

Zero Energy House(ZEH) 개념 및 설계 모델링에 관한 연구

전정표, 김광호

강원대학교 IT특성화학부대학 전기전자공학부

The Concept and Modeling of Zero Energy House(ZEH)

Jeong-Pyo Jeon, Kwang-Ho Kim

Department of Electrical & Electronics Engineering, Kangwon National University

Abstract - 오늘날 세계 여러 국가에서 에너지 소비 절감에 대한 관심이 증가하고 있는 추세이며 특히 국가 전체 에너지 소비량중 상당량을 차지하는 건물에서의 에너지 절감에 대해 많은 관심이 집중 되고 있다. 본 논문에서는 건물 특히 주택에서의 에너지 절감 대안중 하나인 Zero Energy House에 대해 알아보고 설계시 고려사항 및 효율적인 운영을 위한 가정용 에너지관리프로그램 및 시스템을 제안하고자 하였다.

1. 서 론

세계 각국에서는 석유등의 화석연료의 가격상승으로 에너지 소비의 절감과 관심이 고조 되고 있으며 또한 많은 노력이 시도 되고 있다. 특히 주택부분에서는 제로에너지하우스란 이름으로 활발히 연구가 이루어지고 있다. 지금까지 제로에너지하우스에서의 연구는 단열강화를 통해 난방부하절감과 신재생에너지시스템 도입이 주된 방법이다. 하지만 주택에 대한 쾌적한 생활환경의 관심은 날로 커지고 있으며 생활수준의 향상과 ZEH 설비 구동으로 인해 주택내 전력소비가 크게 증가하고 있는 추세이다. 하지만 지금까지의 제로에너지하우스의 개념만으로는 사용자의 욕구충족과 효율적인 에너지 관리가 힘들다. 따라서 본 논문에서는 ZEH의 설계 고려사항과 함께 대형 빌딩에 적용되는 EMS(Energy Management System)의 주택에 적절히 적용 조명, 가전기기, 냉난방의 효율적인 제어 등 통하여 ZEH의 쾌적한 환경유지 함께 불필요한 에너지 낭비를 방지하여 궁극적으로 주택에서의 제로에너지 구현의 토대를 마련해보고자 한다.

2. 본 론

2.1 제로에너지 하우스 개념

ZEH(Zero Energy House)는 주택에서 에너지를 자립화 하는 주택을 말한다. ZEH를 말하기 전에 패시브하우스 대해 알아야 한다. 1991년 독일에서 시작된 '패시브하우스'(Passive house)는 건축설계에서 고 단열 단열재와 창호를 통해 주택의 난방부하를 최소화 하고 이에 배열 회수 기술을 체계적으로 접목시켜 일반주택에 비하여 최대 80%의 난방비 절감을 이룬 주택이다. 제로에너지하우스는 패시브하우스에 신재생에너지 시스템을 도입함으로써 난방연료뿐만 아니라 전력부하를 충당함으로써 궁극적으로 외부로부터 에너지 공급 없이 스스로 자립이 가능한 주택을 말한다.

2.2 사례

ZEH는 미국, 일본, 유럽등 선진국 국가에서 활발히 연구가 이루어지고 있으며 대표적인 사례를 살펴보고자 한다.

(1) 미국

미국 DOE 산하의 Oak Ridge National Laboratory에서 실제 사용자가 거주하는 제로에너지 하우스를 설계 및 건설하고 2020년까지 순 에너지 비용을 '0'으로 만드는 계획을 세우고 연구를 지속중이다.

(2) 네덜란드

네덜란드 정부는 재생에너지 이용 진흥 정책의 일환으로 태양에너지 연구의 국가 프로그램(NOZ)을 발족하고 태양전지 개발추진과 함께 제로에너지하우스 실증작업을 하였다.

(3) 한국

한국에서는 제로에너지 솔라하우스(ZeSH)라는 명칭으로 에너지 자립주택 개발을 오래전부터 수행해 왔다. 총 3단계로 나누어 1단계에서는 열부하 70%의 자립 2단계에서는 전기를 포함한 전체부하의 70%로 자립 마지막 단계에서 비로써 100% 완전 에너지 자립 주택을 구현하는 계획이다.

2.3 ZEH의 설계시 고려사항

ZEH는 설계단계서부터 체계적인 접근이 필요함에 따라 ZEH의 설계단계의 고려사항을 건축, 전기설비, 통신의 분야로 나누어 정리하였다.

2.3.1 건축설계

건축 설계시 건물의 방위, 구조, 단열설계, 지붕설계, 기반설계가 있으며 세부사항은 다음과 같다.

(1) 방위, 구조

최적의 채광과 태양광시스템 효율을 고려 정남향 방향으로 동서로 긴 형태의 평면구조를 가지며 북측의 창호를 최소화하여 열손실을 최소화하도록 한다.

(2) 단열 설계

난방비 절감을 위해 설계시 고단열 고기밀 시공이 반드시 필요하며 창호를 통한 열손실을 고려 적절히 창호를 최소화 하도록 한다.

(3) 지붕설계

PV시스템 적용시 효율이 최대가 되는 각도로 설계하며 추후 유지 및 보수가 용이하도록 태양전지 주위로 1~2m간격으로 공간을 두도록 한다. 또한 지온에서 발전효율이 최대가 되는 태양전지의 특성을 고려 열이 효과적으로 분산되도록 설계한다.

(4) 기반 설계

지열 시스템 도입시 지반조사가 수반되어야 하며 환기시스템을 위한 지중 덕트 시공이 필요하다.

2.3.2 전기설비

전기설비로는 조명, 냉난방설비, 폐열환기시스템, 신재생시스템이 있으며 세부사항은 다음과 같다.

(1) 조명설비

자연 채광의 적극적 이용에 따라 조도를 유기적으로 조절이 가능하도록 디밍 회로 설계로 조도를 유기적으로 조절하도록 하며 조작 스위치는 개별스위치, 그룹스위치, 전체스위치, 밝기 조절 스위치를 설치하여 적절한 제어가 가능하도록 한다. 또한 자동제어를 위한 포토센서, 인체감지 센서 디밍 회로가 추가적으로 시공되어야 한다.

(2) 냉난방 설비

주택에서의 에너지소비는 대부분 냉난방을 통한 소비가 50%이상 차지한다. 따라서 냉난방시스템 설계시 최적의 시스템선정과 용량 설계는 필수적이다. 현재 적용 가능한 냉난방 시스템은 다음과 같다.

- 보일러, 에어컨시스템
가장 일반적인 시스템으로 적용이나 초기 설치비면에서 우수하지만 운영 효율성면이나 자동제어 측면이 취약
- 태양열 시스템
태양열 이용 난방 및 급탕 부하 해결 날씨 계절적 요인에 따라 안정적 열원을 위해 보조보일러 필요하다.
- 지열히트펌프시스템
지열원 이용 냉난방 동시에 해결 가능하며 주택에서의 지열시스템의 부분의 누진세가 폐지되어 운영비 부담 해소되었다. 하지만 지반조사가 필요하고 초기 설치가 고가이기 때문에 정확한 용량 선정 필수하다.
- 연료전지 시스템
LPG로부터 수소 추출하여 발전과 함께 열을 사용 검증 작업이 이루어지고 있는 상태이며 고가의 설치비가 문제

(3) 폐열회수환기시스템

ZEH는 고기밀 시공으로 인해 환기의 중요성이 크며 또한 제로에너지 하우스에서 환기를 통한 열손실을 막기 위해 폐열회수기능도 적용 되어야 한다. Passive house 기준 따라 다음 조건을 만족하여야 한다.

- 열교환기 효율 -75%이상
- 환기율 - 0.25~0.4회/h
- 지중덕트 통한 외기부하감소

(4) 신재생에너지시스템

주택에서의 증가되는 전력소비와 ZEH의 설비구동을 고려하였을 때 자가 발전시스템이 필요하며 현재 주택에서 설치가 가장 용이한 PV시스템 측면에서 고려하였다. 또한 주택은 전력사용량이 타 건물에 비해 적어 비용측면이나 투자비 회수기간에서 취약하고 특히 누진세를 적용받기 때문에 도입시 몇 가지 고려가 필요하다.

• 건물통합형 PV시스템(BIPV) 도입

지붕 자체 대체를 통한 비용절감과 단일성 강화를 통한 난방비 절감을 통해 경제성부분에서 취약점을 극복하도록 한다. 따라서 설계시 지붕의 각도를 태양광 발전의 최적각도로 설계되어야 하며 효과적인 열 분산 구조로 이루어져야 한다.

• 태양전지의 선택 및 용량 선정

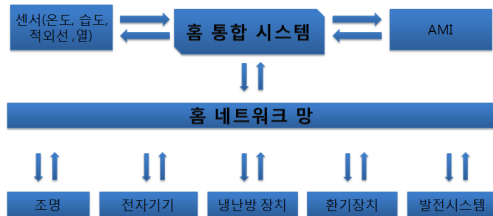
일반 주택에서는 누진세를 적용받기 때문에 PV시스템의 효과는 차등화 된다. 전력사용량이 적은 가정에서는 저효율 태양전지를 선택 자체비 대체와 단일강화를 통한 부가적 이점을 높이고 사용량이 많은 가정에서는 누진세 특징을 이용 전력요금을 절감하여 이윤을 극대화하도록 한다. 또한 현재 정부 보조금이 30%넘는 경우 일반 전력단가로 구입하기 때문에 초과 전력생산을 하지 않도록 용량을 선정한다.

2.3.3 통신설비

ZEH에서의 전기기기, 전기설비들의 효율적 제어와 자동제어 시스템의 구현을 위해 주택에서 통신설비가 설계시 적절히 고려되어야 하며 고정기기는 RS-485, PLC 방식의 유선제어, 가전기기는 이동성을 고려 ZigBee등의 무선제어를 채택한다.

2.4 에너지관리 제어

ZEH의 에너지 관리제어는 크게 AMI를 통한 실시간 요금으로 사용자가 능동적으로 전력소비를 조절과 홈 통합시스템에 의해 조명, 가전기기, 냉난방장치, 발전시스템이 효율적으로 관리된다.



<그림 1> ZEH 에너지관리 제어 구성도

(1) 조명제어

- 조도제어 - 자연채광이나 타 기기의 빛을 감지 조도를 위치에 따라 적절한 조도를 적용 에너지 절감
- 인체감지제어 - 출입 빈번한 화장실 혹은 각 방에 인체감지센서를 설치하여 자동으로 소등하여 에너지 절감
- 키 관리시스템 연동 - 키 관리시스템과 연계 외출시 모든 조명 자동 소등

(2) 가전기기 제어

- 대기전력차단제어 - 상시 대기전력을 감시하고 자동적으로 대기전력을 차단함으로써 전체 소비전력의 9~10%절감 가능
- 경부하 운행제어 - AMI와 연계 전력소비를 체크 전력소비량이 적은 시간에 가전기기 운행하도록 제어
- 키 관리시스템 연동 - 키 관리시스템과 연계 외출시 모든 가전기기 대기전력 차단 및 불필요한 기기운행 차단

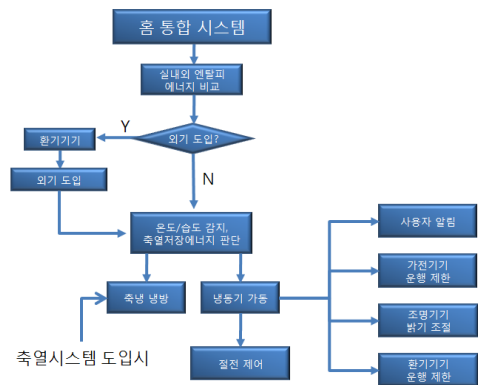
(3) 냉난방시스템 제어

- 개별 온도제어 - 각방의 사용자 재실여부, 생활 패턴에 따라 최적의 온도를 설정하도록 제어
- 축냉(열)제어 - 축냉(열)시스템 도입시 익일부하를 예측하고 최적의 축열량을 산출하여 최적의 시간에 운행 실시제어

- 최적 기동/정지제어 - 사용자의 생활패턴, 익일 실내의 온도를 예측 냉난방량을 산출하여 최적시간에 기동/정지를 실시하여 갑작스런 운행으로 인한 에너지 낭비 방지
- 절전운전제어 - 초기 냉방시 100% 운행으로 설정온도 도달 이후 40%수준으로 운행하도록 제어
- 엔탈피제어 - 냉방시 외기 온도, 습도를 감지하고 필요에 따라 외기 도입을 통해 냉방실시
- 스케줄제어 - 외출, 취침등 특정 사용자 생활패턴에 따라 최적의 냉난방을 실시하도록 제어

(4) 시나리오에 따른 연계제어

ZEH의 각 설비는 독립된 제어 프로그램에 따라 실시간제어를 통해 에너지를 절감하고 기존 전력사용량 초과등의 특정 시나리오 상황에서 각 시스템들이 연계되어 제어되도록 한다. 특히 주택에서의 에너지 사용량이 주로 냉난방사용에 따라 좌우되므로 냉난방기 시스템을 중심으로 가전기기, 조명등의 ZEH의 설비들이 연계제어 된다.



<그림 2> 연계 제어

그림 2는 연계제어의 대략적인 흐름을 보여준다. 홈 통합시스템이 실시간 전력을 감시하며 일정 온도가 증가 되어 냉방기 가동시 우선 실외 외기도입을 판단하고 냉방기를 가동하게 된다. 전력사용량에 따라 조명의 밝기를 감소시키거나 가전기기 사용 제한을 통해 전력 상승을 막도록 한다.

3. 결 론

본 논문에서는 ZEH의 개념 및 사례를 살펴보고 건축, 전기설비, 통신파트로 나누어 ZEH의 실제 구현시 고려사항을 설명함에 따라 ZEH의 구현시 방향을 제시하고자 하였다. 또한 지금까지의 ZEH의 연구 방향이 Passive House의 건축적 설계요소나 PV시스템의 신재생에너지 도입을 통한 제로에너지하우스의 구현이었다. 하지만 경제성 부분에서 본다면 PV시스템과 같은 신재생에너지 부분이나 완벽한 단열을 위한 설계는 아직 취약하다. 따라서 EMS를 통한 효율적인 전력사용과 불필요하게 낭비되는 에너지를 제거하여 기본적인부하감소가 절실하다. 하지만 아직 주택에서의 EMS는 대형빌딩에 비해 활발한 연구가 이루어지지 않고 있다. 본 논문에서는 주택에서 실현가능한 EMS의 계산을 통해 ZEH의 구현에 적용하고자 하였다. 또한 주택에서의 주요 에너지소비원이 냉난방부분이기 때문에 이 부분에서 효율적인 제어를 적용하고 이와 함께 전력 사용량증가 등 특정 상황에서 가전기기, 조명등 ZEH 타 설비들을 연계 제어함으로써 그 상황에 능동적으로 대처하도록 하였다. 앞으로도 ZEH의 구현을 위해 최적의 가정용 EMS 프로그램이 연구 개발이 이루어져야 주택에서의 에너지 자립이 가능할 수 있을 것이다.

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] 조한, “건물 통합형 태양광 시스템의 건축 디자인 적용 방법 연구”, 대한 건축학회 논문집, pp.109~118,2006

[3] Paul Torcellini 외 2명, “Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition”, IEEE, 2005