	600	600								2	30	20	ELB
R4	전열 1 / 150 x 1 EA x 1.00	= 150		1,050	1,050					2	30	20	ELB		
	전열 1 / 300 x 3 EA x 1.00	= 900													
R5	전열 1 / 150 x 1 EA x 1.00	= 150	150						150	2	30	20	ELB		
R6	전열 1 / 150 x 1 EA x 1.00	= 150	150						150	2	30	20	ELB		
R7	전열 1 / 150 x 1 EA x 1.00	= 150	150						150	2	30	20	ELB		
R8	전열 1 / 150 x 1 EA x 1.00	= 150	150						150	2	30	20	ELB		
R9	전열 1 / 150 x 1 EA x 1.00	= 150	150	150						2	30	20	ELB		
R10	전열 1 / 150 x 1 EA x 1.00	= 150	150	150						2	30	20	ELB		
R11	전열 1 / 150 x 5 EA x 1.00	= 750	750						750	2	30	20	ELB		
R12	H/D용 전열	= 1,500	1,500						1,500	2	30	20	ELB		
R13	화력 수신발 전열 1φ 2kW	= 2,000	2,000						2,000	2	30	20	ELB		
R14	AMP 전열 5kW	= 5,000	5,000						5,000	2	30	30	ELB		
AC1	실내기 전열	= 1,000	1,000	1,000						2	30	20	ELB		
A1	복사 히터 전열	= 600	600	600						2	30	20	ELB		
EF1	배기팬 1φ 0.19kW x 2	= 1,452	1,452						1,452	2	30	20	MCCB		
EF2	배기팬 1φ 0.19kW x 2	= 1,452	1,452						1,452	2	30	20	MCCB		
SP	SPARE									2	20	30	ELB		
SP	SPARE									2	20	30	ELB		
SP	SPARE									2	20	30	ELB		
SP	SPARE									2	20	30	ELB		

하지만, 이러한 시스템에서는 층간 또는 구획간 사용시간 및 전열 부하의 사용에 따라 불평형이 발생할 수 있음을 알 수 있다.

3. 조명부하를 고려한 제로에너지빌딩용 EMS 구현

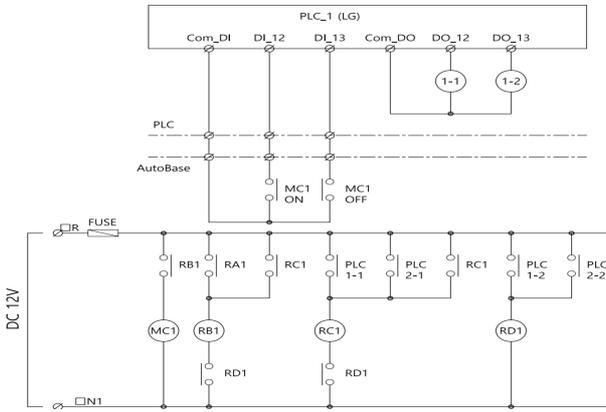
3.1 조명제어 시퀀스 구성

그림 1은 공학관 3층의 조명 제어도이다. 기존의 설비를 재 사용하기 위하여 스위치에 릴레이를 사용하고, 전등은 MC/MG에 의해 점멸되도록 설계한다. 또한, 전등의 사용 전력을 계측하기 위하여 전력계측기를 설치하고, Converter를 사용하여 인트라넷에 연결한다.



[그림 1] 스위치 및 조명 회로도

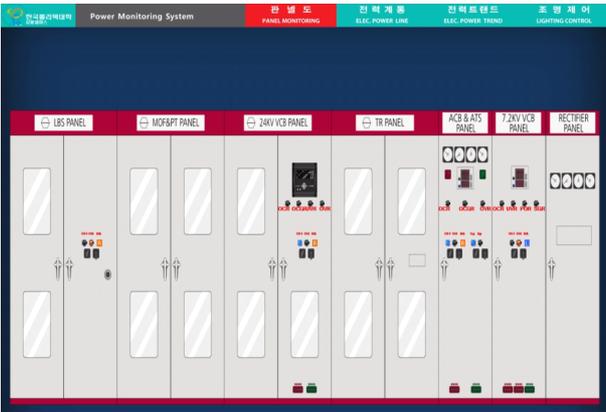
스위치에 의한 제어는 1번 스위치가 ON되면, RA1 릴레이가 ON되고 RA1 릴레이의 "a"접점이 된다. 현재 전등이 OFF이므로 RD1 릴레이는 "b"접점으로 RB1 릴레이가 ON되어 MC1에 의해 전등이 점등된다. 또한, PLC에 의한 제어는 DI1이 ON되면, DO1의 펄스 신호를 출력하여, RC1 릴레이를 ON하고, RC1 릴레이는 자기유지 한다. 이때, 전등이 OFF이므로 RD1 릴레이는 "b"접점을 유지하여 RB1 릴레이가 ON되어 MC1에 의해 전등이 점등된다. 그리고, 기존 스위치로 전등을 점등하고 PLC의 DI2에 의하여 소등할 경우, 기존 스위치가 ON이므로 RA1 릴레이가 "a"접점을 유지하므로, RD1 릴레이를 ON하여 RB1릴레이를 OFF로 전환되어 MC1에 의해 전등을 소등한다.



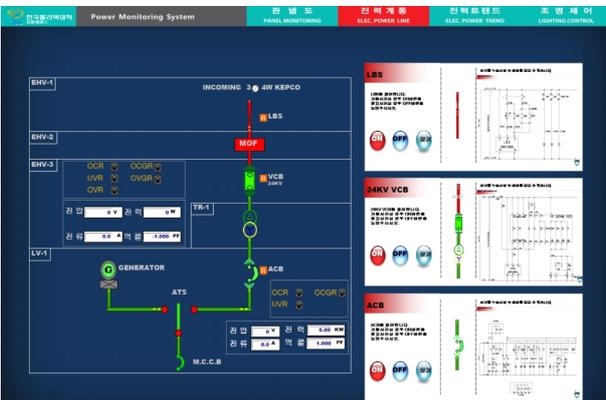
[그림 2] 제어반 회로도

3.2 수배전 감시제어장치 구현

운용중인 수배전반의 감시제어메뉴는 그림 3과 같다. 여기서, 그림 3의 (a)는 수배전반의 운전상태 및 제어권의 감시화면으로, 현재 상태를 감시할 수 있으며, 그림 3의 (b)는 제어화면으로, LBS 및 VCB, ACB의 제어를 수행할 수 있다. 또한, VCB와 ACB에 설치되어 있는 보호계전기의 상태 및 기본 전력정보를 감시할 수 있다.



(a) 감시화면



(b) 제어화면

[그림 3] 수배전반 감시제어 화면

3.3 조명제어반 구현

조명제어시스템 방식을 기존의 조명회로에 적용한 감시제어 화면은 그림 4와 같다. 여기서, 기존 조명 스위치와 조명제어시스템은 병렬 구조로 제어되며, 조명의 상태를 감시할 수 있음을 알 수 있다.



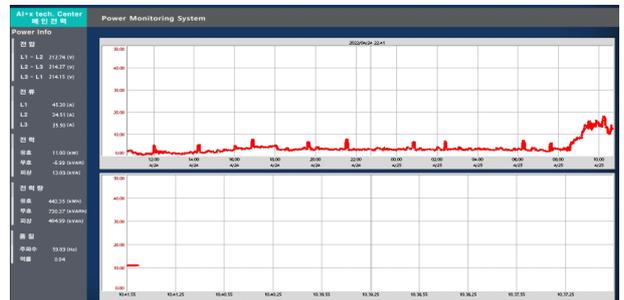
[그림 4] 조명 감시제어 화면

3.4 분전반 감시장치 구현

기존 분전반에 CT 및 VT, 디지털계측기를 설치하고, 통신변환기법을 기반으로 나타난 분전반의 메뉴는 그림 5와 같다. 여기서, 그림 5의 (a)는 분전반의 전력정보를 감시하고, 그림 5의 (b)는 전력 트렌드를 분석할 수 있다.



(a) 분전반 감시 화면



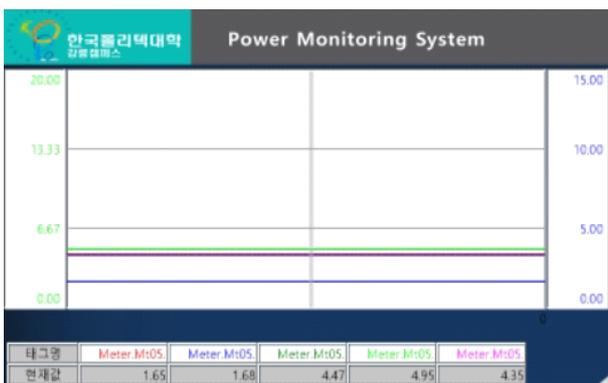
(b) 트렌드 분석 화면
[그림 5] 분전반 감시 화면

4. 시험 결과 및 분석

본 연구에서 제시한 조명부하를 고려한 제로에너지빌딩용 EMS 구현의 유용성을 검증하기 위하여 조명 제어반으로 제어감시를 수행한다. 전등부하의 평형/불평형에 따른 유효 및 피상전력과 각 상의 전류를 비교하면 그림 6과 같다. 그림 6의 (a)와 그림 6의 (b)의 유효전력은 1.71[W]와 1.65[W]로 비슷하지만 각 상의 전류를 비교해 보면, 그림 6의 (a)는 7.73[A], 6.56[A], 2.04[A]로 불평형이 심한 상태이며, 조명 제어반에 의하여 상을 재 분배할 경우 그림 6의 (b)와 같이 4.47[A], 4.95[A], 4.35[A]로 변경됨을 알 수 있다. 이는 동일한 수의 전등을 점등하였지만 그림 6의 (a)에서는 피상전력이 1.85[VA]에서 그림 6의 (b)와 같이 1.68[VA]로 감소됨을 알 수 있다.



(a) 조명부하 제어 전의 트렌드 화면



(b) 조명부하 제어 후의 트렌드 화면
[그림 6] 조명부하 전력 감시화면

5. 결 론

본 논문에서는 기존의 전등부하를 이용하여 BEMS를 구축 가능한 조명부하를 고려한 제로에너지빌딩용 EMS의 운용하였다. 공학관에 조명 제어반을 구현하여 제어감시를 수행한 결과 전등 스위치에 의한 상태 감시는 물론, 조명 제어반에

의한 감시제어가 정상적으로 수행되며, 조명 제어반에 의하여 평형을 조정하여 동일 조건에서 전력 사용량을 감소할 수 있음을 확인하여 본 논문의 유용성을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술 평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구(No.20213030160080)로서, 관계부처에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] 김일영외, “3급 스마트 그리드 환경 기반하의 홈에너지를 관리하는 EMS 시스템 설계 및 구현”, 한국컴퓨터정보학회 학술발표 논문집, pp.103-106, 2015.
- [2] 박기순외, “K-BEMS 기반 스마트타운의 EMS 알고리즘 고찰”, 대한전기학회 학술대회 논문지, pp. 68-69, 7월, 2017년.
- [3] 이후동외, “탄소 제로화를 위한 독립형 마이크로그리드의 운용방안에 관한 연구”, 대한전기학회 전력기술부문회 하계학술대회 논문지, pp. 509-510, 7월, 2017년.
- [4] 박동명외, “캠퍼스형 마이크로그리드용 에너지관리시스템 구축에 관한 연구”, 한국산학기술학회 춘계학술대회 논문지 19권 1호, pp. 175-178, 5월, 2018년.
- [5] 박동명외, “30kW급 제로에너지빌딩용 마이크로그리드의 EMS 설계.” 대한전기학회 학술대회 논문집 2019.10 (2019): 236-237.