

Zero Energy Building(ZEB) 개념 및 설계 모델링에 관한 연구

박상호 김광호

강원대학교 IT특성화학부대학 전기전자공학부

The Concept and Modeling of Zero Energy Building(ZEB)

Sang-Ho Park , Kwang-Ho Kim
Kangwon National University

Abstract - 본 논문은 Zero energy building(ZEB) 또는 net zero energy building의 정의와 개념에 대해서 서술 하였다, 그리고 ZEB의 장단점을 알아보고 연구 방향에 대해서 논하였다. ZEB는 주거와 상업적 빌딩에 신재생에너지를 이용하고 에너지 소비 효율을 높여 큰 에너지 절감을 통해 경제적 이익을 얻을 수 있고 저탄소 배출로 환경을 보존 할 수 있는 녹색성장의 한 방법이다. "Zero energy"라는 단어는 요즘 많이 사용 되는데 비해 정확한 정의와 개념에 대해서는 이해가 부족하다. 따라서 본 논문에서는 ZEB에 대해 정확한 정의와 세계적 흐름, ZEB의 장단점 그리고 앞으로 연구해야 할 방향에 대해 논의 하겠다.

1. 서 론

1972년 로마클럽의 '성장의 한계' 발간에서부터 제기되기 시작한 지구 온난화 문제에 대한 논의는 1980년대 들어 이상기후로 인한 자연재해가 세계 각지에서 빈번해지면서 이에 대한 논쟁이 치열해졌으며, 전 세계적 노력에 대한 국제적인 협상이 시작되었으며, 1992년 6월 리우환경 회의에서 지구 온난화에 따른 여러 가지 이상 기후현상을 예방하기 위한 목적으로 기후변화에 관한 국제연합기본 협약이 채택되었다. 그리고 그 후 에 구체적인 이행방안을 담은 교토의정서가 발효되었다. 이러한 환경적인 이유뿐만 아니라 원유가격의 급격한 상승으로 인해서 이산화탄소 배출이 없는 태양광, 풍력 등 신재생에너지를 이용한 발전이 기후변화협약을 대비하고 에너지 자립을 도모 할 수 있는 현실적 대안으로 제시되고 있다. Commercial building의 에너지 소비는 세계적으로 전체 에너지 소비에 20%을 구성하고 있다. 따라서 에너지 절감 효과를 크게 볼 수 있는 빌딩을 대상으로 zero energy을 구현한 ZEB가 세계적으로 각광을 받고 있다. 본 논문에서는 이 신재생 에너지를 이용한 ZEB에 대해서 알아보고 앞으로의 발전 가능성에 대해서 논하겠다.

2. 본 론

2.1 ZEB의 정의

ZEB는 일반적으로 빌딩이 1년 동안 연계 계통을 통한 에너지 수요가 제로인 것을 의미 한다. ZEB의 중요 개념은 에너지원이 저렴하고, 지역 가능하며, 오염이 없는 신재생 에너지원이어야 한다. 그리고 ZEB는 연계 계통을 통해 에너지 균형을 맞춰야 한다. 자체 발전이 부하를 감당하지 못 할 경우 연계를 통해 충당해야 한다. 그리고 자체 발전량이 부하치를 초과 할 경우는 연계 계통으로 역전송 한다.

ZEB라는 이름은 공용되어서 쓰이지만 북미와 유럽에서 부분적으로 사용에 차이가 있다. ZEB는 실제로 의미하는 것에 따라 몇 개의 정의로 나눌 수 있다.

□ Net zero site energy use

이 유형의 ZEB는 신재생에너지원으로부터 제공되는 에너지 총량이 빌딩에서 쓰는 에너지 총량과 같다. 북미에서 쓰는 "zero energy building"는 이 유형을 의미한다.

□ Net zero source energy use

ZEB가 생산하는 에너지 총량이 빌딩에서 쓰는 총량과 전력을 빌딩으로 보내는 에너지의 합한 값과 같아야 한다.. 이 타입은 전력을 전송하는데 발생하는 전력손실도 계산 되어야한다. 그래서 Net zero site energy building 보다 더 많은 에너지를 생산해야 한다.

□ Net zero energy emissions

미국과 캐나다를 제외하고 일반적으로 ZEB는 "Net zero energy emissions" 또는 "zero carbon building"을 의미한다. 화석연료 사용으로 인해 발생한 탄소배출 총량을 ZEB의 탄소 배출이 없는 신재생에너지 사용으로 균형을 맞춘다.

□ Net zero cost emissions

이 유형의 빌딩은 에너지 구입비용을 자가발전으로 생긴 전력을 연계 계통을 통한 판매로 균형을 맞추는 것이다. 이렇게 하려면 높은 효율의 발전설비와 빌딩의 에너지 효율이 좋아야 한다.

그리고 ZEB와 "green building"이 혼용 되어서 쓰이는데, "green building"의 목적은 자원을 조금 더 효율적으로 사용하고 환경에 부정적인 영향을 주는 빌딩의 요소를 줄이는데 있다. ZEB의 가장 큰 목적은 에너지 소비를 줄이는 것과 빌딩에서 발생하는 온실가스를 줄이는데 있다. ZEB는 사람들이 거주하고 삶을 살아 갈 수 있게 에너지나 화석 연료를 수입하는 "green building"에 비교했을 때 훨씬 덜 생태학적으로 건물의 수명에 영향을 주는 경향이 있다. ZEB는 신재생 에너지를 사용해서 주거자의 에너지 수요를 충족해야 하기 때문에 설계자는 총괄적인 설계이론을 적용해야 하고 자연에서 발생하는 무료 에너지(태양열, 바람, 조광, 열)을 이용 할 수 있게 설계 하여야 한다. "green building" 인증은 zero energy 사용을 필요로 하지 않고 법에서 명시한 몇%의 에너지 절감을 통해 얻을 수 있다. 그리고 많은 "green building" 인증 프로그램은 모든 설계 도구가 아닌 측정 도구의 확인 목록을 포함 하고 있다. 경험이 없는 설계자와 건축가도 대상 인증 수준을 충족 할 수 있지만 특정 건물이나 기후에 가장 적합한 디자인을 선택하지 않을 수 있다.

2.2 ZEB의 장단점

ZEB는 아직 발전 단계이다. 그렇기 때문에 원래 목적의 해당하는 무탄소 녹색성장의 장점을 가지고 있지만 여러 가지 단점을 내포하고 있다. ZEB의 장단점에 대해 알아보겠다.

□ ZEB 장점

- 에너지 가격이 올랐을 경우 건물 소유주는 그것과 독립적인 관계.
- 에너지 긴축 사용으로 인해 에너지 절감 효과.
- 건물의 에너지 효율을 높여서 건물 소유자의 지출 총 비용 감소.
- 재해와 재난에 대한 향상된 신뢰성.
- 개조에 비해 새로운 건물 건설의 추가 비용을 최소화.
- 빌딩의 수요보다 발전양이 많을 경우 높은 가격으로 재판매.
- 무탄소 발전을 통해 탄소배출세가 없으므로 경제적 이익.
- 탄소 배출량이 없는 신재생에너지원을 통한 녹색 성장.

□ ZEB의 단점

- 초기 투자비용이 많이 들고 많은 노력과 이해가 필요.
- 빌딩의 설계와 건축의 전문 기술을 가진 전문가의 수가 적음.
- PV cell의 가격은 매년 17% 정도 떨어지는데 그로 인해 태양열사업의 투자가 줄어들 것.
- 빌딩의 판매에 있어 초기투자비용 회수가 어려움.
- 특정한 기후에 맞춰진 빌딩의 디자인은 미래의 기후 변화에 대응하는 능력에 한계성.
- 최적화된 열의 보온 없이는 기존의 에너지 사용량 보다 더 증가.
- 개인 주택이 자체 발전량 보다 많은 전기를 사용하게 되면 연계계통을 통해 전력을 공급 받게 되면서 수요 피크에 영향을 주어 결국은 필요한 발전 용량을 줄이지 못 할 수 있음.

2.3 ZEB의 설계와 운용

ZEB를 모델링 할 때는 크게 두 가지 측면을 고려해야 한다. 설계 파트와 운영 파트가 그것인데 설계 파트는 처음 빌딩의 건설 시 고려해서 적용 하는 것이고 운영 파트는 빌딩 시스템의 적절한 제어에 관련된 것이다. 두 가지 모두 전력 사용의 최소화를 목적으로 한다.

2.3.1 ZEB의 설계

설계 파트에서는 크게 3가지 측면을 고려해야 한다. 건축, 전기 설비, 통신이 해당한다,

가. 건축

빌딩의 에너지효율을 극대화시키는 목적으로 빌딩의 배치 방위 최적화를 통해 가장 많은 일조량을 갖게 하고 슈퍼 단열, 슈퍼 창호로 열에너지 보존을 이룬다. 그리고 마지막으로 폐열 회수 시스템을 통해 낭비되는 에너지를 최소화 한다.

나. 전기설비

고효율 전기기기를 사용하는데, 특히 고효율 전동기는 전력에너지 사용량의 60% 이상을 차지하기 때문에 2~3%의 효율 증가로도 막대한 에너지 절감 효과를 가져 올 수 있다. 전력변환장치에서 손실 되는 에너지를 막기 위해 고효율 전력변환장치로 교체한다. 고효율 전력변환장치를 설치 할 경우 약 30%의 전력을 절감 할 수 있다. 고효율 조명등은 전자식 안정기가 내장된 조명기구로 일반 조명등에 비해 소비전력이 5분의 1수준이고 수명은 8배나 길다. 고효율 조명기기의 종류에는 절전형형광램프, 전자식 형광램프, 전자식 안정기, 고조도 반사갓, 인체 감지 조명기구, 고출력 방전등이 있다. LED는 급속도로 성장하는 조명이며 전력소모가 적고 거의 반영구적으로 사용할 수 있는 있다. 전력 소비량이 일반 백열전구의 10분의 1수준이다. LED는 일반등과 달리 수온을 사용하지 않아 친환경적이다. 하지만 아직은 가격이 너무 비싸 경제성이 떨어지기는 하지만 곧 기술발전으로 경제성이 높아 질 것으로 예상된다. 빌딩 전력 사용량의 10%를 차지하는 대기전력은 세계적으로 많은 관심을 갖고 있다. 우리나라도 대기전력 '1w 프로그램' 마련 중이고 계획이 달성 될 경우 대기전력의 70%를 차지 절감이 가능할 것으로 예상된다. 현재 변압기로 인한 에너지손실은 연간 2000억원에 달하는데 고효율 친환경 변압기로 교체 할 경우 연간 300억원의 절감 효과가 예상된다. 그리고 마지막으로 역률개선편장치를 사용해서 에너지 효율을 높이는 방법이 있는데 장치 종류에는 역률 개선기(PFC), 복합부하개선편장치, 전력용 콘덴서(SC) 등이 있다.

다. 통신

ZEB는 미래형 건물이다. IBS(Intelligent Building System)기능을 동반해야 하고 각 기기의 제어를 위해 건물내외에 통신이 원활하게 되어야 한다. ZEB의 통신은 스마트그리드 기술을 응용하고 무선원격조정을 통해 시스템을 제어 하며, 유비쿼터스 기술을 활용한다.

2.3.2 ZEB의 운영

운영 파트에는 크게 3가지 측면을 고려해야 한다. 조명제어, 공조시스템 제어, EMS가 해당된다.

가. 조명제어

조명제어에는 주광이용제어, 제실감지제어, 적정조도제어, 타임스케줄 제어, 타 설비와 연동제어 등이 있다. 주광이용제어는 주광의 유입량에 따라 능동적으로 조명의 조도를 조절 하는 것인데 광 센서를 이용해서 건물 어디서나 균등한 조도를 유지한다. 제실감지제어는 인체로부터 열에너지를 감지해서 일정시간 부재시 소등 하고 입실시 점등 하는 시스템이다. 적정조도제어는 설비 초기에 설계조도에 비해 20~30% 높게 운용하는데 센서 설치를 통해 밝기 조절을 하여 불필요한 전력낭비를 방지한다. 타임 스케줄 제어는 오피스 빌딩의 경우 점심시간, 퇴근 등 하루 스케줄에 있어 조명을 자동적으로 점소등 하는 것이다. 타 설비와 연동제어의 대표적인 시스템은 키 관리 시스템으로 키를 일정 장소에 삽입하면 점등 되고 키를 회수하면 소등되는 시스템이다.

나. 공조시스템 제어

대형빌딩에서 공조시스템을 이용 냉난방, 환기를 조절하는데 수 많은 전동기 사용으로 인해 건물 내 소비전력의 상당량을 차지한다. 그래서 공조시스템 제어를 통해서 전력절감을 이루어야 한다. 방법에는 최적기동 제어, 최적 정지 제어, 절전 운전 제어, 엔탈피 제어 등이 있다. 최적 기동 제어는 빌딩 재실시간 전 미리 공조 시스템 가동을 통해 초기 운전 시 과부하로 인한 에너지 소비를 최소화 하는 것이다. 최적 정지 제어는 빌딩 재실시간 이후 폐적 한계를 초과함 없이 적절한 시기에 공조 시스템을 정지 하는 것이다. 절전 운전 제어는 공조기의 급기팬과 환기팬을 주기적으로 중지해서 팬 운전 시간을 줄여서 전력절감을 하는 것으로 실내온도와 CO2 농도를 입력으로 팬 기동/정지 제어를 수행한다. 엔탈피 제어는 주간 냉방 운전 시 엔탈피 에너지가 적은 외기 도입을 통해 실내 공기의 엔탈피 에너지 감소를 목적으로 한다. 이러한 공조 시스템 제어를 통해 전체 전력 사용량의 10% 정도의 절감 효과를 볼 수 있다.

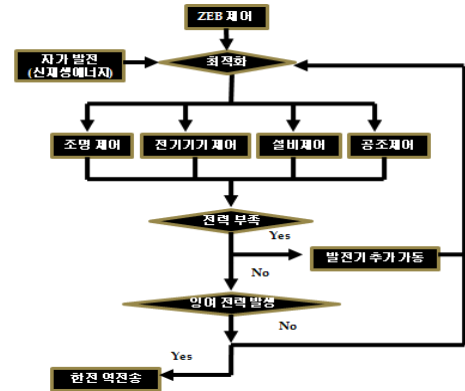
다. EMS(Energy Management System)

EMS(Energy Management System)는 능동적 수동적 부하관리 및 효율적 전력관리를 통해 전력비용을 절감 하는 것이다. EMS에는 지능형 설비 시스템, AMI, 부하관리장치 등이 있다. 지능형 설비 시스템에는 변압기 병렬운전시스템과 자동역률제어 두 가지가 있는데 변압기 병렬운전시스템은 대용량 전압을 수용하는 대형건물에서 부하용량에 따른 최적의 변압기 운용으로 변압기 손실을 줄이는데 목적이 있다. 자동 역

률제어는 선로의 역률이나 무효전력 모니터 하고 콘덴서 뱅크를 조절해서 최적화된 역률을 갖게 한다. AMI(Advanced Metering Infrastructure)는 기존의 AMR(Automated Meter Reading)의 진보된 시스템으로 한정된 검침 기능 외에 유틸리티 회사와 수요자의 유기적 연결 구축을 통해서 에너지를 효율적 사용한다. 그로 인해서 피크제어를 할 수 있어 전력 요금의 절감 효과를 볼 수 있다, 부하 관리 장치에는 직접부하관리, 최대전력관리, 최대부하이동이 있다, 직접 부하 관리는 실시간 부하의 전력사용을 감시 데이터화를 통해 자동적으로 부하를 조절 하는 것이다. 최대전력관리는 실시간 전력감시를 통해 기준 전력 초과 시 부하 차단해서 피크전력의 절감 효과를 얻는다. 최대 부하 이동은 축열 시스템 등과 연계하여 경부하시 에너지를 저장 하고 피크전력을 절감 하고 부하용 향상을 통해 설비비용 감소와 비용절감을 한다.

2.3.3 ZEB 에너지 관리 제어 알고리즘

ZEB는 다음과 같은 제어 알고리즘에 맞추어 에너지 관리를 실시한다. 건물내의 자가발전을 통해 에너지를 공급 받고 발전량에 맞추어 건물의 에너지 수요를 제어 한다. 제어에는 앞에서 언급했던 조명제어, 공조제어, EMS 등을 활용 한다. 건물에 전력부족이 발생하였을 경우에 비상발전기의 기동으로 충당하며 잉여 전력이 발생하면 연계계통을 통해 한전으로 역전송한다.



〈그림 1〉 ZEB 기동 알고리즘

3. 결 론

지금까지 ZEB의 정의와 장단점, ZEB 모델링의 필요한 요소 대해 알아보았다. 세계적인 흐름에 맞추어 우리나라도 하루 빨리 신재생에너지를 이용한 ZEB에 투자와 연구 노력이 필요하다. 에너지 독립을 위해, 녹색성장을 위해 우리에게 필요한 것이 무엇인지 성찰 해야 한다. 각각의 ZEB 정의에 따라 그 목적을 이루려면 설계에 차이가 생긴다. 에너지 효율성을 강조 하거나 공급 측 전력, 에너지원의 구입, 유틸리티 요금 구조 등을 고려해서 목적에 맞게 설계해야 한다. ZEB는 지금의 기술로 완벽하게 구현하기는 힘들다. 하지만 기술 노력과 지속적인 투자를 통해 ZEB를 구현 할 수 있다면 녹색성장의 큰 버팀목이 될 것이다. 그리고 정부측에서 ZEB를 이용한 빌딩에 인센티브를 부여하고 인증 시스템이나 규격을 만들어야 한다. 그리고 기존 화석 연료에 대해 페널티를 적용해서 신재생에너지의 활성화에 동기를 부여 해야 한다. ZEB에 필요한 신재생에너지 발전 기술은 하루아침에 이루어 지는게 아니기 때문에 국가적 지원을 통해 원천 기술을 개발해야 한다. 향후에는 실제 건물을 대상으로 ZEB의 모델링을 수행하고 기존 건물과 비교,분석을 할 예정이며 경제성 검토를 통해 실제 운용에 대한 연구를 진행할 예정이다.

감사의 글
본 논문(결과물)은 지식경제부의 지원으로 수행한 에너지자원인력양성사업의 연구결과입니다.

[참 고 문 헌]

[1] 한국에너지기술연구원, "보급형 제로에너지하우스 개발", 한국에너지기술연구원 보고서, KIER-A12205, 2002
 [2] Brent Griffith 외 5명, "Assessment of the Technical Potential for Achieving Zero-Energy Commercial Building", IEEE, 2006
 [3] Paul Torcellini 외 2명, "Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition", IEEE, 2005
 [4] Michael Deru 외 2명, "Establishing Benchmarks for DOE Commercial Building R&D and Program Evaluation", IEEE, 2005
 [5] Daniel C. Harris 외 1 명 "Peak Demand Limiting in New York Residential Housing", IEEE, 2006