

30kW급 제로에너지빌딩용 마이크로그리드에 있어서 EMS용 피크 수요관리 알고리즘에 관한 연구

박동명*, 원종홍*, 이명근*, 한병길*, 노대석*

*한국기술교육대학교

e-mail:pdos@chol.com

A Study on Peak Demand Management Algorithm of 30kW-class Micro-grid for Zero Energy Building

Dong-Myoung Park*, Jong-Heung Won*, Myung-geun Lee*,
Byeong-Gill Han*, Dae-Seok Rho*

*Korean University of Technology and Education

요 약

최근, 2030년 온실가스 배출 전망치 대비 37%의 감축방안으로 제로에너지 빌딩이 에너지산업분야로 선정됨에 따라 EMS(energy management system)의 필요성이 증가하고 있다. 신축 건물의 경우에는 BEMS(building energy management system)의 요구조건에 따른 시공이 가능하지만, 기존 건물의 경우에는 기 구축된 HMI(human machine interface) 또는 SCADA(supervisory control and data acquisition)를 BEMS로 전환할 필요성이 있다. 또한, 기존의 SCADA용 수요관리 알고리즘은 부하별 절전 및 전력차단을 통해 피크 수요를 관리하고, UPS 또는 비상발전기를 통해 예비전력을 관리하도록 구성되며, ESS(energy storage system)는 PMS(power energy system)에 의하여 별도로 관리되고 있어, BEMS로서의 기능이 부족하다. 따라서, 본 논문에서는 상용 SCADA 프로그램을 사용하여, 30kW급 제로에너지빌딩용 마이크로그리드에 있어서 EMS용 피크 수요관리 알고리즘을 제안한다. 제안한 피크 수요관리 알고리즘은 15분 전력량 예측과 ESS 충/방전 알고리즘을 추가하여 운용한 결과 SCADA 환경에서 구현이 가능함을 확인하였다.

1. 서 론

최근, 정부의 석탄발전소 감축 및 탈 원전 정책에 따라 전력수급 문제를 해결하고자 그린 에너지원로의 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, BEMS를 운용하기 위해서는 건물 설계 단계에서부터 도입하거나, HMI 또는 SCADA를 운용중인 건물에서는 기존 전력설비를 교체 또는 업그레이드를 해야 하는 문제가 발생한다. 또한, HMI/SCADA는 운용 목적에 맞도록 고급 프로그래밍언어로 개발하여 사용하는 시스템이 많으며, 이러한 시스템은 업그레이드가 어렵다는 문제점을 가지고 있다. ESS를 운용할 경우 PMS를 추가로 설치하여 충/방전을 스케줄 관리로 수행하고 있다. 이는, 경부하에 충전하고 피크부하에 방전하여 피크

관리 및 전력요금 절감의 목적으로 사용하고 있다. 따라서, 본 논문에서는 상용 SCADA 프로그램을 사용한 30kW급 마이크로그리드를 바탕으로 제로에너지빌딩용 EMS의 피크 수요관리 알고리즘을 제시한다. 제안한 알고리즘을 사용하여 HMI/SCADA 환경에서 상용 SCADA로 업그레이드를 통해서 운용한 결과 제로에너지빌딩용 EMS로 사용할 수 있음을 확인하였다.

2. 제로에너지빌딩용 마이크로그리드의 피크 수요관리 알고리즘

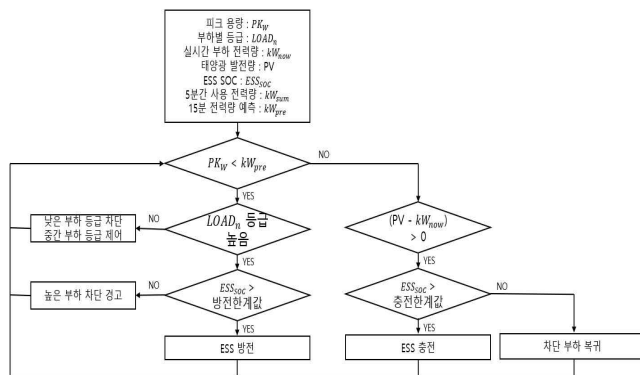
2.1 기존의 피크 수요관리 알고리즘

기존의 피크 수요관리 알고리즘은 부하별 중요 등급을 관리하며, 설비의 중요도에 따라 절전 및 전력차단을 통해 피크를 관리한다. 부하별 중요 등급 중 전등 및 일반 전열은 가장 낮은 등급으로, 상시 절전이 가능하도록 하고, 피크관리 모드에서는 최소 부하를 제외하고 소등 및 차단한다. 냉/난방기, 엘리베이터 등 일반설비는 중간 등급으로, 피크관리 모드에서는 냉/난방기를 일시 정지시키며, 엘리베이터의 경우 균관

리방식으로 일부 엘리베이터를 정지시킨다. 동력설비 및 시스템 운용 설비는 높은 등급으로, 피크 예상 구간에서 UPS 또는 비상발전기를 사용한다. 또한, ESS는 PMS에 의한 스케줄 관리 모드를 주로 사용하며, 경부하에 ESS를 충전하고, 피크부하에 ESS를 방전하여 전력요금 절감 및 피크 억제를 목적으로 사용한다.

2.2 제안한 피크 수요관리 알고리즘

제안한 피크 수요관리 알고리즘은 높은 등급의 경우 ESS의 방전을 수행하며, ESS의 SOC가 설정치 이하일 경우 피크 경보를 발생하고 동력설비와 시스템 운용 설비의 안전한 정지를 유도한다. 또한, 15분 전력량 예측 알고리즘은 5분간 사용 전력량을 기준으로 전력 증가율을 계산하고, 이를 기반으로 15분 전력량을 예측한다. 여기서, 예측된 전력량이 피크치를 초과할 경우, 피크 수요관리 알고리즘에 의한 절전을 수행하고, 예측된 전력량이 피크를 초과하지 않을 경우, 태양광 발전 설비의 발전량을 ESS의 SOC 충전 허용 용량까지 충전하며, SOC가 충전 허용 용량을 초과할 경우, 피크 수요관리에 의해 절전 또는 정지된 설비를 재가동한다.



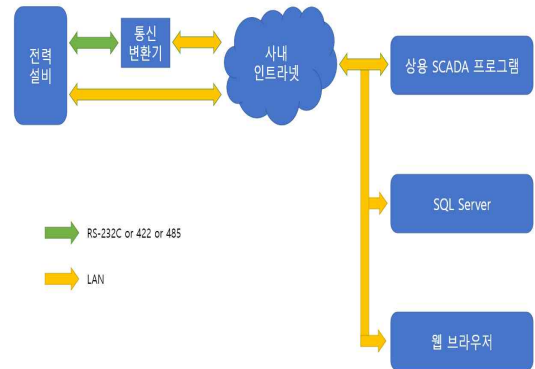
[그림 1] 운용 알고리즘

3. 제로에너지빌딩용 마이크로그리드의 피크 수요관리 알고리즘 구현

3.1 하드웨어 구현

전력설비의 통신 포트가 RS-232C 또는 RS-485/422인 경우, LAN 변환기를 사용하여 사내 인트라넷에 연결하고, LAN 포트를 지원하는 경우 사내 인트라넷에 연결한다. 사내 운용중인 데이터베이스 시스템에 제로에너지빌딩용 마이크로그리드의 EMS용 데이터베이스를 구축하고, 상용 SCADA 프로그램으로 피크 수요관리 알고리즘을 운용하여 EMS를 구성한다. 피크 수요관리 알고리즘에 의해 생성된 데이터는 데이터베이스에 저장하고, 웹 브라우저를 통해 전력량을 감

시한다.



[그림 2] 30kW급 제로에너지빌딩용 마이크로그리드의 EMS 계통도

3.2 소프트웨어 구현

실시간 데이터의 경우 통신 시간을 키로 하여 큐(Queue) 방식으로 저장한다. 상용 SCADA 프로그램의 피크 수요관리 알고리즘에 의해 생성된 데이터는 15분 단위로 보관용 테이블에 저장하고, 웹 브라우저를 통해 데이터를 배포한다. 전력설비의 ON/OFF 데이터는 제어 테이블에 저장하고, 웹 브라우저에서 ON/OFF 데이터를 수정할 경우 상용 SCADA 프로그램의 운영자 권한으로 전력설비를 제어한 후 전력설비 상태 정보 테이블에 저장한다.

원 이름	데이터 형식	Null 허용	원 이름	데이터 형식	Null 허용
Id	int		Id	int	
deviceid	char(15)		DateTime	datetime	
dtme	datetime		DeviceID	text	
analogh1	int		Vac	float	
analogh2	int		Aac	float	
analogh3	int		kWac	float	
analogh4	int		Vdc	float	
analogh5	int		Adc	float	
analogh6	int		kWdc	float	
analogh7	int		kWTotal	float	
analogh8	int				
analogh9	int				
analogh10	int				
analogh11	int				
analogh12	int				
analogh13	int				
analogh14	int				

[그림 3] 15분 단위 보관용 테이블 및 태양광 테이블 구성도

User Interface는 상용 SCADA S/W인 AutoBase를 사용하여, 부하 데이터, ESS 데이터, PV 발전상황을 실시간으로 모니터링한다. 제안한 피크 수요관리 알고리즘에 의하여 자동으로 ESS가 운용되고, 관리자의 요청에 따른 ESS운용이 가능하다. [그림 4]의 상부 중 ESS계측 영역에서 PCS 충전용량 및 방전용량은 ESS의 충/방전 용량이며, PCS 충전용량 변경 및 방전용량 변경은 관리자가 충/방전 용량을 변경하고자 하는 용량이다. 또한, DB 충전용량 및 방전용량은 웹 브라우저에서 충/방전 용량 변경을 요청한 정보이다. [그림 4]의 하부 HEMS_SEVER는 15분 단위 보관용 테이블의 데이터

로, 웹 브라우저를 사용할 때 사용된다.

5. 결 론

본 논문에서는 상용 SCADA 프로그램인 AutoBase를 사용하여 30kW급 제로에너지빌딩용 마이크로그리드에 있어서 EMS용 피크 수요관리 알고리즘을 제안한다. 이에 대한 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 전력장치의 통신 포트를 사용하여 사내 인트라넷에 연결하여, 사내 데이터베이스 시스템을 활용할 수 있음을 확인하였다.

(2) 제안한 피크 수요관리 알고리즘을 바탕으로, 상용 SCADA 프로그램으로 운용한 결과 15분 예상 전력량 계산에 의한 에너지관리가 이루어지고 있음을 확인하였다. 따라서, 본 논문에 제안한 30kW급 제로에너지빌딩용 마이크로그리드에 있어서 EMS용 피크 수요관리 알고리즘이 유용함을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술 평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구(No.20191210301940)로서, 관계부처에 감사드립니다.

참고문헌

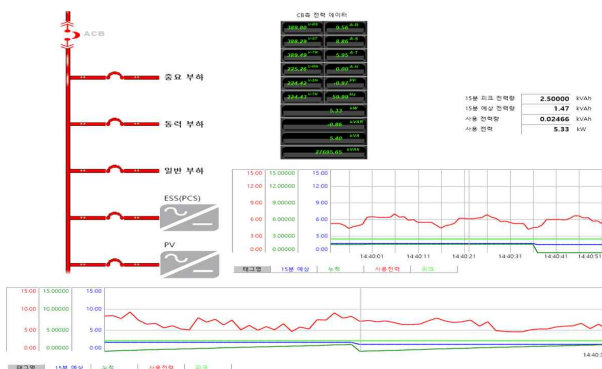
- [1] 김일영외, “3급 스마트 그리드 환경 기반하의 홈에너지를 관리하는 EMS 시스템 설계 및 구현”, 한국컴퓨터정보학회 학술발표 논문집, pp.103-106, 2015.
- [2] 박기순외, “K-BEMS 기반 스마트타운의 EMS 알고리즘 고찰”, 대한전기학회 학술대회 논문지, pp. 68-69, 7월, 2017년.
- [3] 이후동외, “탄소 제로화를 위한 독립형 마이크로그리드의 운용방안에 관한 연구”, 대한전기학회 전력기술분회 하계학술대회 논문지, pp. 509-510, 7월, 2017년.
- [4] 박동명외, “캠퍼스형 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.



[그림 4] 30kW급 제로에너지빌딩용 마이크로그리드의 EMS 관리자 화면

4. 시험 결과 및 분석

전력설비의 통신기능을 활용하여 통신 변환기 및 LAN으로 사내 인트라넷을 활용한 데이터 통신망을 구축하여 실시간 전력량 측정을 수행하였다. User Interface에서 CB측 실시간 전력 정보와 15분 피크 전력량, 15분 예상 전력량, 사용 전력량, 사용 전력을 표현하였으며, 트렌드는 1초 변동과 1분 변동으로 표현하였다. 제안한 피크 수요관리 알고리즘으로 15분 예상 전력량을 산정하고, 운용한 결과 [그림 5]의 1분 변동 그래프에서 14:40:34에 15분 예상 전력량이 변동되었음을 확인하였다. 이는 이전 15분 예상 전력량 대비 사용 전력량이 적어 새로운 예상 전력량이 조정되었음을 의미하여, 상용 SCADA 프로그램으로 제안한 피크 수요관리 알고리즘이 정상적으로 작동함을 확인하였다. 또한, PV 발전이 유효 전력에 영향을 주어, 메인 전력량 분석에서 지상 역률임에도 진상으로 나타남을 확인하였다.



[그림 5] 30kW급 제로에너지빌딩용 마이크로그리드의 EMS 모니터링 화면