

전자업종의 클린룸 현황과 에너지절감 추진동향

○ 정미숙 | 한국전자정보통신산업진흥회
환경에너지센터 차장
E-mail : misuk.jung@gokae.org

1. 서론

올 연말 파리에서는 항간에서 ‘지구 역사상 가장 중요한 2주일’ 이라고 표현되고 있는 유엔기후변화 협약 당사국총회가 열렸다. 지난 6월 로마에서는 프란치스코 교황이 가톨릭교회에서는 처음으로 환경보호를 주제로 하는 회칙을 발표하였다. 국내에서는 정부의 Post-2020 온실가스 감축목표안이 발표된 이후 연일 산업계와 시민계 각각에서 비판의 목소리가 끊이질 않고 있다. 이렇듯 최근 기후변화는 국제사회, 종교, 정부, 산업계, 시민계 등 전 분야의 그야말로 뜨거운 이슈다. 우리나라는 2009년 신국가발전 패러다임으로 ‘저탄소 녹색성장’을 제시하고 2020년까지 BAU대비 30% 온실가스 감축이라는 자발적인 목표를 국제사회에 발표하였다. 이후 달성 가능성에 대한 논란이 산업계로부터 불거지면서 2015년 배출권거래제 시행을 앞두고 할당 계획이 발표된 2014년에는 배출권거래제 이행에 대한 산업계의 반발이 더욱 거세지기도 하였다. 온실가스 감축목표를 두고 정부와 산업계의 입장차이가 좁혀지지 않고 있는 상황에서 지난 6월 정부는 ‘2030년 온실가스 감축 목표치(INDC) 확정안’을 발표하였다. 2030년 BAU대비 37% 감축을 목표로 하는 우리나라의 INDC가 제출된 이후 2020년 목표에서 후퇴했다는 국제사회의 비난이 있었지만 우리

산업계에서는 여전히 부담스러운 감축목표라는 인식이다. 무엇보다 그간 산업계 자발적으로 또는 목표관리제 이행을 위해 많은 감축노력을 기울여온 결과 감축 한계비용이 점차 증가하고 있고, 현재로서는 적용 가능한 획기적인 감축수단이 없다는 것이다. 그러나 현실적으로 달성 가능한 감축목표 수준이 어느 정도인가에 대한 논란을 차치하고 온실가스 감축의 당위성은 산업계에서도 받아들일 수밖에 없는 전 지구적 중요 이슈가 되었다.

반도체, 디스플레이, PCB와 같은 첨단 전자부품 제조를 위한 청정생산 기반설비인 클린룸이 최근 에너지소비 관점에서 많이 논의되고 있는 것은 바로 앞서 이야기한 기후변화 대응을 위한 온실가스 감축의 일환이다. 그동안 클린룸 운영은 제품의 품질과 수율향상을 위한 오염제거 측면에서 접근되어 왔으나 이제는 에너지를 최적화 할 수 있는 방향으로 점차 관심이 집중되고 있다. 특히 많은 품목들이 클린룸에서 생산되는 전자업종의 경우 클린룸 운영에 소요되는 에너지비용이 매우 높게 나타남에 따라 클린룸의 에너지절감이 온실가스 감축활동에서 가장 우선적으로 접근해야 할 감축 아이টে인 것이다.

한국전자정보통신산업진흥회(KEA)에서는 전자업계의 에너지절감 활동을 지원하기 위해 2013년부터 클린룸의 에너지절감 기술 발굴 및 감축기술

실증, 클린룸 에너지 진단 등의 사업을 추진해 오고 있다. 본 원고에서는 그간 추진해온 사업들의 결과를 중심으로 전자업종의 클린룸 현황과 에너지절감 기술에 대해 살펴보고 향후 우리 업계의 노력과 정부의 정책 방향에 대한 시사점을 도출해 보고자 한다.

2. 전자업종의 클린룸 현황

2.1 개요

아쉽게도 국내의 클린룸 현황에 대한 정확한 조사 자료가 매우 미흡하다. 공기청정협회에서는 클린룸 시장규모 및 업종별 수요비중 등 공급측면의 조사 자료를 제공하고 있으나 사업장의 클린룸 운영현황에 대한 자료는 제공하지 못하고 있다. KEA에서는 2013년 클린룸 분야의 에너지절감을 위한 정책적 제언을 도출하기 위해 전자업종 기업들을 대상으로 클린룸의 구축실태, 청정도 수준, 에너지 소비 등 운영 현황조사를 실시하였다.

조사대상은 클린룸을 보유하고 있는 전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업 중 종업원 수 100명 이상 기업(총 1,004개 업체)의 클린룸 관리자를 대상으로 설문지를 이용한 일대일 개별면접

조사, 이메일 및 FAX를 활용한 조사를 실시하였다. 조사 결과는 설문 응답 사업장이 총 85개로 매우 낮게 나타났는데, 클린룸 보유 기업의 모집단 확보에 어려움이 있었고, 대기업의 경우 정보보안 문제로 사내 정보 제공이 거의 불가하였으며 중소기업의 경우 실무자의 전문성이 부족하고 공조에너지 DB관리가 미흡하여 설문 답변에 어려움이 있는 것으로 나타났다. 낮은 응답률로 인해 조사결과의 신뢰성을 담보하기에는 어려움이 있겠으나 중소기업의 클린룸 운영 실태에 대한 정보를 제공하고 조사결과를 바탕으로 정부의 에너지절감 정책방향 수립에 참고 될 수 있는 결과를 도출할 수 있었다는 데 큰 의의가 있다고 하겠다.

2.2 생산 품목

국내 클린룸 시장은 1985년 이후 반도체를 중심으로 전자업종에서의 설비투자가 지속적으로 증가되고 있으며, 그 외 정밀기계, 약품, 의료, 식품업종으로 확대 되고 있다. 전자업종에서는 반도체, 디스플레이 등의 대기업뿐 아니라 이동통신 모듈, PCB 등 중소기업에서도 제품의 품질을 높이기 위한 클린룸 설비의 수요가 급증하고 있다.

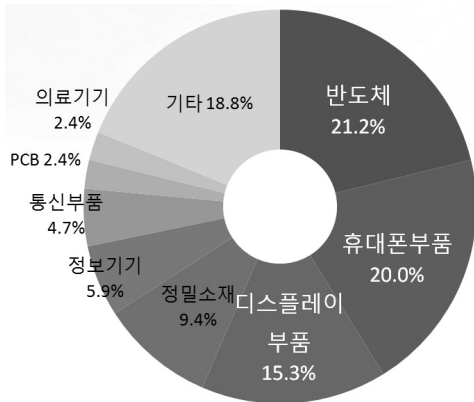


그림 1. 생산품목별 클린룸 개수

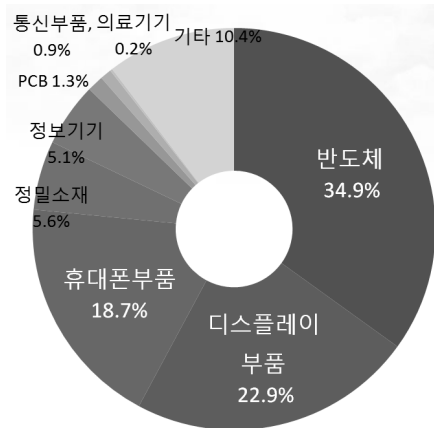


그림 2. 생산품목별 클린룸 면적

조사결과 클린룸의 생산품목 비중은 반도체(21.2%), 휴대폰부품(20.0%), 디스플레이(15.3%) 순으로 나타났으며, 면적을 기준으로 했을 경우에는 반도체(34.9%), 디스플레이 부품(22.9%), 휴대폰부품(18.7%) 등의 순으로 나타났다.

클린룸은 전자업종의 성장과 함께 꾸준히 신규 구축되고 있으며, 2000년대 이전까지 반도체 중심에서 2000년대 이후에는 디스플레이 및 휴대폰 부품으로 투자가 확대되었다.

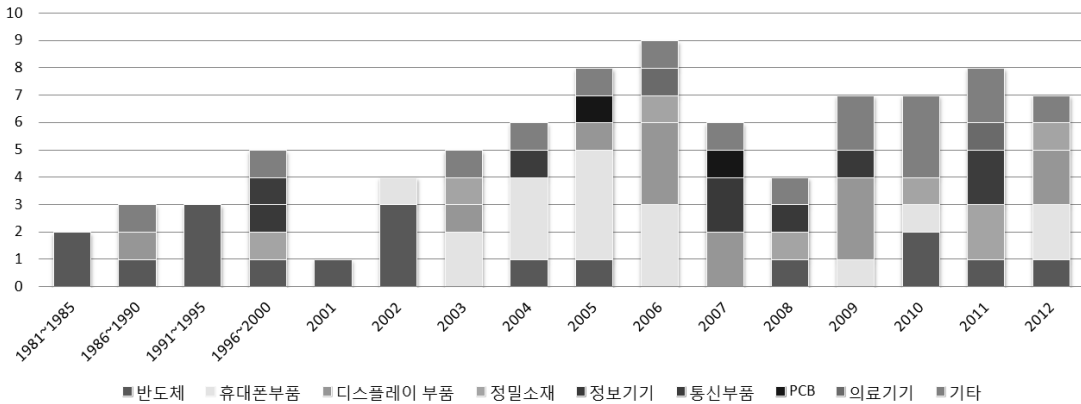


그림 3. 연도/품목별 클린룸 구축 현황

2.3 청정도

클린룸의 청정도(Class)는 품목, 제조공정에 따라 상이하하나 주로 반도체, 디스플레이, PCB 등 전자제품 제조공정에서 높은 청정도를 요구하고 있다. 최근에는 제품이 소형화 되면서 고집적, 고정밀 부품 수요가 증가함에 따라 부품생산시 요구되는 청정도도 점차 높아지고 있다.

조사 결과에서는 청정도 10,000 클래스인 클린룸이 가장 많았으나(43.5%), 청정도 10~1,000 클래스의 고(高)청정 클린룸도 높은 비중을 차지(총 30.6%)하고 있는 것으로 나타났다. 클린룸의 면적별로는 1,000 클래스(30.6%), 10,000 클래스(24.4%), 100 클래스(18.9%) 순으로 나타났다.

표 1. 전자제품 제조공정별 클린룸 청정도

제조공정	청정도	제조공정	청정도
라미네이팅	1,000	변압기	10,000
3D 디스플레이	1,000	광부품소재	10,000
터치패널	1,000	LED	10,000
센서류	1,000	백라이트	10,000
카메라렌즈	1,000	의료기기	10,000
휴대폰 액정	1,000	휴대폰 증착	10,000
플래시메모리	1,000	일반 PCB	10,000
웨이퍼	1,000	저항기,인덕터	10,000
LCD모니터	1,000	필름 커팅	10,000
광학렌즈코팅	1,000	반도체 검사	10,000
LCD건조로	1,000	OLED 공정	10,000
휴대폰 PCB	1,000	필름 커팅	10,000
휴대폰 보호필름	1,000	도금 공정	10,000

표 2. 청정도별 클린룸 면적 현황

청정도	10	100	1,000	10,000	10,000 초과	무응답	총계
비중	2.7%	18.9%	30.6%	24.4%	20.3%	3.1%	100%

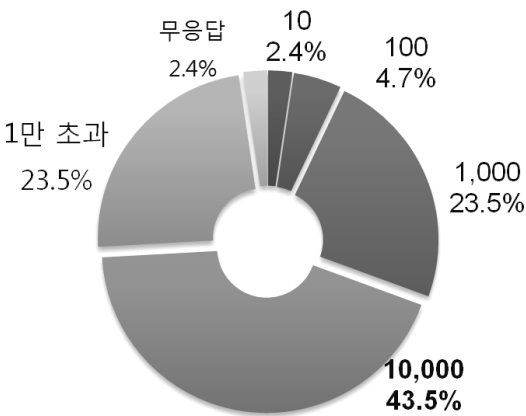


그림 4. 청정도별 클린룸 현황 (개수, %)

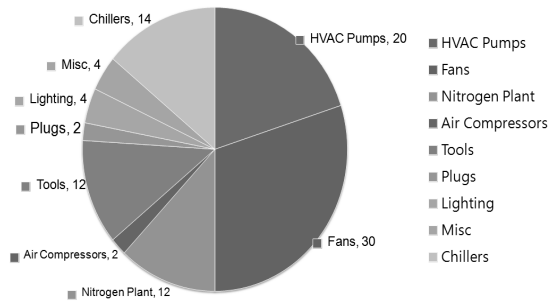
가장 높은 청정도를 요구하는 품목은 단연 반도체 분야였으며, PCB, 휴대폰부품, 디스플레이부품 등은 1,000클래스 정도를 유지하는 것으로 나타났다.

표 3. 클린룸 청정도별 주요 생산품목

청정도	주요 생산품목
10	반도체
100 이상	반도체, 휴대폰 부품, 정밀소재, 정보기기
1,000 이상	PCB, 휴대폰 부품, 정밀소재, 디스플레이 부품
10,000 이상	휴대폰 부품, 디스플레이 부품, 정밀소재

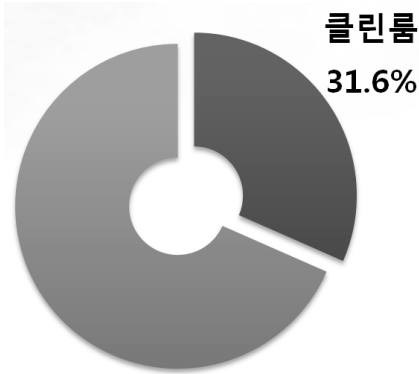
2.4 에너지 소비 현황

기업에 따라 차이가 있으나 평균적으로 클린룸 운영에 50% 이상의 전력을 소비하고 있으며, 이 중 HVAC(냉난방 공조) 및 FAN(팬)의 에너지 비중이 50% 이상을 차지하고 있는 것으로 알려져 있다.



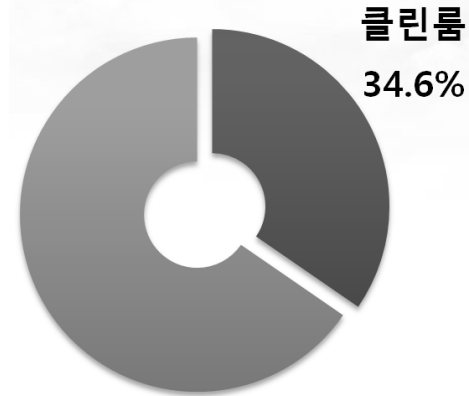
자료 : 美 ATEAM
그림 5. 클린룸의 에너지 사용 비중

클린룸 및 관련 공조설비는 제품수율을 높이고 청정도를 유지하기 위해 연중 상시 운영되면서 사업장에서 높은 에너지소비 비중을 차지하고 있다. 조사결과 사업장 총 에너지소비량 중 클린룸 공조 에너지의 비중은 약 31.6%로서 클린룸 에너지 소비량이 매우 높은 실정이며, 기업에 따라 공조에너지 비중이 60%를 상회하는 기업도 있는 것으로 조사되었다. 클린룸 공조에너지원으로는 전력이 약 87%를 차지하는 것으로 나타났으며 사업장 총 전력소비량 중 클린룸 공조 전력의 비중은 약 34.6%로 나타났다.



*사업장별 (클린룸 에너지소비량/사업장 총 에너지소비량)의 평균

그림 6. 사업장 총에너지 중 클린룸 공조에너지 비중



*사업장별 (클린룸 전력소비량/사업장 총 전력소비량)의 평균

그림 7. 사업장 총전력 중 클린룸 공조전력 비중

클린룸 실태조사 결과와 국내 문헌조사 결과를 참고하여 국내 전자업종의 클린룸 공조에너지를 추정해 본 결과 총 공조에너지는 약 2,457천TOE로 이 중 전력의 비중은 약 87%인 2,137천TOE로 추정되었다. 이는 전자업종 총 전력사용량 의 약 21.2%를 차지하는 것으로, 클린룸 공조에너지 절감이 전자업종의 에너지절감에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 예상된다.

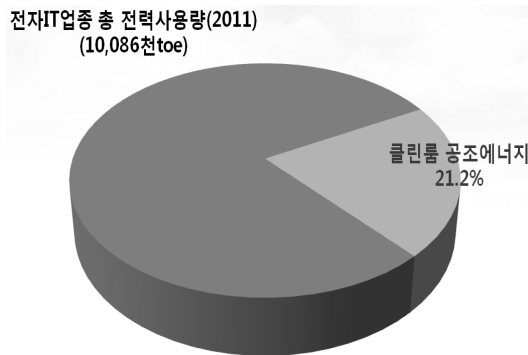


그림 8. 클린룸 공조에너지 추정

2.5 클린룸 에너지절감 활동 현황

기업들이 클린룸의 에너지절감을 위해 풍량 최적제어를 가장 많이 시도하고 있다고 응답하였으며 그 외에 고효율기기도입, 열회수시스템 도입 등으로 나타났다.

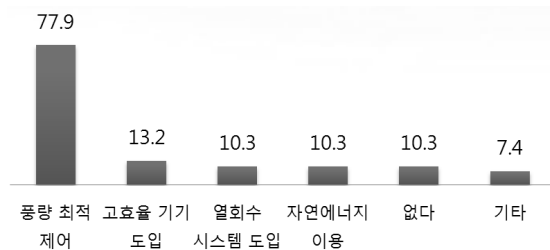


그림 9. 클린룸 에너지절감활동 현황

그러나 클린룸 운영현황 관리를 위한 모니터링 및 제어시스템(CEMS)¹⁾의 구축현황을 보면 불과 응답기업의 18.9%만이 시스템을 구축한 것으로 나타났다. 모니터링 장치만 도입된 기업은 27%였으며,

1) CEMS(Clean-room Energy Management System, 클린룸에너지관리시스템) : 클린룸 내 에너지소비량 및 공기조건(온·습도, 청정도, 양압 등)을 모니터링 하여, 사전에 설정된 운영에너지 최적 기준에 따라 공조 설비를 자동으로 제어하는 솔루션

전혀 구축되어있지 않은 기업이 전체의 과반수를 넘는 54.1%로 나타났다. 이러한 결과로 비추어 볼 때 기업들이 에너지절감을 위해 풍량 최적제어를 시도하고 있으나 모니터링 및 제어시스템 구축 미비로 실질적인 최적화는 어려울 것으로 사료된다.

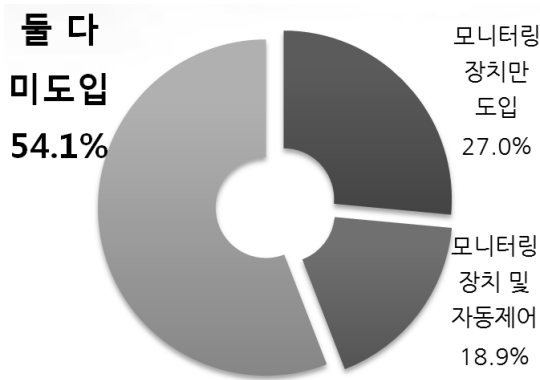


그림 10. 클린룸 에너지관리시스템 도입 현황

3. 클린룸 공조에너지 최적화

산업구조의 고도화로 연중 고청정·항온·항습을 유지하는 클린룸의 수요가 증가하고 있고 이에 따른 에너지 사용량도 증가하고 있다. 그러나 지금까지 클린룸의 운영기술은 제품의 수율을 보장하고 운영의 안정성을 확보하는 측면 위주로 발전되어옴에 따라 에너지 사용을 최소화 할 수 있는 에너지 절약형 최적화 제조공정의 발굴 실적은 미미했다. 또한, 클린룸 관련 에너지절감 기술은 클린룸 구성 개별 요소들의 성능 및 효율개선에 초점을 둔 기술 중심이었으며, 에너지 최적 운영기술(급기, 배기, 설비별 개별배기 등)의 개발·보급이 미흡하여 기업의 클린룸 운영시 에너지 다소비로 운전되고 있는 것이 현실이다. 그동안 수율유지 및 안정성 확보 차원에서 에너지가 과다하게 운영되어온 클린룸의 운영상황을 진

단하고, 신규 투자의 확대 차원이 아닌 기존 설비의 운영을 최적화 하는 방법의 개발과 효과적인 클린룸의 에너지절감 방안 마련이 절실하다.

3.1 자동제어 기반 적응형 공조에너지 최적화

클린룸의 가장 효과적인 에너지최적화 방법은 신축 단계에서 제조품목, 환경 조건, 생산설비 사양, 레이아웃, 클린룸 방식 등을 고려하여 최적의 시스템 및 기기를 선정하는 것이다. 그러나 한번 구축된 클린룸이 설계당시의 조건대로 지속 운영되기는 매우 어려우며, 실제로 많은 기업들이 경영여건에 따라 제조품목, 제조설비, 생산량, 레이아웃, 운전조건 등을 변경하여 운영하고 있다. 이러한 변동 요인의 발생은 설계 당시에 수립된 최적 운전방법에 불합리를 야기함으로써 클린룸 공조에너지의 과도한 소비를 유발하게 된다. 또한 운영중인 클린룸에서는 열원장치, 공조장치 등의 추가나 수정이 사실상 매우 어렵고, 생산환경에 영향을 주지 않아야 하기 때문에 에너지 사용 최적화를 위해 적용할 수 있는 방법이 제한적이다. 따라서 클린룸 내부의 설비 용량 가변 시나 과용량으로 설계된 급·배기 설비 등을 고려하여 클린룸이 자동으로 최적 운영될 수 있도록 자동제어 시스템 구축을 통한 적응형 공조에너지 최적화가 필요하다. KEA에서는 2013년 클린룸 공조에너지 최적화를 위한 테스트베드를 구축하고 실증테스트를 수행하였다²⁾.

3.3.1 현재 운영 수준분석 및 목표 수립

자동제어 기반 적응형 공조에너지 최적화를 위해 우선적으로 대상 클린룸의 현재 운영수준을 분석하고 절감 목표를 수립하여야 한다. 청정도, 온·습도, 차압, 풍속 등 제조환경 파라미터의 측정과 분석이 우선적으로 이루어져야 한다. 송풍량, 리턴량, 차압유지량, 환기횟수 측정 및 분석, 제조설비

2) 테스트베드 실증 결과를 바탕으로 한 ‘클린룸 공조에너지 최적화 운용 가이드’ 발간(2013)

별 배기량 측정 및 분석, 클린룸 운영설비(공조기, 배기팬, 냉동기 등)의 에너지 측정 및 분석은 에너지절감 목표수립을 위해 가장 중요한 첫 단계이다. 현재 운영 수준의 분석을 통해 설비배기의 적정 기준과 송풍 기준, 메인 배기의 운영기준을 수립한다.

3.3.2 자동제어 시스템 구축

클린룸 운전 조건의 변화에 따른 급·배기 연동 가변운전을 위해 설비배기 Auto Damper 제어, Main 배기량 자동제어, 송풍공조량 자동제어 시스템을 구축한다. 즉 클린룸의 과설계된 AHU의 환기량 및 급기량을 가변풍량으로 조절하고 환기량 및 급기량의 변화에 따른 Cooling Coil(냉방코일), Heating Coil(난방코일), Humidifier(가습기)의 유량을 실시간으로 확인할 수 있는 자동제어 시스템 구축으로 클린룸의 부하변동에 따른 에너지 소비량을 정량적으로 확인할 수 있다.

3.3.3 적용 결과

자동제어 운영결과를 기반으로 에너지 절약방법

을 모색하기 위해 자동제어 시스템을 통해 모아진 공조데이터를 습공기 선도상에 작도하여 설계가 의도한 바나 표준 프로세스대로 운영되었는지 확인한다. 분석 결과를 바탕으로 문제점을 진단하고 원인과 이에 따른 해결방안을 모색한다. 실증 테스트베드 운영 결과 자동제어 기반 적응형 공조시스템으로 전환이후 이전 수준 대비 클린룸에 대한 스팀공급량은 평균 54% 감소, 냉수 공급량은 평균 63% 감소하였다. 적응 운전하에서 클린룸 환경파라미터의 변화수준은 청정도, 온·습도 모두 일일 변화편차 1.85% 이내로 이전수준과 거의 변화가 없음을 확인할 수 있었다. 송풍동력의 경우 전체 공기 반송계동력은 기존대비 60% 수준으로 인터팅 운전이 가능하였다.

3.4 에너지절감 운전경로 모니터링 및 최적제어

3.4.1 설계, 제어, 운영의 문제

공조시스템의 에너지절감 운전을 위해서는 가장 우선적으로 에너지소비에 대한 정확한 계측과 모니

표 4. 적응형 공조에너지 최적 제어시스템 구축 내용

단계	구축 내용
설비배기 Auto Damper 제어	<ul style="list-style-type: none"> ○ 설비가 Sleep Mode, PM 등 제품 생산이 중지된 상태에서 최소 배기량으로 운전 ① 설비 적정배기량 산정 : <ul style="list-style-type: none"> - 대표설비 설비배기구조 개선(현장공정) - 설비배기량 분석 및 Auto Damper On/Off 상태별 최적 설비배기량 산정 - Auto Damper 설치위치 선정 - 최소 배기시 환경파라미터 변화추이 분석 ② Auto Damper 설치 및 제어 : 설비 PLC Programing 및 damper on/off 제어 ③ 설비배기 Auto damper 동작확인(최적 배기량으로 작동 여부)
Main 스크러버 배기량 자동제어	<ul style="list-style-type: none"> ○ 각 설비배기의 On/Off 동작에 따른 Main 배기덕트 정압변동을 감지하여 적정 배기가 이루어지도록 배기팬 인버팅 운전 - 모든 설비의 최적배기량 설정 후 가동 상태에서의 주 배기덕트 정압 설정 - 설정된 정압에 따른 main 배기팬 가변 운전
송풍 공조량 자동제어	<ul style="list-style-type: none"> ○ 배기 변동량을 추적하여 자동으로 송풍공조량이 최소화 되도록 공조송풍팬 Auto 운전 - 제조 Zone별 적정 차압수준 설정
공조 운전 문서화	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유지관리를 위한 공조 변경항목 문서화 ○ 운전현황 지속적 모니터링 / 평가

터링이 이루어져야 하며 이를 바탕으로 개선방안이 제시되어야 한다. 현재 대부분의 기업에서 사용하고 있는 클린룸 모니터링 시스템(HMI로 구현)은 공조기 구성 및 운영 상태(온습도, 풍량 등)를 보여 주고 있으나, 그 운전 상태가 정상적인 상태인지에 대한 판단은 불가하다. 즉, 클린룸 운영조건(설정값)을 벗어나지 않고 운영되는지 여부만을 판단할 수 있으며, 최적의 에너지소비로 운전되고 있는지는 알 수 없다. 또한 HMI에서 정확한 개선 포인트를 제안해주지 못함에 따라 운영자가 적절한 제어 조치를 취할 수 없는 것이 현실이다.

이러한 현상은 클린룸의 설계, 제어시스템의 구축, 실제 운영의 주체가 각각 다른데서 비롯된다고 볼 수 있다. 일반적으로 HMI는 제어시스템 개발업체에서 구축하나 제어시스템 개발자는 클린룸의 공조시스템 설계 분야에 대한 이해 및 전문지식이 부족하다. 공조시스템 설계자가 아닌 운영자와의 의사소통을 통해 HMI를 구성함에 따라 표면적인 결과에 대한 접근만이 가능하며, 설계관점의 개선점

도출을 위한 시스템 개발은 어려운 실정이다. 또한 HMI를 활용하는 공조에너지 운영자는 설계 관점의 기술적 접근보다 기능적 운영에 초점이 맞춰져 있어 근본적인 문제점의 발굴 및 해결에 한계가 있다. 많은 운영자들이 설계측면의 기술적인 이해 없이 기존에 운영되어온 방식을 고수함에 따라 최적 운영상태 여부의 평가가 매우 어렵다.

3.4.2 최적 운전 경로 모니터링

클린룸 공기조화기 내부 각 장치는 외기 상태와 실내 부하상태에 따라 최적의 프로세스가 정해지지만 공조기 내부에 설치된 각 장치들의 실제 가동상황은 최적의 프로세스와는 별개로 작동하며 이로 인한 에너지소비가 증가할 수 있다. 공조기에 의한 에너지 낭비의 원인은 비선형 밸브 사용, 비선형 히팅장치, 전극봉식, 전열식 가습, 제어로직 및 잘못된 PID 값 적용 등의 요인이 있을 수 있다. 그러나 대부분의 경우 불합리한 운전이 발생하더라도 담당자가 인지하지 못하고 있거나 엔지니어링 능력의 부

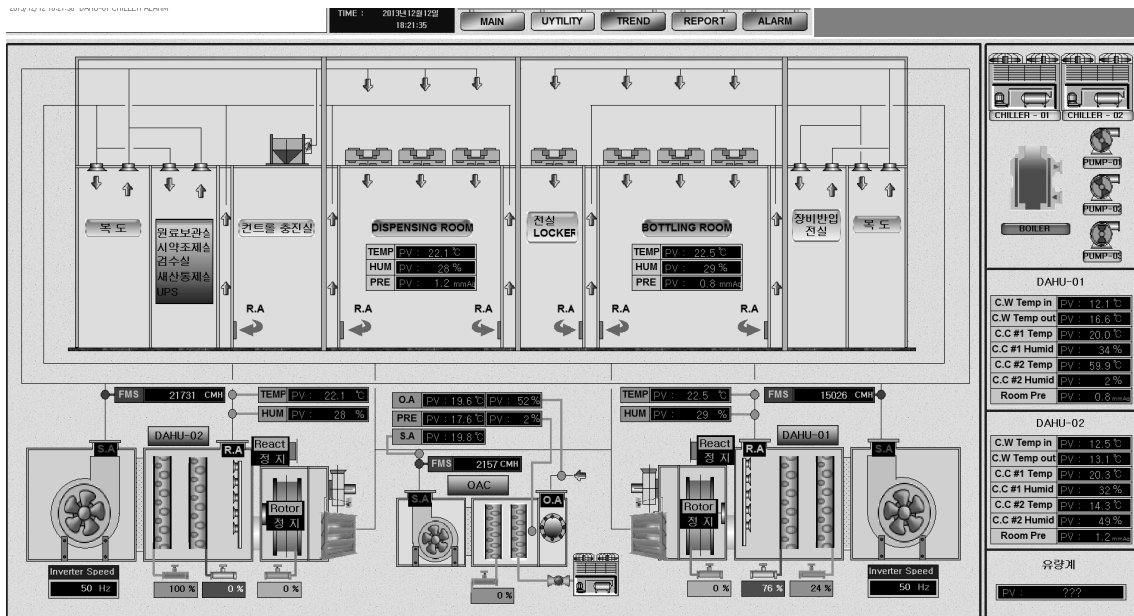


그림 11. 기존 공조시스템의 HMI 구성 사례

족으로 해결책을 찾지 못하고 있는 것이 현실이다.

클린룸 최적 운전경로 모니터링 시스템³⁾은 기존 HMI의 한계를 보완하여 적극적인 개선활동을 제 시함에 따라 에너지절감 운전을 가능하게 할 수 있다. 클린룸 공조시스템 각 요소별 공조에너지 소비의 실제 상황을 모니터링 하여 냉방, 난방, 가습, 제 습 등의 주요 과정이 동시에 동작하는 비합리적인 운전상황의 인지가 가능하며 특정 시각에서의 외기 온습도, 실내부하상태, 실내 온습도 조건에 따른 최적 운전 경로를 제시한다. 에너지소비량 분석을 통해 실제 운전경로와 최적 운전경로의 효율을 나타 낼 수 있다.

클린룸 최적 운전경로 모니터링 시스템의 구축은 클린룸 공조시스템 운전현황 모니터링을 위한 센서, 계량기 등 추가적인 장비 및 공조시스템 데이

터 분석용 하드웨어(서버, 스토리지 등) 구축으로 비교적 간단하게 구축할 수 있다. 또한 공정에 상관 없이 공조시스템이 사용되고 있는 모든 클린룸 시설 및 건물에서 에너지절감을 위해 사용할 수 있다.

3.4.3 최적제어 및 에너지절감

공조시스템 구성 요소별, 위치별 실시간 운전 상태(온습도, 풍량, 외기량 등) 데이터 수집으로 설계 기준 및 Weather data를 이용한 실제 운전상태와 최적 운전경로 에너지 소비량 비교 분석이 가능하다. 아울러 클린룸 환경변수(온습도 등) 운영 트렌드, 에너지소비현황 등의 가시화를 통해 운영자의 적극적인 개선책 마련 및 에너지절감 운전을 촉진할 수 있다.

최적 운전경로와 실제 운전상태와의 차이로 나

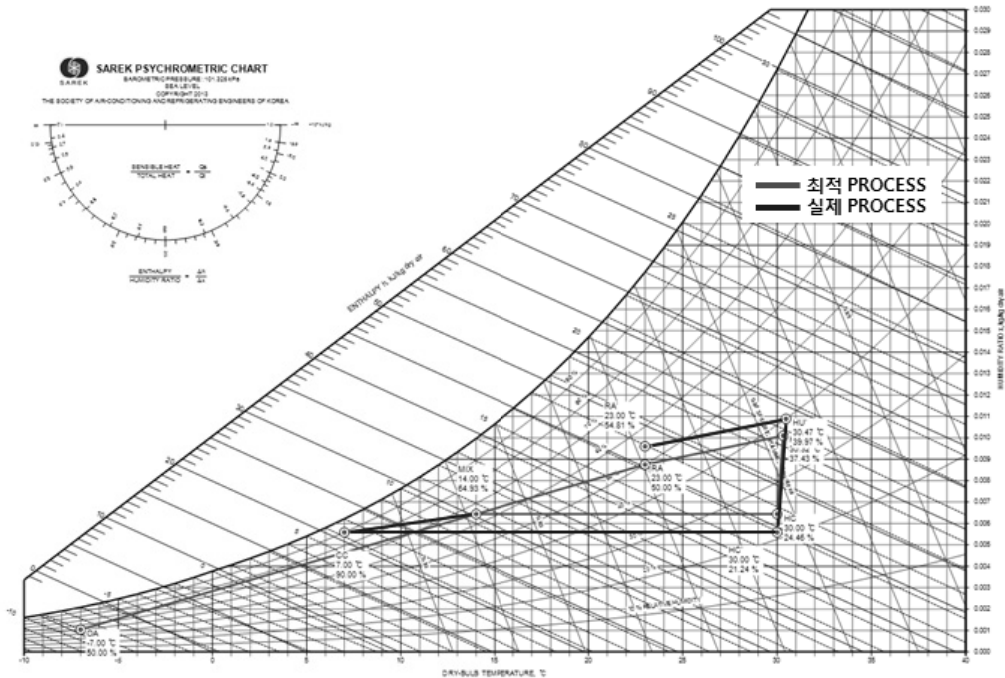


그림 12. 공기선도를 통한 에너지 낭비 프로세스 분석 예

3) 산업자원부 지원사업으로 ‘클린룸 공조에너지 절감 운전경로 모니터링 및 최적제어 시스템 실증’ 사업 추진(2015)

타나는 불합리한 에너지소비를 개선하기 위해 실시간 또는 일정기간(일/주/월)별 클린룸 공조시스템 운전 패턴 분석을 통해 클린룸 최적 제어를 위한 PID값 도출이 가능할 것이다. 클린룸의 열용량(크기), 정특성(가열능력 등), 동특성(과도특성) 등의 분석을 통한 적정 온도 PID 값 도출 및 적정 PID값이 입력된 가상 운전을 실시하고 최적 운전 가능성을 평가할 수 있다. PID값이 개선된 공조시스템 운전을 통하여 기존 에너지소비량과 개선 운전시 에너지 소비량을 비교하고 에너지 절감효과 분석한다.

그러나 실제 클린룸 운영 현장에서는 공조시스템의 개별 요소들이 물리적인 상태(오류나 불량 등), 운영자의 관리상태 등이 전혀 문제 없이 무결하다고 볼 수 없기 때문에 적정 PID값 적용을 통해 불합리한 에너지소비를 완벽하게 개선할 수는 없을 것이다. 추가적으로 관리자들이 모니터링 결과를 바탕으로 현장을 점검하고 분석하여 개선할 수 있는 방안을 찾아내야 할 것이다. 클린룸 최적 운전경로 모니터링 시스템은 클린룸 운영자들이 스스로 개선활동에 적극적으로 나설 수 있는 동인을 제공해 줌으로써 현장에서 불합리한 운영상태를 개선할 수 있게 한다는데 큰 의의가 있다고 하겠다.

4. 결 론

클린룸에서의 에너지절감 활동은 현실적으로 많은 어려움을 가지고 있다. 클린룸 운영자들은 수율 우선의 사업장 정책, 생산담당부서의 에너지절감활동 비협조, 유틸리티 설비에 대한 보수적인 운영 등으로 절감활동의 한계에 부딪히게 된다. 전자업종의 경우 매출대비 에너지비중이 타업종 대비 상대적으로 낮아 에너지절감에 대한 투자에 소극적인

것도 사실이다. 우리가 클린룸 에너지절감 기술개발을 위해 설비투자 중심이 아닌 운영효율 개선을 통한 최적화에 주목하는 이유이다. 이러한 관점에서 클린룸 공조에너지 최적화 방안은 매우 시의 적절하고 의미 있는 시도라고 할 수 있겠다.

에너지절감 활동의 시작은 현재 소비현황의 정확한 모니터링과 분석에서부터 시작된다. 그러나 앞서 전자업종의 클린룸 현황에서 살펴보았듯이 많은 기업들이 클린룸 모니터링 및 제어 시스템을 갖추고 있지 않은 실정이다. 이는 정부에서 산업계의 에너지절감 활동 지원을 위해 우선적으로 고려해야 할 사항에 대한 시사점을 제공한다. 이미 정부에서는 에너지공단을 통해 에너지관리시스템(EnMS) 보급사업을 추진해 오고 있다. 클린룸과 같은 에너지다소비 공정을 보유하고 있는 중소중견기업이 정부의 지원정책을 적극 활용할 수 있기를 바란다.

그리고 무엇보다 에너지절감기술의 발굴이 사업장 관리자만의 고민 수준에서 벗어나 비즈니스 모델 발굴을 통한 서비스화, 신산업으로 성장해 나갈 수 있기를 기대한다. 우리나라는 2009년 ‘저탄소 녹색성장’을 필두로 현정부의 창조경제에서도 온실가스 감축 등 기후변화 대응을 신산업 육성의 기회로 간주하고 적극 추진해 나간다는 정책기조를 발표한 바 있으나 시장에서의 가시적인 움직임은 잘 보이지 않는 것 같다. 신기후체제의 도래로 온실가스 감축 및 에너지절감에 대한 대외적인 압박이 증가하고 있으나 경기침체, 저유가 지속 등 사회·경제적 여건은 산업계의 적극적인 에너지 절감기술 투자의 동인을 저해하고 있다. 공급 측면에서의 적극적인 비용 효과적 에너지절감 기술 발굴 및 서비스화를 통한 보급·확산이 중요한 시점이다.