

사무장비에서의 열취득

- 출처: ASHRAE Journal, June, 2000
- Christopher Wilkins, P.E.(미국 Hallam Associates의 그룹장, "TC 4.1 부하계산 자료 및 과정"과 "TC 4.12 통합빌딩설계"의 위원)
- M.H. Hosni, Ph.D.(미국 Kansas 주립대학 기계공학과 교수 겸 Institute for Environmental Research의 소장, 연구과제 RP-822와 RP-1055의 연구책임자)



정 은 수

미국 공기조화냉동공학회 (Technical Committee) 4.1 부하계산방법"에서는 최근에 두개의 연구과제를 완료하였는데, 냉방부하계산을 수행하는 기술자들은 그 결과에 관심이 있을 것이다. 연구과제 RP-822는 건물 내부에 있는 장비들에서 발생하는 실제 열취득(heat gain)과 복사와 대류에 의한 열취득의 비율을 각각 측정할 수 있는 방법을 개발하는데 초점이 맞추어졌다. 이 방법론이 두 번째 연구과제인 RP-1055에 통합되었는데, 여기에서는 이 기술이 광범위한 장비들에 적용되었다. Hosni가 이끄는 Kansas 주립대학의 연구팀이 이 과제들을 모두 수행하였다. 이 연구는 1994년에 발표된 Wilkins와 McGaffin에 의한 독자적인 연구를 이어서 한 것이다.

Wilkins와 McGaffin에 의하여 수행된 연구는 전반적인 건물부하에 대한 상당한 양의 자료를 제시하였는데, 이 자료들은 건물 내부의 특정한 공간에 전기를 공급하는 배전반에서 측정되었다. 또한, 개개의 사무장비에 대한 전력소비율도 측정되었다. Hosni 등에 의해 수행된 기술위원회 4.1의 연구는 더 잘 제어되고 정연한 방법에 의하여 자료를 획득함으로써 이것을 더 상세하게 하였다.

또한, Hosni의 연구에서는 장비에서의 복사열취득과 대류열취득의 비율을 각각 측정하였다. 복사와 대류에 의한 열취득을 나누어 기록하는

것은 진보된 부하계산방법을 사용할 때 의미를 갖는다.

연구과제 RP-1055는 사무실, 실험실, 그리고 병원에서 사용되는 장비들의 열취득을 측정하였다. 이 연구의 최종목표는 많은 자료를 수집하여 일반적으로 사용할 수 있는 경향이나 법칙을 찾아내는 것이었다. 흔히 사용되는 사무장비의 결과들은 일반화할 수 있었으나, 실험장비와 병원 장비들의 결과는 너무 다양하여 일반화할 수 없었다.

여기에서는 위에 언급된 사무장비들에 대한 모든 연구를 기반으로 하여 일반화된 지침이 제시될 것이다. 실험장비와 병원장비들의 결과에 대한 자세한 고찰은 이 과제의 최종보고서와 기술논문(Hosni et al., 1999)을 참고하기 바란다.

명판값과 측정값

사무장비의 명판에 적혀 있는 전력소비율이 실제 전력소비율 보다 과장되어 있다는 것은 잘 알려져 있다. 이러한 형태의 장비들의 전력소비율은 복사열취득과 대류열취득의 합과 같다고 가정된다. 모든 명판값에 어떤 일반적인 숫자나 비율을 곱하여 실제 열취득을 산정할 수 있다면 매우 편리할 것이다. 그러나, 지금까지 수행된 연구에 의하면 이것은 가능하지 않다.

Hosni 등이 RP-1055의 일부분으로 수행한 결

정 은 수 홍익대학교 기계공학과(esjeong@wow.hongik.ac.kr)

과를 보면 명판의 전력소비율이 1,000W 이하인 일반적인 사무장비들의 실제 열취득과 명판값의 비율은 25%에서 50% 사이에 있다. 시험된 모든 장비들을 고려하면 이 범위는 더 넓어진다. 결론적으로 명판값이 알고 있는 유일한 정보이고 유사한 장비에 대한 실제 열취득값이 없는 경우에는 명판값의 50%를 사용하면 보수적이고 25%를 사용하면 거의 정확할 것이다. Wilkins와 McGaffin도 이 비율이 매우 낫다는 것을 발견하였다.

이러한 포괄적인 비율을 사용하는 것은 부하 계산에 큰 오차를 발생시킬 수 있다. 유사한 장비들의 명판값들은 매우 범위가 넓으나 실제 측정된 열취득값들은 거의 같다. 일반화된 비율을 적용하는 것은 100% 이상의 오차를 발생시킬 수 있다. 명판값을 사용하지 않고 장비의 종류에 따라 열취득을 예측할 수 있다고 생각하면 훨씬 더 좋은 결과를 얻을 수 있다.

장비 종류에 의한 결과

부하계산을 하는 기술자들이 사용할 수 있는 경향이나 규칙을 찾기 위하여 RP-1055에서 시험된 모든 장비들의 자료를 분류하고 검토하였다. 사무장비에 대해서는 명확한 경향이 수립될 수 있으나, 실험장비들과 병원장비들은 너무 다양하여 일반화할 수 없다는 것을 알았다. 사무장비들을 컴퓨터, 모니터, 프린터, 팩시밀리, 그리고 복사기의 그룹으로 분류하였으며, 경향을 찾아내기 위하여 특정한 그룹에 속하는 장비들의 열취득 측정값들을 해석하였다.

컴퓨터

Hosni 등은 펜티엄이나 486급의 컴퓨터 8대를 시험하였다. 4대는 모니터와 같이 시험하였으며, 다른 4대는 본체만 시험하였다. 측정된 최대값들은 52W와 70W 사이에 있었다. 명판값들은 165W와 759W 사이이다. 모니터와 같이 시험된 컴

퓨터의 열취득은 모니터와 컴퓨터의 전체 열취득에서 모니터의 일반적인 열취득값을 제하여 결정하였다. Wilkins와 McGaffin은 486급이나 더 구형인 12대의 컴퓨터에 대한 결과들을 발표하였다. 12대의 평균열취득은 56W이었고, 명판값의 평균은 391W였다. 시험된 20대의 평균열취득은 55.6W였다.

사용되지 않고 있는 컴퓨터의 열취득은 사용되고 있는 컴퓨터의 열취득과 별 차이가 없었으나, Energy Star 절전모드를 채택하고 있는 컴퓨터는 예외이다. 이 모드는 미리 정해진 시간 동안 컴퓨터가 사용되지 않으면 수면모드(sleep mode)로 들어가게 한다. Hosni 등은 수면모드에서는 열취득이 18W로 감소한다는 것을 발견하였다. 개개 장비의 수면모드는 최대냉방부하에는 영향을 미치지 않을 것으로 보이나, 건물 내부의 큰 구역의 다양성 인자(diversity factor)와 최대 열취득에 영향을 미칠 수 있다.

이상의 결과에서 두개의 결론을 얻을 수 있다. 첫 번째는 냉방부하계산을 할 때 컴퓨터의 명판값은 무시되어야 한다는 것이다. 두 번째는 컴퓨터에서의 열취득의 일반적인 값은 확증될 수 있으며, 냉동부하계산에 사용되어 실제와 부합되는 결과를 얻을 수 있다는 것이다. 기술자들은 일반적으로 냉동부하계산을 할 때 보수적이길 원한다. <표 1>을 사용하면 기술자들이 다양한 안전도를 가지고 컴퓨터의 열취득값을 선택할 수 있다.

<표 1> 컴퓨터의 열취득

	연속운전(watts)	절전모드(watts)
평균값	55	20
보수적인 값	65	25
매우 보수적인 값	75	30
386, 486, 펜티엄급 기준		

모니터

Hosni 등이 시험한 모니터들의 명판 전력소비율은 168W부터 565W까지의 범위에 걸쳐있으나,

측정된 최대열취득은 53W와 86 W사이이다. 시험된 모니터의 크기는 14인치에서 20인치까지이다. Hosni 등은 측정된 열취득값이 모니터의 크기와 관련이 있다는 것을 발견하였다. 이들은 모니터에서의 열취득을 모니터 크기의 함수로 예측하기 위하여 다음과 같은 관계를 제시하였다.

$$\text{열취득} = 5 \times S - 20$$

여기서 S는 인치로 표시한 모니터 크기이고 열취득의 단위는 W이다. 예를 들어서, 15인치 모니터의 열취득은 55 W이다.

Wilkins와 McGaffin은 그들의 자료를 모니터 크기로 분류하지 않았다. 그들은 13인치와 19인치 사이에 있는 10개의 모니터들에 대한 실험결과를 제시하였다. 그들의 실험은 도스(DOS)가 여전히 사용되고 있고 윈도우작동시스템이 도입되기 시작한 1992년에 행하여졌다. 그들은 윈도우작동시스템을 사용하는 모니터가 도스를 사용하는 모니터에 비하여 전력소비율이 더 크다는 것을 발견하였다. 표 2는 공식보다는 표를 더 좋아하는 기술자들이 쉽게 사용할 수 있는 자료이다. 모니터의 절전모드는 전력소비율과 열취득을 0으로 만든다. <표 2>는 Hosni 등과 Wilkins의 결과에서 얻어졌다.

<표 2> 모니터의 열취득

모니터 크기	연속운전(watts)	절전모드(watts)
소형(13"-15")	55	0
중형(16"-18")	70	0
대형(19"-20")	80	0
윈도우를 사용하는 모니터		

레이저프린터

Hosni 등은 레이저프린터의 전력소비율, 즉 열취득은 설계출력속도에 크게 의존한다는 것을 발견하였다. <표 3>은 크게 4가지로 분류한 레이저프린터에 대한 자료를 보여준다. Hosni 등은

프린터가 소형일수록 더 간헐적으로 작동되고, 대형일수록 장시간동안 연속적으로 작동된다는 의견을 제시하였다.

이 자료들은 최소한 2가지 방법으로 사용될 수 있다. 가장 명백한 방법은 연속운전시의 값을 택하여 적절한 다양성 인자를 곱하는 방법이다. 다양성 인자에 대해서는 뒤에 더 논의될 것이다. 이것은 넓고 개방된 사무공간에 적용하기에 가장 적절한 방법일 것이다. 다른 방법은 다양성 인자를 고려하지 않고 프린터의 예상되는 작동 조건에 가장 근접한 값을 택하는 것인데, 이 방법은 하나의 방이나 작은 구역을 고려할 때 적절할 것이다.

<표 3> 레이저프린터의 열취득

프린터 크기	연속운전(watts)	1페이지/분(watts)	비사용중(watts)
탁상용 소형	130	75	10
탁상용	215	100	35
사무실용 소형	320	160	70
사무실용 대형	550	275	125

복사기

Hosni 등은 1999년에 모두 5대의 복사기에 대한 자료를 제시하였다. 복사기는 탁상용과 사무용으로 분류될 수 있다. 사무용 복사기는 자체가 독립적으로 서 있는 사무실용 복사기를 의미하고, 이보다 큰 대용량 복사기는 고려하지 않았다. <표 4>는 그 결과들을 요약한 것이다. Hosni 등은 탁상용 복사기는 연속적으로 작동할 경우는 거의 없으나 사무용 복사기는 종종 한 시간 이상 연속적으로 작동된다는 것을 관찰하였다.

자립형 사무용 복사기는 종종 사무실의 주작

<표 4> 복사기의 열취득

복사기 종류	연속운전(watts)	1페이지/분(watts)	비사용중(watts)
탁상용	400	85	20
사무실용	1100	400	300

업공간 바깥의 방에 설치된다. 일반적으로 이러한 복사실들에서는 복사기의 연속운전에 의한 단시간의 온도상승이 허용될 수 있다. 기술자들은 복사기의 용도를 고려하여 적절한 모드를 결정하여야 한다.

기타 장비

〈표 5〉는 흔히 볼 수 있는 다른 장비들의 자료를 나타낸다. 팩시밀리와 스캐너의 값들은 Hosni 등에 의한 것이고, 도트 프린터는 Hosni 등의 1999년 자료와 Wilkins와 McGaffin의 1994년 자료를 모은 것이다.

〈표 5〉 기타 장비의 열취득

장 치	연속운전(watts)	비사용중(watts)
팩시밀리	30	15
스캐너	25	15
도트 프린터	50	25

다양성 인자

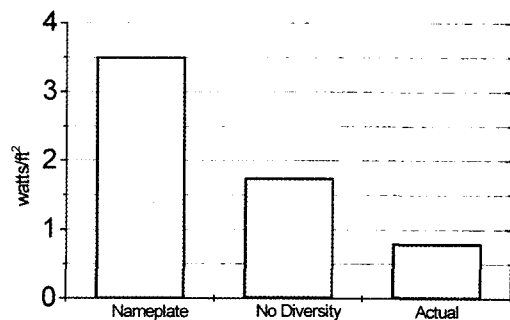
건물의 공통 공간 내부에 있는 모든 장비에 의한 실제 열취득의 최대값은 사용량이 다양하기 때문에 각각의 장비의 최대열취득을 더한 것보다 작다. 여기에 제시된 자료들을 정확히 사용하기 위해서는 다양성(diversity)을 명확하게 이해하는 것이 중요하다. 여기에서 논의되는 다양성은 명판의 전력소비율과 측정된 열취득의 불일치와는 관계가 없다. 몇 개의 장비가 사용되지 않거나 또는 꺼져있어서 건물 내부의 주어진 공간이나 시스템의 전체적인 냉동부하에 열이나 동력의 최대값을 기여하지 못할 때 다양성이 도입된다.

Wilkins와 McGaffin은 특정한 장비전용 배전반에서의 측정과 그 배전반에서 전기를 공급받는 공간에 있는 장비들의 자세한 목록을 조합하여 다양성을 측정할 수 있었다. 그들의 작업은 5개

의 다른 건물에 위치한 23개의 공간에 대하여 이루어졌는데, 연면적은 25,550 m² 이상이였다. 첫 번째 단계는 공간 내부에 있는 모든 장비들을 조사하고, 각각의 전력소비율을 측정하는 것이다. 모든 장비들의 최대전력소모율을 합하여 공간 내부에 있는 모든 장비들에 의한 최대열취득을 구한다.

공간에 전기를 공급하는 장비전용 배전반에서 1 작업주(workweek) 동안 측정이 연속적으로 이루어졌다. 장비전용 배전반에서 기록된 최대전력 소비율은 그 공간 내부에 있는 모든 장비들의 열취득의 실제 최대값을 나타낸다. 장비전용 배전반에서 측정된 최대값과 각각의 장비의 최대값의 합과의 비가 사용량의 다양성이다.

다양성은 37%에서 78% 사이에 있고, 면적을 기준으로 한 평균값은 46%이다. 그림 1은 명판값, 최대값의 합, 그리고 다양성을 고려한 실제값의 관계를 보여준다. 〈그림 1〉은 Wilkins와 McGaffin에 의한 것인데, 시험된 모든 공간의 평균값을 나타낸다. 실제 다양성에 대한 자료는 하나의 지침으로 사용될 수 있으나, 그 공간을 사용하는 사람들에 따라 다양성의 값은 크게 달라진다. 통신판매를 하는 회사의 전화안내원들이 점유하는 공간의 다양성 인자는 정기적으로 여행하는 외판원들이 사용하는 사무실의 다양성 인자와 다를 것이다.



〈그림 1〉 부하계수의 비교

단위면적당 열취득

Wilkins와 McGaffin은 그들이 시험한 공간의 단위면적당 실제열취득은 0.44 W/ft²에서 1.05 W/ft²이고, 평균값은 0.81 W/ft²인 것을 발견하였다. 이 자료들은 5개의 다른 건물에 위치한 연면적 25,550 m²의 사무공간에서 수집되었다. 이 공간들은 사람들로 가득 차있고, 사무자동화가 높게 이루어져 1인당 컴퓨터와 모니터가 하나씩 지급되어 있다. 표 6에 부하계수와 부하계수를 적용하는 기준을 제시하였다.

Wilkins와 McGaffin은 5개의 다른 건물에 위치한 사무자동화가 매우 잘 된 21개의 공간에 대하여 시험을 수행하였는데, 연면적은 25,550 m²이었

다. 그들이 보고한 부하계수의 최대값은 1.08 W/ft²이었는데, 이것은 표 6에 제시된 중간부하에 해당하는 값이다. 대부분의 일반적인 사무실은 중간부하를 적용하는 것이 적절할 것이다. 중간/중부하나 중부하 계수가 적용되는 경우도 있을 수 있으나, 사람들이 밀집하여 있고 또 사무자동화가 아주 잘 된 사무실에 대해서도 대단히 보수적인 값으로 간주될 수 있다. 1997년에 Komor가 발표한 보고를 포함하여 다른 연구결과들도 이것을 뒷받침한다. Komor는 여러 자료들을 모아 통합하여 정리하였는데, 그 결과는 <표 6>과 일치한다.

복사열취득과 대류열취득의 비

사무장비는 복사열취득과 대류열취득을 모두 발생시킨다. 대류열취득은 즉시 냉동부하로 변환되지만 복사열취득은 일단 건물의 벽 등에 흡수되고 그 다음에 서서히 냉동부하로 변환된다. 이 차이가 최대냉동부하가 일어나는 시간과 크기에 영향을 미칠 수 있다. Hosni 등은 1998년에 관절로 이어진 팔에 장착된 복사계를 사용하여 복사열취득을 측정하는 방법을 개발하였다.

Hosni 등은 장비에서 나오는 복사열취득과 대류열취득의 전체 열취득에 대한 비율이 매우 균일하다는 것을 발견하였다. 이 비율을 변화시키는 가장 중요한 인자는 냉각팬의 유무이다. <표 7>은 Hosni 등의 결과를 요약한 것이다.

<표 6> 장비의 부하계수

공간의 종류	부하계수	적용 기준
경부하 (Light load)	0.5	- 1인당 작업공간의 면적 167 ft ² - 각 작업공간에 컴퓨터와 모니터 1대씩 있고, 프린터와 팩시밀리 있음. - 컴퓨터, 모니터, 팩시밀리의 다양성은 0.67, 프린터는 0.33
중간부하 (Medium Load)	1	- 1인당 작업공간의 면적 125 ft ² - 각 작업공간에 컴퓨터와 모니터 1대씩 있고, 프린터와 팩시밀리 있음. - 컴퓨터, 모니터, 팩시밀리의 다양성은 0.75, 프린터는 0.50
중간/중부하 (Medium/Heavy Load)	1.5	- 1인당 작업공간의 면적 100 ft ² - 각 작업공간에 컴퓨터와 모니터 1대씩 있고, 프린터와 팩시밀리 있음. - 컴퓨터와 모니터의 다양성은 0.75, 팩시밀리와 프린터는 0.33
중부하 (Heavy load)	2	- 1인당 작업공간의 면적 83 ft ² - 각 작업공간에 컴퓨터와 모니터 1대씩 있고, 프린터와 팩시밀리 있음. - 컴퓨터, 모니터의 다양성은 1.0, 팩시밀리와 프린터는 0.50

<표 7> 복사열취득과 대류열취득의 분율

장치	팬	복사	대류
컴퓨터	O	10-15%	85-90%
모니터	X	35-40%	60-65%
컴퓨터+모니터	-	20-30%	70-80%
레이저프린터	O	10-20%	80-90%
복사기	O	20-25%	75-80%
팩시밀리	X	30-35%	65-70%

미래의 전망

여기에 제시된 자료들은 현재 사용되고 있는 장비들을 기준으로 한 것이다. 이 자료들이 앞으로 계속 사용될 수 있는지 의문을 갖는 것은 매우 타당하다. 1995년에 Lawrence Berkeley 국립연구소는 연구를 지원하여 장비들의 에너지 강도(energy intensity)는 2002년까지는 감소하고 그 이후에는 2010년까지 완만하게 증가할 것이라고 보고하였다. 지금까지는 이 예측이 정확하다고 증명되었다. 여기에 제시된 자료들은 앞으로 수년 동안은 사용할 수 있으리라 생각된다.

결론

장비로부터의 열취득은 공간의 전체 열취득에 크게 기여한다. 이 논문에서 제시한 정보들은 냉방부하를 계산하거나 에너지해석을 하는 기술자들에게 유용한 도구가 되리라 생각된다. 또한, 장비의 제작사들이 냉방부하를 예측하는데 명판값이 얼마나 중요한가를 인식하여 실제적인 전력 소비율을 제공할 수 있도록 조처하기 바란다.

〈참 고 문 헌〉

1. Hosni, M.H., Jones, B.W., Sipes, J.M. and Xu,

Y., 1996, Test method for measuring the heat gain and radiant/convective split from equipment in buildings, Final Report for ASHRAE Research Project 822-RP, Institute for Environmental Research, Kansas State University, October.

2. Hosni, M.H., Jones, B.W. and Xu, H., 1999, Measurement of heat gain and radiant/convective split from equipment in buildings, Final Report for ASHRAE Research Project 1055-RP, Institute for Environmental Research, Kansas State University, March.

3. Wilkins, C.K. and McGaffin, N., 1994, Measuring computer equipment loads in office buildings, ASHRAE Journal, Vol. 36, No. 8, pp. 21-24.

4. Komor, P., 1997, Space cooling demands from office plug loads, ASHRAE Journal, Vol. 39, No. 12, pp. 41-44.

5. Koomey, J., Cramer, M., Piette, M. and Eto, J., 1995, Efficiency improvements in U.S. office equipment: expected policy impacts and uncertainties, LBNL, Berkeley, Calif. December. ⑤

Translated by permission from ASHRAE Journal, copyright Vol. 42, No. 6, 2000, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. The original English language version of this translation is available from ASHRAE, 1791 Tullie Circle, N.E., Atlanta, GA 30329 USA (www.ashrae.org). sarak is solely responsible for the accuracy of this translation.