

인텔리전트 빌딩의 전원설비 자동제어 시스템의 최적화 방안 II

(주) 창조종합건축사사무소 대표 | 기술사 강 성 태

인텔리전트 빌딩은 건물의 특성상 거주자의 안전과 편의를 최우선적으로 고려해야 하는 첨단 복합 빌딩이다. 이 목적을 구체화하기 위한 인텔리전트 빌딩은 빌딩자동화 시스템, 정보통신시스템, 사무자동화 시스템, 시스템 통합 3부분으로 나누어서 고찰할 수 있겠다. 이 3가지 시스템의 어느 한 부분이라도 기능을 제대로 발휘하지 못하면 인텔리전트빌딩으로서 기능을 유지하지 못하므로 이 3가지 부분이 완벽하게 설계, 시공되어 체계적으로 유지관리 될 때 인텔리전트 빌딩으로서의 기능을 발휘하게 된다. 시스템 일부의 지장은 시스템 전체에 영향을 미치기 때문에 무엇보다도 시공 품질에 대해서는 일반 빌딩에 비하여 높은 수준을 필요로 함과 동시에 시공의 신뢰도 향상도 요구된다. 특히 시스템의 계획, 즉 설계 단계에서 시스템 품질이 대부분 결정되므로 설계 단계에서의 충분한 검토가 필요하다. 이장에서는 인텔리전트 빌딩 시스템(Intelligent Building System)의 개념을 알아보고, IBS 건물에 있어 중요한 전원설비의 최적화 방안에 대해 자동제어 설계 및 시공의 입장에서 고찰해 보려한다.



· CONTENTS ·

IBS 건물의 개요

인텔리전트 빌딩의 전원설비의 최적화 방안

3) 전력품질 시스템(고조파)

가. 개요

나. 고조파(高調波 : Harmonics)

다. 고조파 장애를 받은 기기

라. 고조파 발생원 분석

마. 고조파 장애 대책

4) 지능형 빌딩의 조명설계

가. 지능형 빌딩의 시환경

나. 지능형 빌딩의 조명설계 목표 및 방법

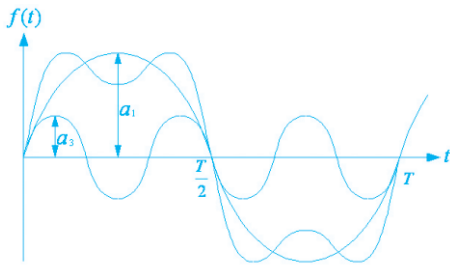
다. 조명시스템의 제어방식

4. 결론

나. 고조파 (高調波: Harmonics)

공급계통의 정현파 전압을 비선형부하에 인가하면 비정현파의 부하전류를 계통 내로 흐르게 된다. 이 전류는 전원임피던스에 의해 전압강하를 발생하게 되고, 이와 같은 전압강하에 의해 정현파의 전원전압은 왜곡된 파형이 된다.

주파수가 가장 낮은(n=1) 정현파를 기본파라 하고, 그 이외의 주파수(n>1)를 제n차 고조파라고 한다.



[그림1 _ 제3고조파를 포함한 왜형파 예]

이러한 고조파 왜형의 질을 나타내는 유효한 척도로 통상 종합 왜형(THD : Total Harmonic Distortion) 및 고조파별 고조파 함유율로 나타낼 수 있다. 종합 전압 왜형율은 기본파 성분 실효치에 대한 전체 고조파성분 실효치의 비율로 즉,

$$\text{종합전압왜형율} = \text{THDV} = \sqrt{DV_2^2 + DV_3^2 + DV_4^2 + \dots} (\%)$$

로 나타내고, 고조파별 고조파전압 함유율은 기본파 성분 실효치에 대한 어떤 차수의 고조파성분 실효치의 비율로 즉,

$$DV_n = \frac{V_n}{V_1} \times 100(\%)$$

로 나타낸다.

여기서, V_n : 제n차 고조파 전압의 실효치($n \geq 2$)

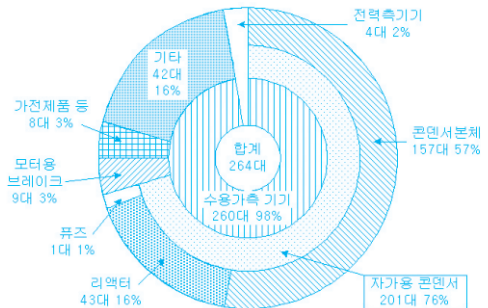
V_1 : 기본파 전압의 실효치

고조파전류의 발생원으로는 변압기, 회전기 등의 자기포화에 의한 것과 아크로와 같은 비선형 기기에 의한 것, Thyristor 위상제어에 의한 교류전력 조절에 의한 것, 정류기와 같은 전력변환기에 의한 것 등 매우 다양하며, 그 영향으로는 고조파에 의한 과전류, 유도장해 및 전압 파형의 왜곡 등이 발생하여 기기의 과열, 소손, 손실의 증대와 기기의 진동, 소음, 제어기기류 및 전자회로의 오동작 등의 우려가 있다.

따라서, 각 국에서는 양질의 전기품질을 위하여 고조파 전압·전류의 허용 기준치를 정하여 관리하고 있으며, 한전에서는 종합전압왜형율의 허용기준치를 66kV이하에서는 3%, 154kV 이상에서는 1.5%로 정하고 있다. 고조파에 대한 대책으로는 변환기의 多Pulse화, 제어각 저감 및 轉流리액터를 증가하여 고조파 발생량을 저감하는 방법, 수동필터 또는 Active 필터의 설치, 계통분리, 단락용량증대, 공급선로의 전용화 등으로 임피던스를 변경하는 방법과 기기의 고조파 내량을 강화하는 방법 등이 있다.

다. 고조파 장애를 받은 기기

장애기기별로 보면 그림2 에서와 같이 수용가의 전력용 콘덴서 및 그 부속설비의 장애가 76%로 압도적으로 많으며 이 이외에는 모터용 브레이커, 음향기구나 TV 등의 가전제품, 그 외 모터나 엘리베이터 등이며, 장애를 받은 주요 기기의 대표적인 예를 정리하면 아래표와 같다.



[그림2 _ 고조파 장애를 입은 기기]

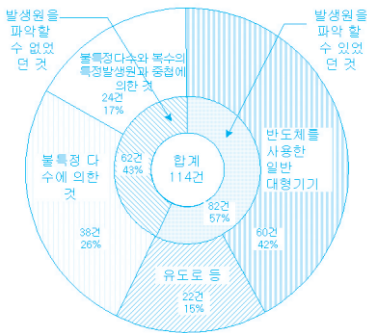
표1 _ 장애의 대표적인 예

장애기기		장애 예
전력용 콘덴서	본체, 직렬리액터	과대전류에 의한 소손, 가열, 진동, 소음 발생
	퓨즈	과대전류에 의한 용단, 오동작
모터용 브레이커, 누전차단기		오동작
가전제품	음향기기, TV	잡음발생, 영상 찌그러짐
기타	모터	진동, 소음발생
	엘리베이터	진동발생, 정지
	각종 제어기기	오동작
	고조파 필터	과대전류에 의한 정지



라. 고조파 발생원 분석

장해발생 건수 162건에는 동일원인에 의한 것도 있어서 이것을 1건으로 산정한 144건 중 반 수 이상인 57%가 반도체를 사용한 일반 대형기구나 유도로 등임을 파악할 수 있었다. 이것은 배전계통에 대한 불특정 다수의 가전기기 등이 발생원으로 되어 있는 잠재 고조파가 상당히 영향을 미치고 있는 것으로 생각된다.



[그림3 _ 고조파 발생원]

마. 고조파 장애 대책

고조파는 반도체 및 전력전자 기술을 이용하는 부하기기에서 발생되어 계통에 유입된다. 수용가측에서는 각종기기에 의 고조파에 의한 영향을 줄여 기기와 시스템을 효율적으로 유지 및 관리할 수 있는 적극적인 대책이 요망된다.

고조파는 비선형 부하기기에 의해 발생되므로 이의 가장 대표적인 기기들에 대한 고조파 전류 함유율을 살펴보면 이에 대한 대책이 발견될 수 있지만 비용과의 상관관계가 있기 때문에 수용가의 대책마련이 어렵다. 우선, 표2에 고조파 발생기기가 함유하고 있는 고조파 전류 함유율을 보인다.

표2 _ 고조파 발생원 기기의 고조파 전류 함유율

기기	차수	차수								
		5차	7차	11차	13차	17차	19차	23차	25차	
6상 전력변환장치		17.5	11.0	4.5	3.0	1.5	1.25	0.75	0.75	
12상 전력변환장치		2.0	1.5	4.5	3.0	0.2	0.15	0.75	0.75	
24상 전력변환장치		2.0	1.5	1.0	0.75	0.2	0.15	0.75	0.75	
교류전력 제어장치		5.1	2.6	1.1	0.75	0.44	0.35	0.24	0.20	
아-크로		6.8	1.7	-	-	-	-	-	-	
사무용, 가전기기		25.0	15.0	4.5	3.5	-	-	-	-	

위의 표를 바탕으로 수용가 측에서의 고조파 대책은 크게 고조파 발생기기의 고조파 발생량 억제 대책과 고조파에 의해 장애를 받는 기기의 대책 두 가지로 나눌 수 있는데 구체적인 방법으로는 전력변환기의 다상화와 필터설치를 들 수 있다.

가) 전력변환기기의 다상화에 의한 고조파 억제

고조파 억제 대책의 첫 번째로는 위의 표 에서 알 수 있듯이 고조파 발생원인 전력변환장치의 변압기부를 多相化하여 발생양 자체를 억제하는 방법을 들 수 있다. 산업용 수용가에서 사용되는 전력변환장치는 거의 6상정류회로를 기본으로 하고 있다. 이것을 12상, 18상,... 6Xm(m은 정수)와 같이 변환기 용량에 맞추어 다상화하여 6m±1차 고조파를 감소시키는 것이다. 다상화는 일반적으로 채용되고 있는 고조파 감소대책이어서 특별히 기술적인 문제점은 없지만 위상이 다른 변환기간에 흐르는 순환전류에 의한 온도상승 등에 대해서 고려할 필요가 있다.

이 방법에 의한 대책은 용량별 용도별로 비용이 증가한다.

나) LC필터 설치에 의한 고조파 억제

LC 필터에는 단일 동조 필터와 고차필터 2가지가 일반적으로 적용되고 있다. 이들을 어떠한 조합과 용량 배분으로 구성할 것인가는 고조파의 발생량, 규제 등을 바탕으로 계통해석에 의해 결정할 수 있다.

다) 능동필터에 의한 고조파억제

능동필터는 출력전류를 임의로 제어할 수 있는 전력 변환장치와 전류제어장치로 구성되며 부하와 병렬로 접속하여 사용되는데 능동필터에는 전류형과 전압형의 두가지가 있다.

전류형 능동필터는 변환기를 정전류원으로서 작동시키기 때문에 직류회로에 비교적 큰 직류리액터를 설치하여 보상해야할 전류를 리액터로부터 공급한다. 반면, 전압형은 변환기를 정전압원으로서 작동시키기 때문에 직류회로에 콘덴서를 넣어 보상전류를 콘덴서로부터 공급하며 전원전압과 변환기 전압과의 전압차에 의한 전류 억제용으로 교류리액터를 접속한다.

두 가지 모두 PWM 제어방식을 사용하는데 보상주파수 대역폭을 넓게 하기 위해서 PWM 캐리어 주파수

는 높은 것이 바람직하다.

라) 전력품질 감시 및 계측시스템

전력품질 감시 및 계측시스템은 현장에 설치되는 전자화 배전반과 중앙감시반으로 아래의 기능을 수행한다.

- (1) 전기품질 및 신뢰성 해석
과도전류(transients), 고조파(harmonics) 또는 순간전압강하(sags)의 원인인 시설물 내부인지 외부 수전측인지 정확히 나타내며, 정확한 대응 조치를 결정할 수 있다. 24시간 지속적인 감시를 통하여 장애를 막을 수 있는 대책을 수립할 수 있다.
- (2) 전압, 전류, 불평형 전압, 무효,유효전력, 고조파, 순간전압강하 및 순간 정전, 순간전압상승, 역률, 전력량, 주파수 등
- (3) Logging 기능 : 정시 기록, 최소,최대 기록, 상태변화기록, 파형기록 등
- (4) Pulse Count에 따른 전력 측정, Demand 등 외부 경보 입,출력
- (5) Remote 경보 기능

4) 지능형 빌딩의 조명설계

인텔리전트 빌딩이 본래의 취지에 맞도록 운영되기 위해서는 다음과 같은 세 가지의 기능이 요구된다. 첫째, 건물의 내부와 외부에서 무엇이 일어나고 있는지 알아야 한다. 둘째, 재실자에게 편리하고 쾌적하며 생산성 높은 환경을 제공하는 가장 효율적인 방법을 알아야 한다. 그리고 세 번째로 앞의 두 가지를 통해 얻어진 정보와 방안을 통해 재실자의 요구에 신속하게 대응해야 한다. 이러한 기본적인 요구 기능을 만족시키기 위하여 인텔리전트 빌딩의 조명은 다른 빌딩 자동화시스템과 마찬가지로 재실감지 센서 또는 주광 센서와 제어를 통한 자동 제어에 의존하는 것이 상식화 되어 있다. 그러나 단순히 조명을 자동적으로 제어하는 것이 건물 재실자와 건물 관리자의 요구에 현명하게 대처하는 것은 아니라는 것을 알아야 한다. 즉, 조명제어의 지나친 자동화는 재실자로 하여금 누군가에 의해 기존의 건물에서는 갖고 있던 조명기구 제어에 관한 권리를 박탈당했다는 기분을 느끼게

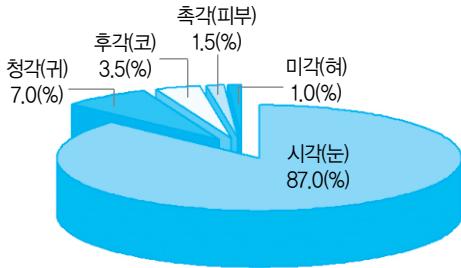
할 수도 있고, 더 나아가 누군가에 의해 자신이 항상 감시당하고 있다는 반감을 불러일으킬 수도 있다는 것이다. 따라서 인텔리전트 빌딩에 있어서의 조명제어는 자동화를 기본적으로 하되 개개인에게 조명을 조절할 수 있는 수단을 부여하여 각자에게 가장 적합한 조명조건을 선택할 수 있는 권리를 보장하면 그와 같은 부정적인 반응을 완화할 수 있을 것이다.

본 절에서는 기존의 사무소 건물이 아닌 인텔리전트 빌딩에 있어서 조명을 설계할 때 검토되어야 하는 요구 사항과 이러한 요구 사항에 대한 접근 방식에 대해 다루고 있다.

가. 지능형 빌딩의 시환경

건물에서의 환경은 그 범위에 따라서 작업자에 근접한 작업공간 환경과 건물의 한층 또는 건물 전체를 포함하는 광역 환경으로 구분할 수 있다. 이중 작업자와 가장 밀접한 작업공간에 있어서 중요한 환경요소로는 시환경과 음환경 및 온열환경을 들 수 있다. 그런데 1980년과 1985년 미국에서의 건물환경에 대한 조사 연구의 결과에 따르면 응답자의 65%가 기존의 작업공간에서의 시환경에 불만을 갖는 것으로 나타났다. 이러한 조사 결과는 인체의 정보취득을 담당하고 있는 감각기관과 관련이 있는 것으로 해석할 수 있다. 즉, 인체 감각기관의 정보취득 능력은 그림에서 보는 바와 같이 시각에 의한 것이 87%로 가장 지배적이며 따라서, 작업환경에서도 시환경이 압도적으로 중요한 위치를 차지한다고 말할 수 있다.

인텔리전트 빌딩에서의 시환경의 경우, 수평 책상면에서의 작업이 주로 이루어지는 기존의 일반적인 사무소 건물과는 달리 VDT(Video Display Terminal)작업이 주로 이루어지고 있으므로 기존의 사무실과는 다른 조명설계가 요구된다고 말할 수 있다. 기존 사무소 건물에 있어서의 시환경에 대한 개선 요구, 재실자의 요구에 신속히 대응하고자 하는 인텔리전트 빌딩으로서의 요구, VDT작업에 대한 고려 및 에너지 소비 절감 등의 이유로 인하여 일반 건물과 인텔리전트 빌딩에 있어서의 조명의 차이는 아래와 같이 요약될 수 있다.



[인체 감각기관의 정보취득 능력]

비교 항목	일반 사무소 건물	IB 건물
작업면	· 책상면(수평면)	· VDT(수직면) · 책상면(수평면)
조명방식	· 직접조명/전반조명	· TAL(직접+전반병용조명)
조명 제어	· 수동제어 (튠블로 스위치) · 자동제어 (스케줄 On/Off)	· 수동제어(프로그램 스위치) · 스케줄 On/Off · 재실감지 On/Off · 개별제어 On/Off
자연광 제어 및 활용	· 수동 블라인드 · 창문근처 On/Off	· 자동 블라인드 · 창문근처 On/Off · 조광제어(Dimming) · 설비형 자연채광 장치

나. 지능형 빌딩의 조명설계 목표 및 방법

인텔리전트 빌딩에서의 조명 설계 목표는 재실자의 관점과 건물 관리자의 관점에서 서로 다르게 설정될 수 있다. 재실자를 고려한 조명설계의 목표는 적절한 양의 빛을 필요로 하는 시간과 장소에 공급하는 것이고, 건물 관리자를 고려한 조명설계의 목표는 에너지 절약과 효율적인 보안관리 등을 들 수 있다. 다음은 이들 두 가지 관점에서의 조명설계 방법에 대해 설명하고 있다.

가) 재실자를 고려한 조명설계

재실자를 고려할 때 조명의 설계는 무엇보다도 충분한 양의 빛을 필할 때와 장소에 공급하여 작업 능력의 향상을 꾀해야 하며, 더불어 현휘(Glare)의 제어도 필요하다. 이때 충분한 양의 빛이란 조도

(Illuminance)라는 측광량으로 표현되며, 눈부심이란 시야내에 들어오는 표면의 평균 밝기인 휘도(Luminance)라는 측광량으로 표현될 수 있다.

작업 종류	권장 조도
일반 작업	40세 이하 : 500~1000lx
	40세 이상 : 800~1600lx
VDT 작업	50~100lx
청소 작업	150~300lx

(1) 조도(Illuminance)

어떤 공간 내에서 필요로 하는 조명의 양은 일정하게 정해진 것이 아니라 수행되는 작업의 성질, 종류 또는 작업자의 연령 등에 따라 달라진다. 위 표는 북미조명공학회(IESNA)의 작업별 권장조도의 예를 보여주는 것이다.

(2) 휘도(luminance)

적절한 조도와 더불어 휘도 분포와 현휘의 제어는 사무공간의 쾌적한 시환경을 유지하기 위해 필요하다. 이를 위해 다음을 배려한다. 시야내 휘도의 변화가 큰 경우는 시선을 움직일 때마다 밝기의 차이에 따라 눈이 움직여지므로 눈에 피로를 초래할 우려가 있다. 또는 사무실의 벽면이 어둡게 되면, 위의 문제 이외에 어두운 느낌을 주며 눈의 휴식에 도움이 되는 원경으로서의 대상이 없게 되어 작업대상물만을 과도하게 주시하기 때문에 피로의 원인으로 되는 문제점이 있다. 이 때에 오피스 내 각 부위의 휘도비를 균일하게 할 필요가 있다. 아래의 표는 북미조명공학회에서 권장하는 작업면과 주변과의 휘도비의 최대치를 보인 것이다.

	휘도비의 최대치
작업대상물과 그 근접 주위면 (예: 서적과 책상면)	3:1
작업대상물과 그것에서 떨어진 면 (예: 책과 바닥면 또는 벽면)	10:1
조명기구나 그 근접 주위면	20:1
보통 시야내에서	40:1

표면	반사율의 권장치
천정	80%(80~90%)
벽	50%(40~60%)
책상·작업대·기계	35%(25~45%)
바닥	30%(30~40%)

(3) VDT 작업에 대한 고려

정보기술에 의존하는 현대사회에서 대부분의 사무실은 OA(Office Automation)환경이 이루어져있고 그에 따른 VDT에 의한 작업이 업무의 대부분을 차지하고 있다. VDT작업의 조명환경은 일반 사무작업의 조명환경과 근본적으로 다르다. 일반작업의 경우 일정한 조명의 질이 유지되고, 조도가 상승하면 시각 대상물이 보기 쉽게 되는 것에 비해서, VDT작업시의 경우 조도가 상승하면 키보드 입력용 원고는 보기 쉬워지는 반면 VDT상에 표시되어진 문자나 도형 등은 보기 어려워지는 대조적인 현상이 일어난다. 또한, VDT면에 고휘도 조명기구의 상이 반사되어 작업자의 시야에 들어오면 현휘에 의한 시각적 불편감을 느낄 수 있고, 화면의 문자를 읽기 어렵게 되는 광막반사(Veiling Reflection)현상에 의한 작업능률의 저하를 초래할 수 있다. 이 때문에 인텔리전트 빌딩 사무공간에서의 VDT작업을 위해서는 다음과 같은 고려를 해야 한다.

- 키보드나 입력용 서류면에 대해서 필요한 조도를 확보한다
- VDT 화면의 글자나 도형 등이 잘 보이도록 화면 위의 수직면 조도를 제한한다
- VDT화면에 비치는 고휘도 조명기구의 반사상에 의해 글자 등이 잘 보이지 않는 곳이 나타나므로 조명기구의 휘도를 제한한다
- 각각의 시대상물로 시선을 이동하게 되는 경우 눈의 적응상태가 크게 변화하지 않도록 하기 위해서 작업면과 그 주변의 휘도차를 적절한 한계 이내에서 제한해야 한다.

이러한 점을 고려할 때 VDT작업을 주로 하는 사

무공간의 조명방식으로서 가장 적합한 조명방식은 국부전반병용조명(TAL, Task and Ambient Lighting)을 들 수 있다. 이 방식은 전반조도를 최소한의 필요한 정도로만 유지하여 VDT에 대한 시작업을 용이하게 하고, 키보드 입력을 위한 원고의 조명은 국부적인 조명기구를 이용하는 방식이다. 전반조명은 조명기구를 천장으로 향하여 간접조명으로 하고 국부조명은 탁상용 소형 조명기구나 칸막이 등의 가구에 조명기구를 매입하는 방식이 일반적이다.

(4) 필요 장소와 필요 시기의 조명 제공

재실자는 건물안에 있을 때면 언제든지 적절한 조명이 있어야 한다는 것을 당연한 것으로 생각하고 있다. 이는 주간 근무시간은 물론이고 퇴근시간 이후에도 잔업을 위해 사무실에 남아 있을 경우 재실자 개인의 작업공간 뿐 아니라 간헐적으로 사용되는 곳(예: 복사실, 휴게실, 홀, 엘리베이터 로비 등)도 조명이 되어야 함을 의미한다.

다음호에 계속 ➡