



글/송 언 빈 (한국건설기술연구원)

1. 대규모 시스템의 구성 요점

(1) 시스템 구성법

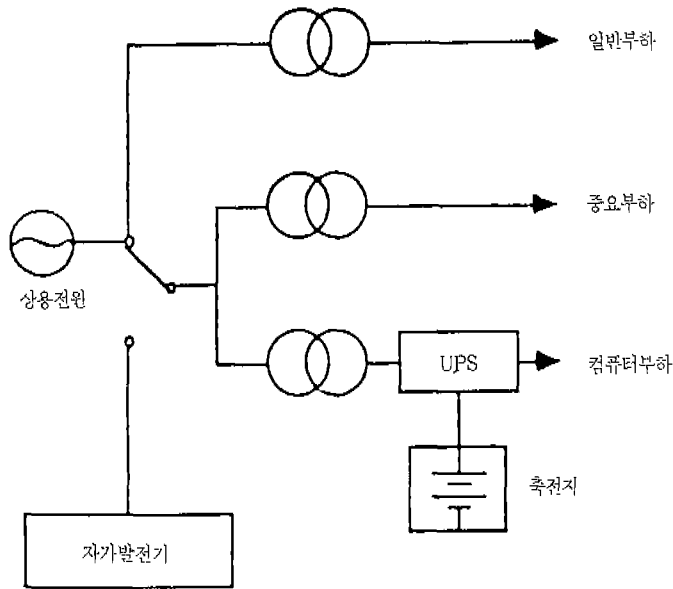
상용전원의 정전이나 순시 전압저하 등에 대비하여 단시간 정전보상을 실시할 경우에는 축전지를 사용하지만 장시간 정전보상을 위해서는 자가발전기와 연결시켜야 한다. 최근 인텔리전트 빌딩의 등장으로 배선계통에 무정전전원 공급시스템을 자가발전기와 연결시켜 고품질 고신뢰도 전원설비를 시설한 건물들이 등장하고 있다. 건물내의 컴퓨터 부하가 소규모 용량이면 무정전 전원공급 시스템을 하나의 단위로 하여 그 설비에만 무정전전원 공급시스템을 시설하는 것이 좋지만 무정전전원 공급용량이 규모가 커지고 상시간 정전에 대비하기 위한 경우에는 자가발전기와 연결된 대규모화가 필요해진다. <그림 1>은

자가발전기를 가진 대규모 무정전전원 공급시스템의 계통 구성도이다.

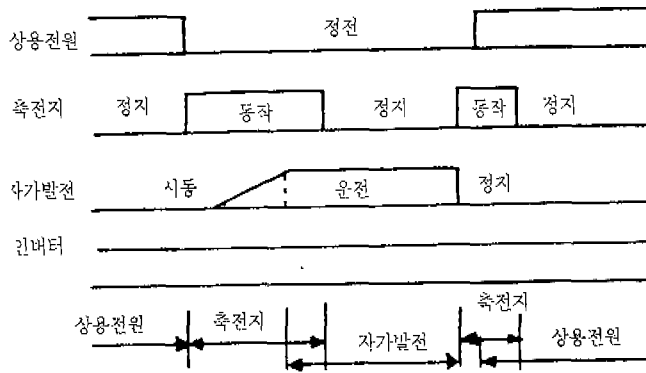
대규모 무정전전원 공급시스템의 경우 일정한 시간(대개 10분이내)동안은 축전지에 의하여 전원을 공급하다가 축전지 방전용량 범위를 넘으면 자가발전기를 통하여 전원공급이 이루어진다. <그림 1>의 (b)는 대규모 무정전전원 공급시스템의 운전동작 순서도를 나타낸 것이다.

대규모 무정전전원 공급시스템의 계통구성에서는 다음과 같은 점을 중점적으로 검토하여야 한다.

- 계통에서 인버터 고장 등에 대비한 절환시간 결정
 - 필수적인 부하에 대한 역률, 최대돌입전류 등을 도표화 하고 교류부하를 계산한다.
 - 무정전전원 공급시스템의 방식을 선정한다. 고신뢰도를 요하는 경우에는 인버터 부분을 병렬로 3대까지 두고 2대를 병렬 운전하도록 하고 1대를 예비비용으로 하는 방식이 좋다.



(a) 대규모 무정전전원 공급시스템 구성



(b) 시스템 동작 순서도

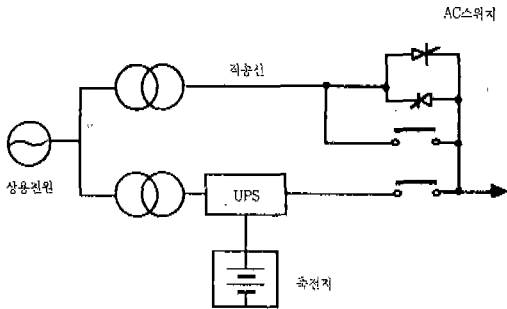
<그림 1> 대규모 무정전전원 공급시스템

• 인버터에서 공급할 부하량과 정전시간에 대비한 축전지 및 자가발전기의 연결방안을 검토한다.

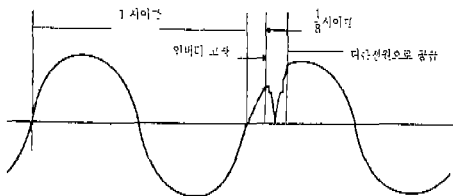
• 보호장치를 설치할 경우는 영상전류를 최소화하도록 하여야 하고 개폐기간에 보호협조가 이루어지도록 구성하여야 한다.

(2) 절환시간의 설정

무정전전원 공급시스템의 내부에 있는 인버터에 이상이 발생한 경우 부하의 운전상태에 지장이 없는 시간내에 상용전원으로 절환되어야 한다. <그림 2>



<그림 2> 절환회로의 구성



<그림 3> 정지형 절환스위치 동작시간

와 같은 경우에서 직송선에 연결된 AC스위치가 이러한 기능을 수행하게 되는데 절환시간을 빠르게 하기 위하여 정지형 전력용 반도체소자를 사용하고 있다.

절환시간이란 인버터의 고장, 보수, 점검 등에 대비하여 하나의 전원공급계통에서 다른 계통 (<그림 2>의 바이패스선)으로 절환하는데 따른 시간을 의미한다. 절환스위치로 정지형을 채택한 경우 약 1/8사이클 정도 전원공급 단절이 발생하는 경우가 있다. <그림 3>은 정지형 절환스위치의 절환시간을 나타낸 것이다. 이러한 절환시간은 정지형 스위치에 따라 약 1/4사이클인 경우도 있으므로 부하의 특성을 고려하여 선정하여야 한다.

중요부하들에 대한 절환시간의 영향을 요약하면 다음과 같다.

- 1/4사이클 이상의 무전압 상태에서 지장이 없는 부하: 전동기, 일반 조명설비, 전열설비 등
- 1/4사이클, 정도의 무전압 상태에서 크게 지장이 없는 부하: 리레기, 각종 기계 접촉기, 프로세스 컴퓨터 통신장치 등

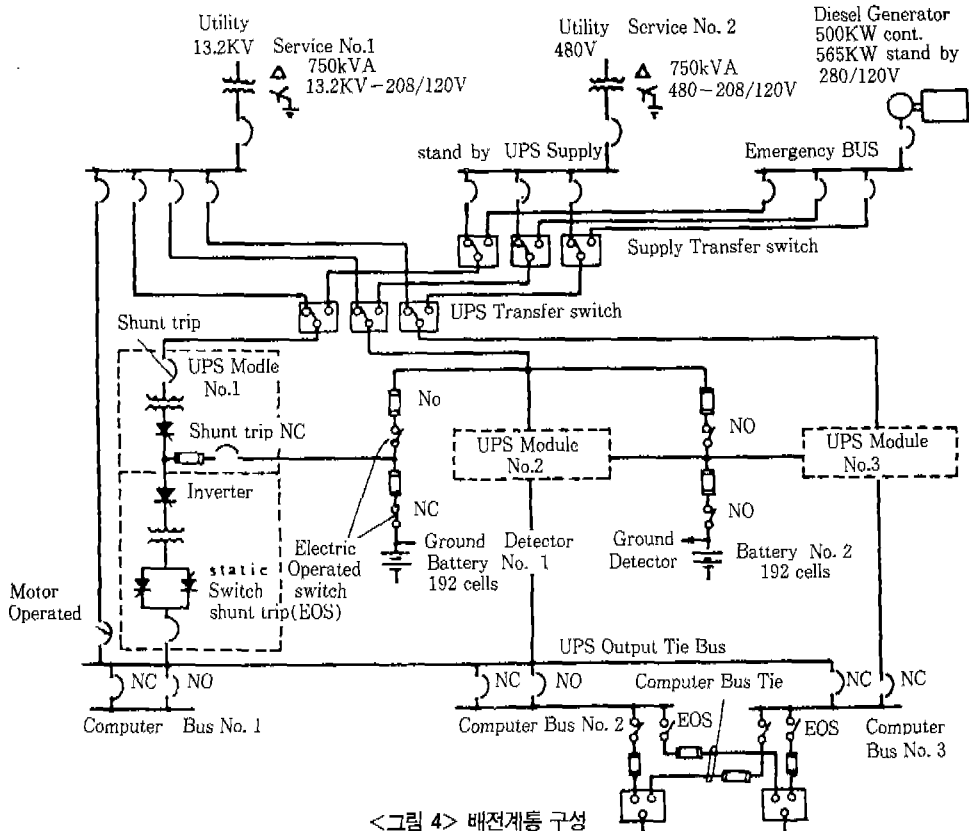
- 일체의 무전압 상태를 허용할 수 없는 부하: 고속통신시스템 네트워크, 데이터처리 시스템, 항공기 제어 시스템, 미사일 추적 시스템 등
 - 주파수 변동을 허용할 수 없는 부하: 디지털 컴퓨터, 타이밍 회로 내장 시스템 등
- 따라서 일체의 무전압 상태나 주파수 변동을 허용할 수 없는 부하가 있을 때에는 병렬 무정전전원 공급시스템으로 구성하여야만 한다.

(3) 시스템 구성 요점

일반적으로 무정전전원 공급시스템이 담당하는 부하들은 컴퓨터 부하가 대부분이다. <그림 4>에서 무정전전원 공급시스템은 고압입력반내에 있는 차단기를 거쳐 입력변압기에서 저전압으로 강압된다. 저압반에는 3유닛의 무정전전원 공급시스템 및 1유닛의 축전기가 연결되어 있다. 3유닛의 무정전전원 공급시스템은 출력측에서 공통모선에 접속되고 정상운전상태에서는 2유닛이 병렬운전되며 1유닛은 예비용으로 대기 상태에 있게 된다. 공급전압과 주파수는 원격감시할 수 있도록 감시제어반을 시설한다. 일반적으로 100kVA 정도의 부하일 경우 100kV A급 인버터 2유닛으로 구성하고 200kVA 정도의 부하일 경우 100kVA급 인버터 3유닛으로 구성하게 된다.

대규모 무정전전원 공급시스템을 시설할 때 고려할 요점은 다음과 같다.

- 정상동작상태에서는 상용전원을 통하여 수전한 다음 무정전전원 공급시스템내의 인버터에 의하여 일정전압, 일정주파수의 전력이 컴퓨터 부하에 공급된다. 축전지는 별도의 축전기에 의하여 충전되며 무정전전원 공급시스템내의 직류 다이리스터의 스위치에 의하여 인버터로 직류전력이 공급된다.
- 상용전원이 정전되면 순시에 축전지에서 전원이 공급된다. 축전지에서 전원을 공급하게 되면서 자가발전기가 기동된다. 발전기 출력전압이 일정전압을 확보하면 고압절체반에서는 수전축 스위치를 상용전원에서 발전기측으로 옮겨진다. 발전기가 기동되어 규정된 전압을 출력하기까지는 대략 10초정도 소요



<그림 4> 배전계통 구성

된다. 이 무정전전원 공급계통의 경우 정전보상시간은 약 5분 정도의 축전지 용량을 확보하면 충분하다. 상용전원이 정상화되면 수전계통은 발전기에서 상용전원측으로 전환되며 발전기는 정지한다.

- 무정전전원 공급시스템에서 컴퓨터 부하에 전력을 공급하던중 인버터의 고장이 발생할 경우를 대비하여 고속 절환스위치를 설치하여 고장기가 즉시 분리될 수 있도록 대비하여야 한다.

- 보수작업, 전체 인버터의 고장 등으로 인하여 전체의 무정전전원 공급시스템이 정지한다면 병렬은 전반내에 설치된 직송회로를 통하여 컴퓨터실내에 있는 AVR(Automatic Voltage Regulator)로 전원을 공급하도록 구성한다.

- 무정전전원 공급시스템의 전압 및 주파수는 상

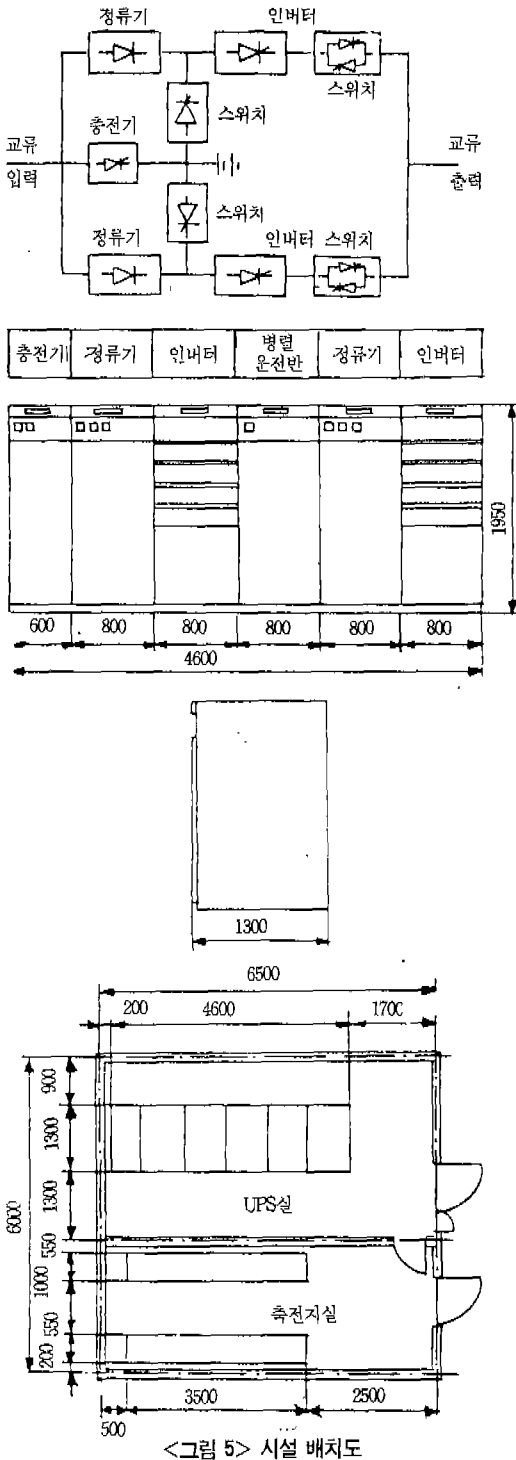
용전원의 전압 및 주파수와 동기되도록 하여야 한다.

- 무정전전원 공급시스템에서 축전지는 별도의 축전지실에 배치하여야 한다. <그림 5>는 병렬 무정전전원 공급방식의 시설배치도를 나타낸 것이다.

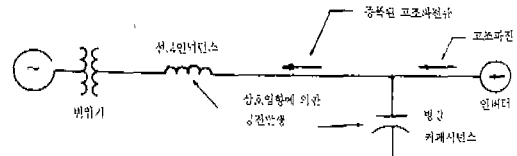
2 시스템의 동작상 문제점과 대책

(1) 고조파 전류의 영향

무정전전원 공급시스템의 인버터는 직류전력을 교류전력으로 변환해야 하므로 스위칭에 의한 출력측에 고조파가 필연적으로 함유하게 된다. 따라서 인버터는 고조파 전류원으로 작용하여 상용전원계통 및



<그림 5> 시설 배치도



<그림 6> 공진현상의 발생

부하계통에도 영향을 미치게 되는데 과도한 고조파 전류의 유입으로 계통에 연결된 콘덴서에 과전류로 인한 과열과 각종 전자제어장치의 오동작 원인이 된다.

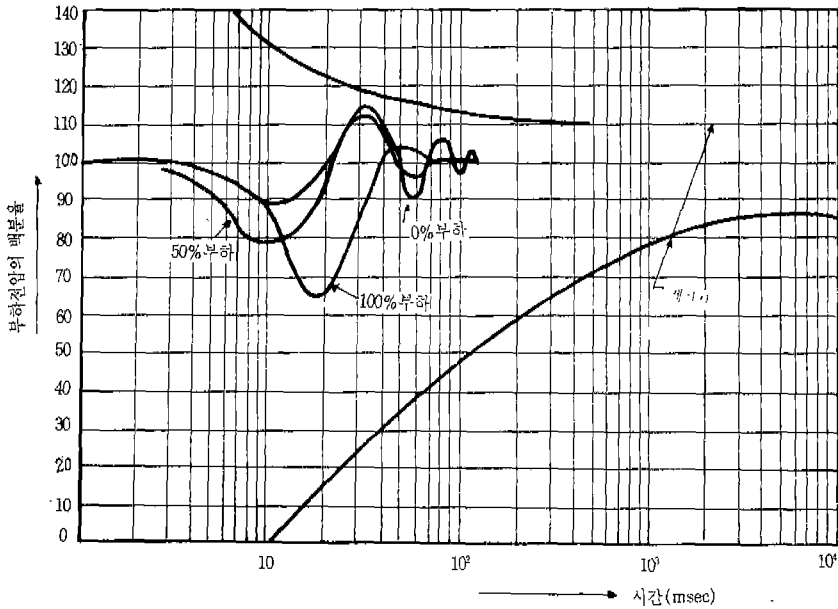
무정전전원 공급시스템에서 발생된 고조파 전류는 선로의 용량성 및 유도성 임피던스로 인하여 공진현상이 발생하게 되는데 이렇게 되면 고조파 전류들은 증폭되어 대단히 큰 값이 될 우려가 있다. 공진현상이 발생하면 고조파 전류는 증폭되며 전력용 콘덴서, 변압기, 발전기, 전동기, 각종 조명설비에는 과도한 전류가 흘러 기기의 과열, 소손이 발생할 가능성이 있다. <그림 6>은 이러한 공진현상의 발생 개념도를 나타낸 것이다.

고조파 전류에 의한 공진현상의 억제대책을 요약하면 다음과 같다.

- 콘덴서 용량의 변경, 직렬 리액터의 추가설계
- 교류필터의 추가설계
- 발생 고조파 전류의 억제
- 전원계통의 구성변경

무정전전원 공급시스템의 인버터에서 발생하는 dv/dt 는 선로 및 기기의 대지 정전용량으로 인하여 $c (dv/dt)$ 의 전류를 흐르게 한다. 이 전류를 영상전류라 부른다. 이러한 영상전류가 흐르면 누전 차단기와 같은 감도가 예민한 기기들은 오동작의 원인이 된다. 또한 고조파 영상전류는 고조파 잡음의 발생원이 되어 유도장애의 원인이 되고 있다.

인텔리전트 빌딩의 증가와 함께 각종 사무자동화 기기, 정보통신기기 등이 급속히 증가하고 있으므로 무정전전원 공급시스템에서 발생할 우려가 있는 전자유도장애를 방지할 수 있도록 인버터 자체의 고조



<그림 7> 컴퓨터 부하의 전압변동 범위

파 발생을 철저히 억제하지 않으면 안된다.

영상전류의 발생을 억제하기 위해서는 선로 및 기기의 대지정전용량의 저감, 영상 임피던스를 부가하여 영상전류의 억제, 영상전류의 경로 차단 등이 필요하다.

(2) 동작성능 검토

인버터에 부하를 연결하면 첫 반주기에는 정격전류의 약 27% 정도 떨어지며 다음 반주기에서 ±10% 정도 유지되고 50msec 이후 ±2%까지 회복된다. 또한 정지형 스위치는 동작시 2msec 정도의 무전압 상태가 일어나게 된다.

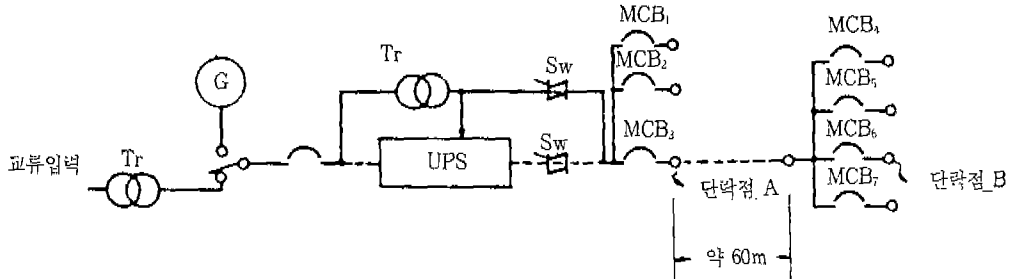
대형 컴퓨터일 때 2msec 정도의 무전압 시간으로 반주기에서 30% 정도의 전압강하에 대해서 여유가 있다. 무정전전원 공급시스템에서 과도응답은 반주기에서 30% 정도 떨어지면 다음 반주기에서 ±10% 정도 회복되어야 한다. <그림 7>은 컴퓨터 부하에 대한 전압변동 허용범위를 나타낸 것이다.

무정전전원 공급시스템에서는 평활정류기 부하가 있기 때문에 부하 투입시에 반주기~한주기 사이에

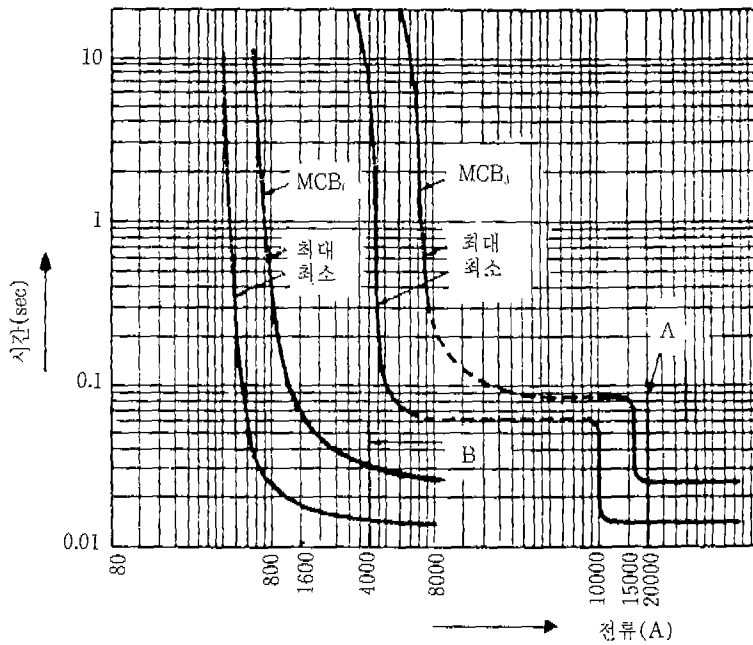
정상시 파고치의 약 15배 정도의 돌입전류가 흐른다. 따라서 인버터의 과부하내량은 크게 잡아야 한다. 이 돌입전류는 다이리스터와 같은 소자를 사용한 인버터일 때 전류(轉流)실패현상을 가져온다. 출력전압의 과도현상이 크게 되면 계장기기들을 오동작시킬 수도 있다. 이 현상을 방지하기 위하여 다음과 같은 대책을 마련하여야 한다.

- 전원장치 자체의 과부하 내량을 크게 한다.
- 상용동기 대기방식을 채용하여 과전류시 상용전원측으로 전력공급을 바꾼다.
- 부하계통을 분할하여 공급한다.
- 분기한 부하회로에 돌입전류를 억제하기 위한 보호회로를 추가한다.
- 부하 급변시 출력전압 과도특성이 좋은 인버터를 채용한다.

무정전전원 공급시스템의 과부하 내량은 일반적으로 정격용량의 120~150%에서 1분 정도이다. 무정전전원 공급중인 부하가 단락될 경우를 대비하여 보호협조가 필요하다. 보호협조방식에는 재기동방식과 선택차단방식이 있다. 재기동방식은 부하에 단락이 발



(a) 일피턴스 맵



(b) 보호협조특성

<그림 8> 계통의 보호협조

생한 경우 무정전전원 공급시스템이 순시에 단락전류를 검출하여 정지하도록 구성한 것이다. 선택차단 방식은 단락점에서 가장 가까운 차단기가 동작하여 고장회선을 선택차단 하도록 한 것이다. 부하단락을 고려하여 사전에 단락전류를 계산하여 두는 것이 바람직하다.

<그림 8>은 계통의 보호협조 특성을 나타낸 것

이다.

3. 효과적인 시스템 구성방안

최근에 사무소 건물의 전산시설이나 제어용 컴퓨터를 이용한 관리시설에는 무정전전원 공급시스템을 필수적으로 시설하고 있다. 무정전 전원공급 시스템

은 상용전원의 정전에 대비하여 시설되어 왔지만 최근에는 순시 전압저하와 같은 전원전압의 품질을 높이기 위한 목적으로도 사용되고 있다. 따라서 중요한 컴퓨터 부하별, 단위로 무정전전원 공급시스템을 시설하는 경우가 있고 장시간 정전보상을 위하여 자가발전기와 연계된 하나의 배전계통으로 대규모화한 시스템 구성도 이루어지고 있다. 오늘날 사무소 건물은 24시간 연속적으로 전원공급이 필요하며 중요한 컴퓨터 부하들은 특히 높은 전원공급 신뢰도가 보장되어야 하므로 무정전전원 공급시스템을 다중화하는 방안을 마련하여야 한다. 대형 복합건물이나 초고층 건물 등이 급속히 증가할 것이므로 대규모 무정전전원 공급시스템의 필요성이 증대될 것이다.

효과적인 무정전전원 공급시스템을 구성하기 위해서는 다음과 같은 점들을 중점적으로 고려하여야 한다.

- 사무소 건물에서 중요부하에 대한 무정전전원 공급시스템의 구성방식중의 하나인 수분에서 수시간 정전보상용은 단위로 한 무정전전원 공급시스템을 시설하고 장시간 정전보상용은 자가발전기를 결합한 대규모 무정전전원 공급시스템으로 하여야 한다.

- 무정전전원 공급시스템에서 정류기의 구성과 충전기의 기능이 합쳐진 부동충전방식은 정류기의 기능을 분리한 직류 다이리스터방식에 비하여 비교적 시스템 구성이 간단하므로 중소용량 시스템에 적합하다. 자가발전기와 연결된 대규모 무정전전원 공급시스템에는 직류 다이리스터방식이 적합하다.

- 무정전전원 공급시스템의 신뢰성을 높이기 위한 방식은 상용대기방식, 동기병렬방식이 있는데 이중 가장 고신뢰성을 보장할 수 있는 것은 동기병렬방식이다. 대규모 무정전전원 공급시스템을 구성하는 경우에는 3대의 단위 인버터들을 시설하고 상시에는 2대를 운전하도록 구성하며 어느 한 인버터가 고장일 경우에 예비기로 변환하여 운전하도록 구성한다. 이때 3대 이상 설치하여도 신뢰도는 증대하지 않기 때문에 부하의 중요도를 고려하여 2개의 유니트를 병렬운전할 것인가, 3개의 유니트를 다중화 할 것인가를 검토하여야 한다.

- 무정전전원 공급시스템의 핵심부분은 직류전력을 교류전력으로 변환시키는 인버터이다. 이 인버터는 고속 스위칭 동작을 하여야 하므로 교류출력에는 고조파를 포함하게 된다. 이 고조파는 다른 중요기기에 대해서 여러가지 악영향을 끼치므로 인버터 자체에서 발생하는 고조파를 최대한 억제하여야 한다. 이를 위하여 인버터는 P. W. M(Pulse Width Modulation)방식의 것을 사용하여야 한다.

- 무정전전원 공급시스템을 시설할 때에는 시설 환경조건, 교류입력조건, 직류입력(축전지 용량), 교류출력(부하의 조건)을 고려하여야 하는데 무정전전원 공급시스템의 용량 산정시에는 정상시 부하용량과 돌입부하용량을 고려하여 산출하여야 한다.

- 최근 인텔리전트 빌딩이나 대규모 전산시설을 갖춘 건물에서는 자가발전기와 연결된 대규모 무정전전원 공급시스템이 필요하다. 무정전전원 공급시스템의 용량 결정시에는 그 건물에 시설될 컴퓨터 부하의 용량을 사전에 예상하여 계산한 값과 향후 시설증대에 대비한 용량범위로 하여야 한다.

지금까지 보다 효과적이고 신뢰성 높은 무정전전원 공급시스템을 구성하기 위한 주요 요점들을 알아보았다. 무정전전원 공급시스템은 외국의 경우 회전구성형도 사용되고 있으나 여러가지 성능상 전력용 반도체 소자를 이용한 정지형으로 대체되고 있는 추세이다. 특히 최근에는 소음이 극히 적은 우수한 정지형 무정전전원 공급시스템들이 등장하고 있다. 대규모 무정전전원 공급시스템의 시설용량규모는 건물 연면적 약 3만㎡~10만㎡ 정도의 경우 약 300kVA ~1,000kVA 정도로 시설되고 있는데 그 건물의 용도에 따라 용량규모는 기복이 심한 것으로 검토되었다.

앞으로 사무소 건물들이 인텔리전트 빌딩으로 급속히 변모될 것이며 이에 따라 고품질, 고신뢰도의 전원은 필수불가결한 것으로 자리를 굳히게 될 것이다. 보다 효과적인 무정전전원 공급시스템을 구성하기 위해서는 적절한 회로구성, 용량산정, 고조파 전류의 발생없는 인버터의 선택, 적절한 자가발전기와 의 연결방안 등을 충분히 검토하여야 한다.