

## 스마트 에너지관리시스템의 구축: 에너지절감의 출발점!



에너지관리시스템의 구축은 에너지절감의 첫 단추 끼우기와 같다. 선택하여 구축하는 에너지관리시스템의 수준과 규모에 따라 일련의 에너지절감활동에서 에너지관리시스템이 개입하는 역할의 깊이와 활동의 수준이 달라지게 되고 그에 따라 해당 공장이나 빌딩의 향후 에너지절감 가능규모도 결정되게 된다. 본고에서는 에너지관리시스템이 모든 에너지절감활동의 총괄 지휘감독으로서 에너지절감을 위해서는 가장 우선적으로 구축되어야 하는 이유와, 에너지관리시스템의 보급 확산을 위한 대책, 스마트한 에너지관리시스템이 갖추어야 할 필수 기본기능, 21세기 블루오션인 에너지신산업의 핵심요소로서의 에너지관리시스템의 향후 육성방안과 나아가야 할 방향에 대해 기술하기로 한다.

**이 승 철**

(주)네트아이테크놀로지 대표

### 1. 서론

공장이나 빌딩에서 에너지를 절감하기 위해서는 정확한 에너지 사용상황 파악이 반드시 선행되어야 한다. 파악한 정보를 바탕으로 에너지를 사용하는 방법 또는 패턴을 실시간으로 바꾸거나, 설비의 개선, 대체나 추가와 같이 설비를 변경하거나 하는 에너지절감활동을 수행함으로써 실제 에너지절감이 이루어진다. 특히 설비를 변경할 경우에는 투자의 타당성 검토를 위해 설비 변경 후 최적으로 운영하고 활용할 경우를 가정하여 충분한 상세 관련 운영정보를 수집 분석하고 가능한 예상 절감규모와 투자비회수기간을 산정해야 한다. 실제 변경 후에는 최적으로 운영하여 절감효과를 극대화하여야 하며, 일정관리기간 경과 후에는 신뢰할 수 있는 M&V (Measurement & Verification) 방법을 사용하여 실제 절감효과를 정확히 산정할 수 있어야 한다.

상기와 같은 일련의 에너지절감활동을 체계적으로 수행하여 효과적인 에너지절감을 이루어내기 위해서는 반드시 에너지관리시스템이 먼저 구축되어야만 한다.

에너지관리시스템은, 있으면 에너지절감에 도움을 줄 수 있고 없어도 크게 문제될 것이 없는 단순한 절감수단 중에 하나가 아니라, 공장이나 빌딩의 전체적인 관점

에서는 물론 개별 기기나 설비를 대상으로 하는 구체적인 절감활동 하나 하나에 이르기까지 모든 에너지절감활동을 총체적으로 관장하는 가장 기본적이고 핵심적인 에너지절감설비이다.

에너지관리시스템의 구축은 에너지절감의 첫 단추 끼우기와 같다. 선택하여 구축하는 에너지관리시스템의 수준과 규모에 따라 상기 일련의 에너지절감활동에서 에너지관리시스템이 개입하는 역할의 깊이와 활동의 수준이 달라지게 되고 그에 따라 해당 공장이나 빌딩의 향후 에너지절감 가능규모도 결정되게 된다.

본고에서는 에너지관리시스템이 모든 에너지절감활동의 총괄 지휘감독으로서 에너지절감을 위해서는 가장 우선적으로 구축되어야 하는 이유와, 에너지관리시스템의 보급 확산을 위한 대책, 스마트한 에너지관리시스템이 갖추어야 할 필수 기본기능, 21세기 블루오션인 에너지신산업의 핵심요소로서의 에너지관리시스템의 향후 육성방안과 나아가야 할 방향에 대해 기술하기로 한다.

## 2. 에너지관리시스템의 구축은 에너지절감의 시작

본고에서는 주로 전력과 FEMS(Factory Energy Management System)를 위주로 기술하기로 한다. 여타 에너지나 에너지관리시스템을 구별할 필요가 있을 경우에는 따로 명시하기로 한다.

공장이나 빌딩에서 전력을 체계적으로 절감하기 위해서는, 전체 및 각 부문이나 부서, 공정 및 직접적으로 전력을 소비하는 개별 기기나 설비들에 대하여 전 목표 관리기간 동안의 절감목표를 설정하고, 이들이 전력을 공급받고 사용하는 과정에서 절감할 수 있는 요소들을 최대한 찾아내며, 절감을 위해 필요한 조치를 취하는 일련의 절감활동들을 지속적으로 수행해나가야 한다.

에너지를 절감하기 위해 취하는 조치로는 설비의 개선, 교체 또는 추가와 같은 설비의 변경; 에너지를 소비하는 방식 또는 패턴의 변경; 실시간으로 발생할 수 있는 각종 손실과 낭비요소의 발견 및 제거 내지 축소; 설비 운영효율성의 제고; 와 같은 절감활동들을 들 수 있다.

상기한 일련의 에너지절감활동을 주로 인력에 의존하여 수행하는 것과 적절한 기능을 갖춘 에너지관리시스템을 구축하고 활용하여 수행하는 것과는 에너지 절감

의 정교성과 달성할 수 있는 절감효과 면에서 전혀 비교가 될 수 없다. 신속성과 능률면에서 비교한다면 인력거를 타고 가는 것과 비행기를 타고 가는 것과의 차이만큼이나 다르고, 수행하는 절감활동의 질적인 면에서 비교한다면 석기시대의 삶과 현대의 삶의 차이에 비유될 수 있을 정도이다. 지금까지 인력으로 에너지를 잘 절감해 오고 있다면 에너지관리시스템의 구축은 그러한 인력에 날개에 달아주는 셈이 된다.

따라서 에너지관리시스템은 에너지절감을 위한 이와 같은 일련의 절감활동들을 총체적으로 지휘하고 감독하며 이행하는 주체가 된다.

특히 공장의 가동 중에 취하는 절감조치들은 FEMS가 자율적으로 직접 수행할 수도 있고 현장의 확인이나 동의가 필요한 경우에는 능동적으로 에너지관리자나 현장의 생산담당자에게 요청해서 간접적으로 수행할 수도 있다. FEMS가 이러한 자율적 내지 능동적인 절감조치를 취하기 위해서는 절감활동의 일부로서 반드시 설비와 공정이 안전하게 운영되는지 여부를 감시하고 안전에 영향 없이 절감하며, 안전하게 운영되는 상황을 에너지관리자나 현장 생산담당자들에게 확인시켜 줄 수 있어야 한다.

에너지절감활동은 그 외에도 안전성 제고를 통한 회피비용의 절감; 절감활동의 결과 발생할 수 있는 에너지 또는 인력과 같은 자원(resource) 간의 대체효과 산정; 최대수요전력의 저감; 전력요금체계를 활용하는 에너지비용의 절감; 수요관리 또는 각종 보상이나 지원제도를 활용하는 절감; 과 같은 활동이나 노력도 포함된다.

에너지관리시스템은 이와 같은 일련의 에너지절감활동들을, 통상 1년으로 하는 에너지관리 목표기간 동안 관리의 편의를 위해 세분한 매 관리단위시간 마다 연속해서 반복적으로 수행하며 나아간다. 매 순간 수집해야 할 데이터와 수행해야 할 연산과 판단을 위한 추론에 요구되는 방대한 양의 정보처리 능력은 그간의 획기적인 CPU의 연산속도와 메모리 용량 증가로 인해 가능해 졌다. 동시에 주로 인력에 의지해서 상기와 같은 정교한 수준의 에너지절감관리를 수행하는 것은 불가능해 졌고, 소중한 인력자원을 석기시대의 에너지관리를 위해 낭비할 필요성도 없어지고 있다.

지금까지 에너지관리시스템의 개입이나 도움없이 수행되어 온 설비변경을 포함하는 전형적인 에너지절감활동을 예로 들어, 에너지관리시스템으로 수행할 경우 어떻게 달라질 수 있는지에 대해 구체적으로 살펴보기로 한다.

## 2.1 설비 변경을 통한 절감에서의 에너지관리시스템의 역할

기기나 설비 또는 공정의 효율을 개선하여 절감하는 전형적인 예로서 인버터 설치, 폐열회수, 고효율기기로의 교체 (LED 교체 포함.), 공정 변경, ESS 설치, 단열/창호 개선 등이 있다.

이러한 설비 변경을 통한 에너지절감을 위해서는, 우선 에너지사용 상황과 패턴을 관찰하여 절감 가능성이 큰 설비를 찾아내야 하고, 설비변경 투자의 타당성 분석을 위해 충분한 상세 에너지사용 데이터와 설비 운영패턴 정보를 기 확보했거나 아니면 추가로 수집해야 한다. 다음에는 투자비회수기간을 최대한 단축할 수 있도록 설비를 운영하는 것을 전제로 투자 타당성을 검증해야 하고, 설치 후에는 실제 최적으로 운영하여 투자비 회수기간을 최대한 단축해야 하며, 일정 목표관리기간 경과 후에는 실질적으로 얼마나 절감효과가 있었는지의 정확한 절감성과 분석이 이루어져야 한다.

미국 냉동공조협회 ASHRAE에서는 상업용 빌딩의 경우 에너지성능개선 위해 설비투자가 수반될 경우 최소 수 주 내지 수 개월간의 상세 운영데이터를 수집하여 (Audit Level 3) 타당성을 분석할 것을 권장하고 있다 [1]. 공장의 경우는 기기나 설비간의 상호 작용이나 연관성이 빌딩보다 복잡하고, 에너지 상호 간 또는 에너지와 인력 간의 대체 효과, 제품의 생산량과 품질에의 영향, 공장 운영 안전성 내지 신뢰성에의 영향, 등을 분석해야 하므로 상세 데이터 수집을 위해 필요로 하는 기간은 훨씬 더 길어질 수 있다. 그러나 에너지관리시스템을 구축하여 운영하면서 이러한 설비 변경의 필요성을 발견했다면 필요로 하는 데이터는 이미 충분히 축적되어 있거나 추가로 필요한 데이터도 쉽게 수집할 수 있으며, 상세한 설비 운영패턴 정보나 유관설비들과의 상호작용이나 자원의 대체효과 분석 등 훨씬 더 정교한 투자 타당성분석이 가능해 진다.

에너지진단회사들의 경우도 절감이 가능할 것으로 보이는 설비에 임시로 계측장비를 설치하고, 단기간 수집한 운영데이터를 근거로 설비변경을 추천함으로써 신뢰가 점차 떨어지고 있는 통상적인 기존의 에너지진단 방식에서 탈피하여, 먼저 우수한 기능의 에너지관리시스템의 설치를 추천하고, 향후 에너지관리시스템으로부터 얻을 수 있는 풍부한 운영관련 정보를 바탕으로 투자타당성을 분석하고 설비변경을 추천할 경우, 보다 내실있는 에너지진단이 가능해 질 수 있다.

설비변경의 타당성 검토와, 변경 후의 최적운영을 통한 투자비 회수기간의 단축과, 절감효과 검증 과정에서 에너지관리시스템이 어느 수준까지 역할을 담당할 수 있는지는 구축하는 에너지관리시스템의 규모와 기술수준에 따라 달라진다.

설비변경을 통한 에너지절감과 관련된 몇몇 전형적인 절감조치들의 타당성 조사와 투자비회수기간 단축에 에너지관리시스템이 기여할 수 있는 역할에 대해 간단히 짚어보기로 한다.

(1) LED 교체: LED는 현재 대부분의 건물과 공장에서 기존의 형광등을 거의 대체해 가고 있다. 그러나 일괄해서 모두 대체하기보다는 공간마다 점등시간이 다르므로, 공간별로 에너지관리시스템에 의해 절감된 후의 전등 사용시간을 산정하여, 투자비회수기간이 설정하는 목표기간 이내로 절감되는 공간만 선별적으로 교체하면 더욱 더 경제적인 교체가 될 수도 있다. 또한 LED 구동회로에서 발생하는 고조파는 중성선에 큰 영상전류를 야기할 수 있고, 전력손실 증가와 함께 선로 과열로 인한 화재의 위험도 있을 수 있으며, 민감한 제어를 필요로 하는 공장의 경우 제어신호에 잡음신호가 주입되어 공장가동이 멈추는 경우도 생겨날 수 있다. 에너지관리시스템을 활용하여 이러한 문제점들을 사전에 LED 설치회사와 함께 검토하여 교체 범위를 결정하고 필요한 설비보완도 할 경우 모두가 만족하는 LED 교체가 이루어 질 수 있다.

(2) 인버터 설치: 인버터는 농형 모터에 공급되는 주파수와 전압을 조절해 가며 기동전류를 줄이고 회전수도 조절하여 모터의 힘(Torque)을 필요한 만큼만 내도록 하여 전력을 절감하기 위한 목적으로 설치한다. 그러나 모터마다 회전수와 인가전압에 따른 토크와 전류특성이 다르므로 인버터가 모터와 적정하게 매칭(Matching)되지 못하거나 잘못 운영될 경우, 모터가 과열되어 수명이 단축되고 모터가 소손되는 사고까지 유발될 수 있으며, 심지어는 설치한 인버터를 다시 철거하는 사태까지도 발생될 수 있다. 따라서 인버터를 설치하기 전에 에너지관리시스템을 통해 수집하는 해당 모터의 부하특성과 운영패턴을 기초로 절감효과와 안전성을 인버터 설치 회사와 함께 분석하여 설치하면 보다 만족스러운 도입이 가능해진다.

(3) ESS 설치: ESS는 전력요금이 저렴한 심야에 전력을 저장하고 전력요금이 비싼 주간의 피크전력 시간대에 방전하여 전력요금을 절감할 수 있고, 최대수요전력을 저감하여 기본요금도 줄일 수 있으며, 국가적으로는 전력계통의 안정적



인 운영과 발전설비들의 건설을 지연시킬 수 있어서 정부에서도 설치를 적극 권장하거나 의무화하고 각종 지원책도 제시되고 있으나, 투자비회수기간이 길어서 보급 활성화의 걸림돌이 되고 있다. 그러나 에너지관리시스템을 활용할 경우, 정교한 운영으로 절감효과를 증대시킬 수 있고, 양질의 속응 수요관리자원을 마련하여 보상금혜택을 늘릴 수 있으며, 발전량이 불규칙한 태양광 및 풍력발전과 같은 신재생에너지 발전설비들의 용량과 충방전 운영을 최적화하여 경제성을 제고할 수 있고, 자가발전기와 연동 운영으로 정전에 유연하게 대처하여 회피비용을 절감할 수 있는 등 투자비회수기간을 단축할 수 있다.

(4) 창호/단열 개선: 정부는 현재 건물의 창호나 단열을 개선하여 에너지 절감량이 최소 20% 를 상회할 경우 투자비 용자와 이자를 지원해 주는 그린리모델링 사업을 진행하고 있다. 그린리모델링사업을 진행하기 위해서는 창호나 단열 공사에 전체 사업비의 50% 이상이 투자되어야 하고, 그 외 BEMS와 같은 에너지 절감방법은 선택사항으로 되어 있다. 그러나 건물의 각 공간마다 위치와 향(向)과 냉난방 설비와 단열이나 창호가 다를 수 있어서 개선 시의 절감효과도 크게 차이가 날 수 있다. 에너지관리시스템을 운영하여 각 공간마다 냉난방 가동시의 날씨에 따른 온도변화 특성 정보를 수집할 경우, 단열이나 창호개선을 통해 절감효과가 큰 공간을 선별할 수 있고, 리모델링을 보다 효과적이고 경제적으로 수행할 수 있다.

## 2.2 실시간 에너지사용 중의 절감활동에서의 에너지관리시스템의 역할

전기는 눈에 보이지 않다 보니 사용하는 과정에서 여기 저기 새고 흘리는 경우가 많다. 품질도 알 수 없다 보니 그로 인한 손실도 2중 3중으로 발생하고 있다. 대부분 모르고 지내거나 별로 관심없이 지내고 있다. 마치 꿩이 모래에 머리를 묻고, 보이지 않으니 모든 것이 다 잘 돌아갈 것으로 생각하거나 막연히 기대하는 것에도 비유될 수 있다. 다음에 몇 몇 대표적인 사례를 들어 기술하기로 한다.

(1) 전력의 품질과 관련된 손실 및 손해: 전력은 공급되는 과정에서 정도나 크기의 차이는 있을 수 있으나 수시로 전압이 변동되고 3상간에 불평형이 생겨나며 고조파가 발생되어 전압과 전류의 파형이 찌그러지고, 전압과 전류의 위상차가 벌어져 역률이 저하되고 손실이 증가될 수 있다. 문제는 이러한 품질 저하로 인해 변압기를 포함하는 선로의 손실이 증대되고 대부분의 설비들의 소비전력이 증가하며 공장 및 빌딩의 전 전기설비들의 수명까지도 단축될 수 있다. 전기 요금은

요금대로 증가하면서 설비수명까지 단축될 수 있고, 공정도 영향을 받아 제품의 생산성과 품질까지도 저하될 수 있으니 그야말로 2중 3중의 손실이 아닐 수 없다. 만일 이런 모든 상황들이 눈에 보인다면 그대로 내버려둘 경영진들은 거의 없으리라 생각된다. 파이프에서 스팀이 크게 소리내며 허영게 새고 있는 것이 보일 때 그대로 계속 내버려 둘 경영진이나 현장 실무자가 없는 이치나 마찬가지이다.

에너지관리시스템은 상세하게 전력품질 감시를 수행하며, 전력 품질저하로 인한 설비의 수명영향을 분석할 수 있고, 대책을 제시할 수 있다. 각 설비의 전압, 전류, 토크 특성과 불평형 전압시의 전류변화나 모터권선의 온도상승과 수명에의 영향은 스마트 에너지관리시스템의 지식기반(Knowledge-base)으로 저장되는 설계 사양과 실제 소비전력 정보로부터 찾아내거나 산정할 수 있다.

**(2) 전력 공급선로의 손실:** 전력을 사용하는 각 설비들은 변압기와 전선(cable)을 통해 전력을 공급받는다. 2선으로 공급받는 전등이나 콘센트 부하를 제외하면 대부분 3선으로 공급받는다. 공급받는 과정에서 변압기와 전선에서는 흐르는 전류의 제곱에 비례하는 동손이 발생되고 변압기에서는 추가로 무부하손도 발생된다. 특히 동손은 선로에 흐르는 전류의 제곱에 비례하여 증가하므로, 같은 설비를 가동하더라도 피크전력시에 가동할 경우에는 공통선로의 손실이 대폭 늘어나게 된다. 1선이 아니라 3선에서 발생하다보니 공통선로의 길이가 길어질 경우 더욱 더 늘어나게 된다. 스마트한 에너지관리시스템이라면 전력설비 가동시의 한계손실(Marginal Loss)을 산정할 수 있어서 손실관리가 가능하다. 에너지관리시스템의 피크부하 저감 노력은 의외로 큰 손실저감 혜택을 줄 수도 있다.

**(3) 그 외 다양한 절감가능 요소의 발견 및 조치:** 전력의 과다사용, 공회전 및 설비의 효율저하로 인한 손실과, 신뢰도 저하로 인한 설비나 공장 가동정지율의 증가로 인한 손실, 자원 간의 대체효과 분석, 등은 모두 에너지관리시스템이 자율적 내지 능동적으로 수행할 수 있는 에너지절감활동이다.

### 3. 에너지관리시스템의 보급 활성화 대책

공장이나 빌딩의 에너지를 체계적으로 최대한 절감해 나가기 위해서는 에너지관리시스템 구축이 그 출발점이 되어야 함에도 불구하고, 현재까지 보급이 크게 활성화되지 못하고 있다. 다음에 그 원인과 대책을 살펴보기로 한다.

### 3.1 에너지관리시스템의 보급 확산의 장애 요인

상호 배제적이지 않은 다음의 이유들로 인해 현재 에너지관리시스템의 구축이 크게 활성화 되지 못하고 있다.

**(1) 최고경영진이 잘 모름:** 대부분 기술분야가 전공이 아닌 최고경영진의 경우 에너지관리시스템의 존재나 역할이 무엇인지 잘 알지 못하고 있는 경우가 많다.

**(2) 도입하면 얼마간 도움이 될 수도 있으나 안한다고 해서 크게 문제될 것도 없다는 인식:** 리포팅기능을 위주로 하고 막상 에너지 절감은 에너지관리자나 생산담당자들이 찾아서 해야 하는 대부분의 기존 에너지관리시스템의 유용성과 절감효과의 한계로 인해, 체계적으로 에너지를 절감해 나가기 위해 가장 먼저 구축해야하는 에너지관리시스템이 단순히 여러 절감수단 중에 하나로 인식되고 있다. 이러한 인식은 절감이 상대적으로 까다로운 FEMS의 경우가 특히 심하다.

**(3) 값싼 전기요금:** 우리나라의 산업용 전기요금은 우리와 마찬가지로 에너지 빈국인 이웃 일본과 비교하여 59% 수준이고, 프랑스의 66%, 이탈리아의 36% 수준이다 [2]. 그나마 원전으로 가능하고, 에너지가격 상승이나 기존 원전 수명도래 및 신규 원전건설 지연 시 대폭 상승될 여지가 상존하고 있다. 공장의 경우 안정적인 경쟁력 확보 및 체질강화를 위해 미리부터 전력을 절감해 가며 대비할 필요가 있다.

**(4) 손실들이 눈에 띄지 않으므로 에너지관리시스템의 시급성을 피부로 느끼지 못함:** 전기료는 더 내면서 설비들의 수명이 총체적으로 단축되고 공장의 안전운영 및 제품의 품질까지도 영향을 받는 2중 3중의 손실이 발생할 수 있다는 사실을 대부분 인지하지 못하고 있다.

#### (5) 기타 요인:

- 지금까지 이런 저런 절감방안, 예를 들면 LED 교체, 인버터 설치 등 그때 그때 자체적으로 잘 절감해 오고 있다는 판단
- 더 이상 절감할 여지가 별로 없다는 판단
- 공장의 경우 더 절감하기 위해서는 생산라인을 세워야 할 수 밖에 없다는 판단: 특히 연속공정의 경우 이러한 경향이 심함.



- 도입하여 절감효과가 제대로 나오지 못할 경우 실무자에게 지울 수 있는 책임에 대한 부담.
- 에너지절감전문가 부재: 에너지관리시스템 전문가의 부족으로 FEMS가 주로 리포팅 위주의 기능 수준에 머물러 있고, 도입측도 대부분 전문가 부재로 상호 정확한 의사소통이 되지 못하고 도입 타당성 검토가 제대로 이루어지기 어려움.
- 산정근거가 모호한 과도한 절감효과의 주장: 절감규모 산정과정의 투명성, 객관성, 신뢰성 및 전문성이 결여되어 있음.
- 경영진의 무관심: 임대빌딩의 경우 에너지비용은 입주자에게 그대로 전가하면 된다는 생각; 입주자에게 개별적으로 분양된 경우, 개별 입주자에게 돌아가는 절감혜택이 크기 어렵다보니 적극적으로 에너지절감의 합의를 이끌어 내려는 의욕적인 주체가 없음(대부분의 아파트, 주상 복합 등).
- 투자여력이 없는 경우: 단계적인 구축이나 다양한 투자비 조달 및 회수 옵션들을 고려해 볼 수 있음.

### 3.2 에너지관리시스템의 보급 활성화 대책

에너지관리시스템의 보급을 활성화하기 위해서는 앞에서 언급한 장애요인들을 제거하여야 한다. 주로 다음과 같은 대책 내지 방안을 고려할 수 있다.

**(1) 에너지관리시스템의 성능 강화:** 에너지관리시스템이 리포팅 기능을 주로 하는 수준을 넘어서 자율적/능동적으로 에너지를 절감하며, 가시적인 절감효과를 나타내고, 관리부담도 줄여줄 수 있도록 구축되어야 한다. 국가적으로도 FEMS 및 BEMS의 성능 표준이나 구축수준의 평가 기준을 정할 경우, 관제점포인트 수 등 설비의 양적인 측면보다는 자율/능동 절감기능과 같은 기술 수준의 질적인 면에 주로 초점을 맞추는 것이 바람직하다[3, 4].

**(2) 최고경영진의 강력한 절감의지:** 최고경영진이 공장 또는 빌딩의 전체 절감목표를 설정하고 반드시 이루어겠다는 의지를 전사적으로 명확히 표명하도록 한다.

**(3) 에너지관리시스템을 최우선적으로 구축해야할 필요성의 인지:** 명실 공히 에너지절감의 총괄감독자로서의 기능을 수행할 수 있는 에너지관리시스템을 구축하고 홍보하도록 한다.

(4) **절감효과 산정을 위한 기준(Baseline) 산정과 M&V 방법의 정립:** 전문가를 확보한 공 기관, 예를 들면 한국에너지공단, 에서 주도적으로 객관적이고 신뢰할 수 있는 산정 방법을 표준으로 정립하도록 한다[5].

(5) **우수한 에너지관리시스템 플랫폼기술과 절감관련 특허기술의 인증:** 역시 한국에너지공단과 같은 공기관에서 인증하고, 인증받은 에너지관리시스템은 수용가가 안심하고 도입할 수 있도록 보증해 주며, 대신 에너지관리시스템 구축회사는 해당 공기관에 대해 상응하는 책임을 지도록 하는 방안을 검토해 볼 수 있다. 기존의 NET와 NEP 인증의 경우에도 에너지관리시스템분야에 보다 큰 평가 가점을 주어 활성화를 지원해 줄 수 있다.

(6) **동반성장의 적극적인 장려:** 현재 에너지관리시스템 구축은 주로 대기업의 그룹사가 자사나 그룹사의 공장이나 빌딩에 경쟁없이 구축하는 경우가 대부분으로서, 레퍼런스 구축이 어려운 중소기업의 경우 기술 수준과 상관없이 진입장벽이 더욱 높아지고, 자유로운 경쟁을 통한 에너지관리시스템 기술발전의 토양이 마련되고 있지 못한 상황이다. 같은 FEMS나 BEMS라는 같은 명칭을 사용해도 그 기능과 기술수준은 천차만별일 수 있다. 같은 자동차라도 소형 3륜차로부터 시작하여, 수동기어 변속의 경차수준, 자동기어변속기능과 기본옵션을 갖춘 중형차 수준, 그리고 자율주행까지도 가능한 최고급 승용차 수준에 이르기까지 차이가 날 수 있는 것에도 비유될 수 있다. 글로벌 시장 선점을 목표로 하여 대기업의 탄탄한 ICT 인프라를 바탕으로 기술력 있는 중소기업과 적극적인 협업을 할 경우, 상호 win-win 하며 경쟁력도 강화해 나갈 수 있다.

#### 4. 우수한 에너지관리시스템의 요건

알파고 이후 인공지능에 대한 관심이 고조되고 있다. 에너지관리시스템도 인력의 개입을 최소화하고 지능적으로 최대한 스스로 에너지를 절감하기 위해 끊임없이 진화해 나가야 한다.

에너지관리시스템이 에너지를 절감하는 과정에서 어느 수준과 범위까지 역할을 담당할 수 있는지는 구축하는 에너지관리시스템의 규모와 기술 수준에 따라 달라질 수 있다. 그러나 에너지절감활동을 총괄 지휘감독하기 위해서는 기본적으로 다음의 기능 요건을 갖추어야 한다.

### (1) 지능 자율적인 에너지절감 기능

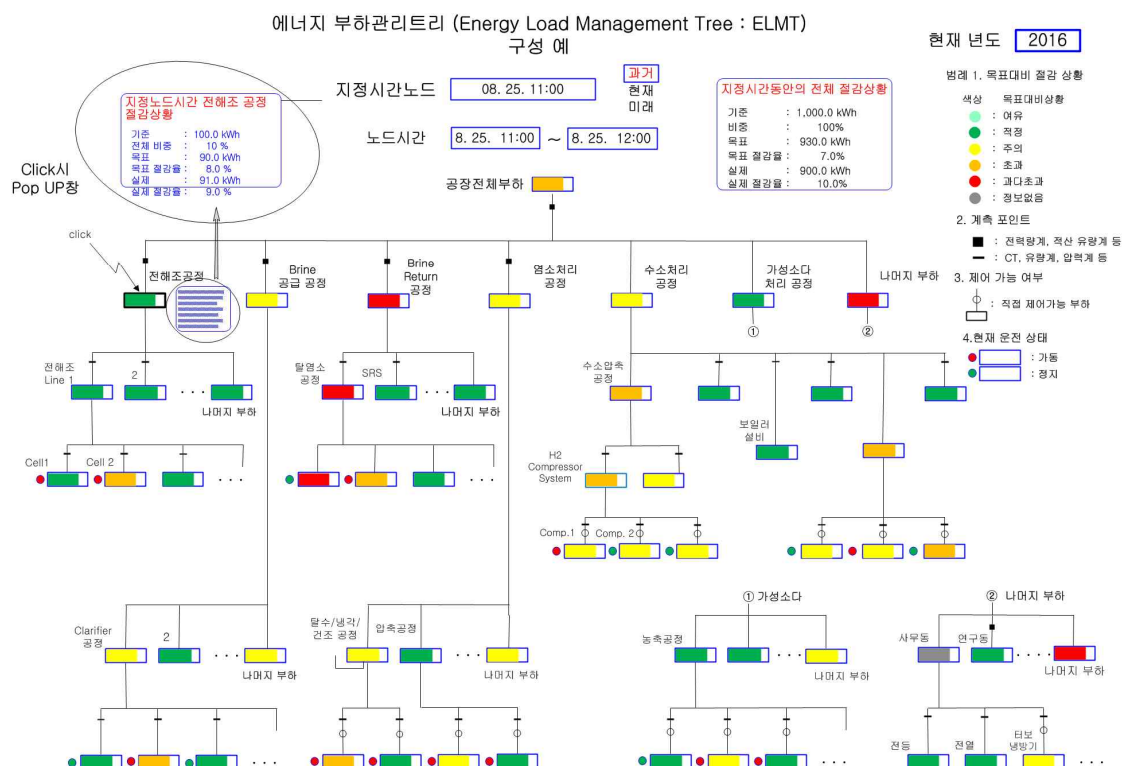
대부분의 현장은 에너지관리자 또는 현장의 생산담당자들이 모니터 앞에 앉아 FEMS가 제시해 주는 에너지사용상황을 차분히 분석하고 절감방안을 찾아서 조치할 수 있는 시간적인 여유가 없다. 생산목표를 달성해야 하고, 수시로 발생하는 각종 공정상의 문제점을 해결해야 하는 상황에서 그러한 분위기가 형성되기도 어려운 경우가 대부분이다. 건물의 경우는 전문적으로 에너지관리를 하기 위한 기술인력을 따로 두기 어려운 경우가 많다. 따라서 에너지관리시스템은 수행하는 에너지절감활동의 일관성, 연속성, 신속성 및 정확성을 유지하고 절감규모를 증대시키기 위해 최대한 인력의 개입을 배제할 수 있어야 한다. 리포팅 기능을 위주로 하고 막상 절감은 에너지관리자나 현장의 생산담당자들이 찾아서 절감해야 하는 수준의 FEMS로는 에너지절감의 총괄지휘감독이 이루어 질 수 없고 에너지도 제대로 절감될 수 없다. 바둑 고수와 알파고의 대결 이후 인공지능이 재 조명되고 스마트팩토리에 대한 관심도 고조되고 있다. 컴퓨터의 연산 속도와 메모리 용량의 획기적인 발전으로 에너지관리시스템의 경우도 이전에는 가능하지 않았던 많은 기능들이 가능해 지고 있다. 어디까지 자율화할지, 얼마나 스마트하게 구성할지는 구축회사의 능력이며 사실 상 한계가 없다.

### (2) 강력하고 체계적인 에너지 목표관리 기능

공장이나 빌딩에서 에너지절감을 시작하려고 한다면 당연히 절감목표부터 설정되어야 한다. 절감목표도 없이 최선을 다해 절감하겠다는 것은 배가 어디로 갈지 목표도 없이 출발해서 최대한 바람직한 방향으로 항해를 하고 닿는 곳이 곧 목적지가 된다는 논리에도 비유될 수 있다. 특히 공장의 경우는 에너지소비가 생산량에 거의 비례하게 되는 경우가 대부분이므로 얼핏 생각하면 생산을 위해 사용하는 에너지의 사용목표를 정하는 것이 이치에 맞지 않아 보일 수도 있다. 따라서 생산량을 예측하여 초기에 설정하는 목표는, 시간이 경과함에 따라 보다 정확해 지는 단기간의 실제 생산목표를 반영해 가며 지속적으로 최적 절감목표가 될 수 있도록 조율해 나가야 한다. 달성이 불가능한 목표는 미리 포기하게 되고, 달성을 쉽게 할 수 있는 목표는 따로 절감노력을 할 이유가 없어지게 되므로 항상 목표의 적정성을 유지하는 것이 결과적으로는 주어진 여건에서 최대한의 절감을 이룰 수 있다. 나아가 에너지관리시스템은 목표를 조율하게 된 이유와 이력을 관리함으로서 목표관리기간 경과 후 에너지절감량을 산정하기 위해 M&V에서 필요한 일상적조정량(Routine Adjustment)과 비일상적조정량(Non-routine Adjustment)의 정확한 근거를 마련해 줄 수 있다[4].

다음에, 강력하고 체계적인 목표관리 기법의 예로서, MACRO/MICRO Total 목표 관리기법™을 소개하고자 한다. 공장 전체의 전력부하는 목표관리의 편의를 위해 계층적으로 분류하여 개별 기기나 설비 수준까지 내려가며, 에너지관리단위(EMU: Energy management Unit)[5]와 유사한 관리단위 부하를 생성할 수 있다. 통상 1년으로 설정하는 전체 목표관리기간도 유사하게 계층적으로 세분하여 분단위까지 내려가며 관리단위 시간을 생성할 수 있다. 생성한 각 관리단위 부하마다 생성된 모든 관리단위 시간들에 대하여 목표를 배분하여 설정하고, 목표를 이행하거나 조율해 가며 진행한다.

공장 전체부하와 계층적으로 세분한 각 관리단위 부하들 간의 관계는, 예를 들어, 트리 형태의 자료구조(Data Structure)를 사용하여 자연스럽게 나타낼 수 있다. 기존의 에너지관리단위의 개념을 확장하여 관리단위 부하들간의 목표의 배분과 조율, 절감요소의 발견과, 필요한 조치의 판단은 트리 자료구조내에서의 부모와 자식관계를 따라 이동하며 관점을 달리하며 수행할 수 있다. 그림 1에 부하트리 자료구조의 예를 보였다. 노드간의 에지(Edge)의 형태는 시각화의 편의 상 변형하여 나타내었다.

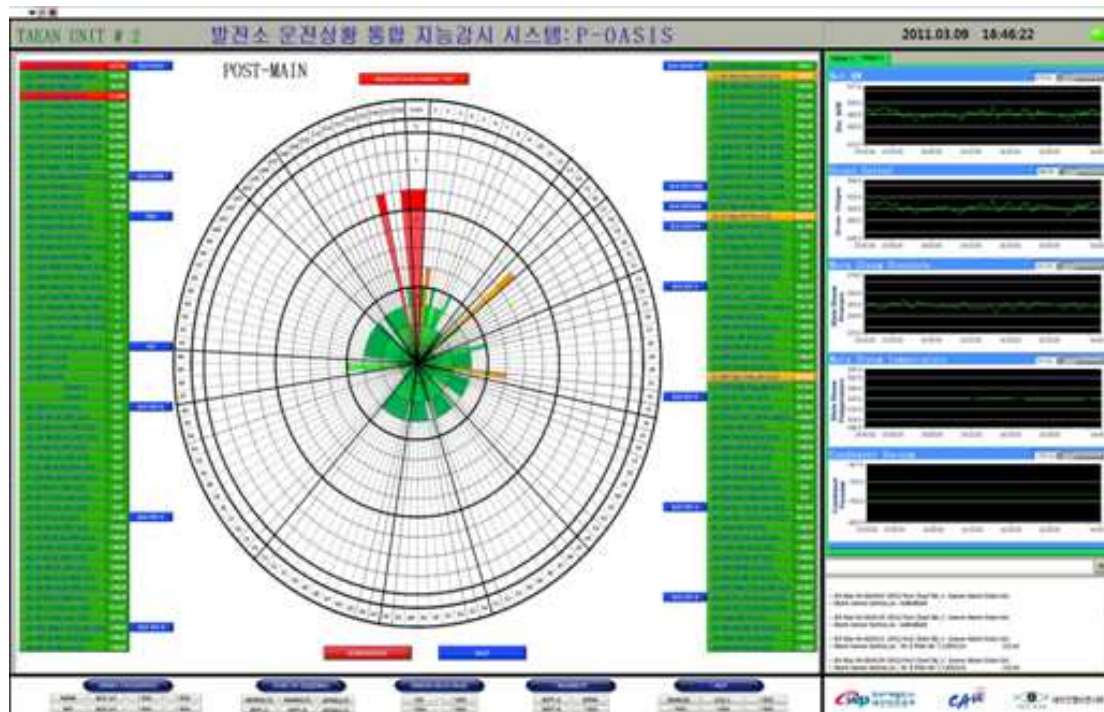


<그림 1> MACRO/MICRO Total 목표관리™를 위한 부하관리트리 구성 예시

### (3) 설비와 공정의 안전감시 능력

FEMS가 에너지를 자율적 내지 능동적으로 절감하기 위해서는 FEMS는 공정과 설비가 안전하게 운영되는 지를 감시하고, 안전성을 유지하며 절감할 수 있는 능력을 반드시 갖추어야 한다. 동시에 공정과 설비들의 안전운영 여부를 에너지관리자나 생산담당자들에게 명료하게 제시하고 확인시켜 줄 수 있어야 한다.

감시해야할 항목 수는 때로는 수천 항목 이상이 될 수도 있으며, 다수의 감시항목을 효과적으로 집약하고 시각화하여 제시하는 방법의 하나로 섹터그래프로 구성된 차트(Chart)를 활용하는 예를 그림 2에 보였다[6]. 섹터그래프



<그림 2> FEMS에서 설비의 안전운영상황 감시를 위한 POST\* Chart 예시

\* POST: Plant Operating State Tracking

(Sector Graph)의 길이와 색상을 사용하여 감시하는 설비나 공정의 운영상태를 나타낼 경우, 원점 부근의 정상상태를 나타내는 섹터그래프는 면적을 거의 차지하지 않는 이점이 있고, 섹터그래프당 중심각을 3도로 할당할 경우 하나의 차트에 120개 감시 항목을 나타낼 수 있다. 차트를 계층구조로 구성할 경우 한 단계만 내려가도 이론적으로  $120 \times 120 = 14,400$  개의 감시 항목을 나타낼 수 있고, 하위 차



트에서 발견된 이상상황을 동시에 상위의 주(Main) 차트로 올려 보내 나타낼 경우, 주 차트 하나만 보아도 수천 감시항목의 상태를 보는 즉시 인지할 수 있는 고도로 집약화된 감시가 가능해진다.

#### (4) 간단명료한 에너지사용상황 시각화 제시 기능

앞에서도 설명한 바와 같이 대부분의 공장 현장은 차분히 앉아서 모니터를 들여다 보며 에너지절감 상황을 감시할 수 있는 여유가 없다. 따라서 FEMS는 지나가면서 힐끗 보는 것만으로도 에너지 사용과 절감상황을 즉시 인지할 수 있도록 최대한 시각화(Visualization)하여 제시해 줄 수 있도록 해야 한다. 각 관리단위 부하에 대한 에너지사용 및 절감상황을 경과되는 시간을 따라 제시해 주는 것은 앞의 공정과 설비의 안전운영상황 제시와 유사하게 섹터그래프로 구성된 시계모양의 차트를 사용하면 자연스럽게 시간과 매핑(mapping)하여 나타내 줄 수 있다. 그림 3에 한 시간 동안의 전체 에너지사용 및 절감상황을 나타내는 Hour ECO Watch의 예를 모였다. 하루 24 시간동안의 상황도 Day ECO Watch를 사용하여 유사하게 나타낼 수 있다. 기존의 통상적인 막대그래프나 꺾은금그래프와 병행하여 사용할 경우, 상황제시 기능과 편리성을 크게 제고할 수 있다.



<그림 3> 전체 전력부하의 1시간 동안의 전력절감상황을 나타내는 Hour ECO Watch 예시

## 5. 향후 나아갈 방향 및 기술선도 전략

지구의 온난화, 점차 고갈되어 가는 화석연료, 원전의 안전문제 등 에너지 절감의 필요성에 대해서 모두가 공감하고 있다. 신재생에너지분야를 비롯한 에너지 절감 관련 산업이 21세기의 가장 유망한 사업분야가 될 것이라는 전망도 이론의 여지가 없어 보인다.

에너지관리시스템 분야는 아직 초기 진입단계이나 앞으로 지속적인 성장세를 보일 것으로 전망되고 있다. 세계 FEMS 시장은 2020년 224억 달러, BEMS의 경우는 55억달러, 국내 FEMS 시장은 1조 1152억원 규모에 이를 것으로 전망되고 있다. 홈 에너지관리시스템(HEMS) 시장까지 포함한다면 시장규모는 훨씬 더 커질 것이다. 글로벌 IT 기업들이 에너지관리시스템 시장에 속속 진출하고 있으나 현재까지 뚜렷한 선두주자가 없는 상황에서 ICT 강국인 우리나라는 일단 유리한 고지를 점령하고 있다고 볼 수 있다[7, 8].

현재 정부는 에너지신산업에 2020년까지 총 42조원을 투자하며 차세대 에너지 관련 산업을 견인할 계획이다 [9]. 주요내용은 신재생에너지, 수요관리, ESS, 전기차, 제로에너지빌딩, 에너지자립섬, 스마트그리드 등이다. 궁극적인 목적은 모두 에너지절감에 귀착된다. 각 사업내용의 효과적이고 구체적인 실시를 위해서는 타당성 조사부터 시작하여 최적으로 운영하고 결과를 평가할 수 있는, 즉 PDCA(Plan, Do, Check, Act) 사이클을 총괄할 수 있는 능력 있는 지휘감독자로서 스마트 에너지관리시스템의 구축부터 시작하여야 한다. 최 상위 감독자로서 국가에너지관리시스템 NEMS(Nation EMS)의 구축 필요성도 검토해 볼 필요가 있다.

특히 수요관리 사업은 수용가에 스마트 에너지관리시스템의 구축이 확산될 경우, 유용성이 큰 대규모 속응 수요관리자원을 마련해 줄 수 있다[10]. 정부 지원은 실용화 가능성이 낮은 과제 중심의 지원보다는 기 개발된 기술이나 실용성이 높은 에너지관리시스템 관련 특허기술을 집중적으로 검증하고 실용화와 보급을 적극 지원하는 것이 훨씬 더 효과적인 지원이 될 수 있다.

에너지관리시스템은 다수의 전문기술분야와 엔지니어링 실무경험을 필요로 한다. R&D를 활성화하고 전문인력을 양성하기 위해 대학에 에너지관리시스템공학(Energy Management Engineering: EME) 전공 과정을 신설하는 방안도 고려해 볼 수 있다. 교과 과정에 포함해야할 분야로서는 에너지관리에 오리엔트된 정보통

신, 전기, 전자, 자동제어 및 계측, 열, 기계, 통계, 산업공학 (Optimization), 인공 지능, 신재생에너지, 플랜트 엔지니어링, 건축설계 기술 과목 등을 들 수 있다.

ICT 기술 인프라가 탄탄한 대기업들과 기술력있는 중소기업들이 힘을 합쳐 부문 별로 기념비(milestone)적인 에너지관리시스템의 모범사례들을 조기에 구축해 나갈 경우, 에너지절감기술 강국으로서의 확고한 이미지를 구축할 수 있고 세계기술을 선도하며 글로벌 시장을 선점해 나갈 수 있다.

## 6. 참고문헌

- [1] Procedures for Commercial Building Energy Audits, 2nd Ed., ASHRAE, 2011
- [2] Navigant Reserach Report : Building Energy Management System: Global Market Analysis and Forecasts, 2015.
- [3] KS F 1800-1, 국가기술표준원 고시 제 2014-0338호 , 건물에너지관리시스템 - 제1부 : 기능과 데이터 처리절차
- [4] IPMVP: Measurement & Verification for Determining Energy Savings 2012
- [5] 전영재, “공장에너지관리 시스템(FEMS) 기준”, FEMS 산업보급 포럼, 에너지관리공단, 2014. 12
- [6] 이승철, 황해석, 김선각, 부채꼴 그래프 기반의 건축물 및 플랜트 설비 운영상태 감시 기술, 특허 제 12332640 호
- [7] Navigant Reserach Report : Building Energy Management System, Global Market Analysis and Forecasts , 2015.
- [8] 김철우, 김진, 김석민, 황현태, “제조산업 에너지절감을 위한 FEMS 기술 동향 및 적용사례, 설비저널, 44권, 2015.1
- [9] 에너지신산업 홈페이지 [www.energynewbiz.or.kr](http://www.energynewbiz.or.kr)
- [10] S.C. Lee , S.J. Kim, S.H. Kim, "Demand Side Management with Air Conditioner Loads Based on the Queueing System Model", IEEE Transactions on Power Systems, Vol.26, No.2, pp. 661-668, 2011.05.
- [11] 노경완, “FEMS 보급 문제점 및 대책”, FEMS 산업보급 포럼, 에너지관리공단, 2014.12
- [12] 에너지관리공단, 에너지관리시스템(EMS) 우수성과 사례집, 2015. 6.

## ※ 저자 주요 약력 및 연락처

주요약력	<ul style="list-style-type: none"><li>○ 중앙대학교 교수</li><li>○ 미 테네시대 교수</li><li>○ 현대엔지니어링 차장</li><li>○ 공학박사, 기술사(발송배전)</li></ul>
연 락 처	<ul style="list-style-type: none"><li>○ (Email) <a href="mailto:sclee@neteye.co.kr">sclee@neteye.co.kr</a></li><li>○ <a href="http://www.neteye.co.kr">www.neteye.co.kr</a></li></ul>