

효율적인 무정전전원 공급시스템의 구성법

글/송 언 빈 (한국건설기술연구원)

1. 머리말

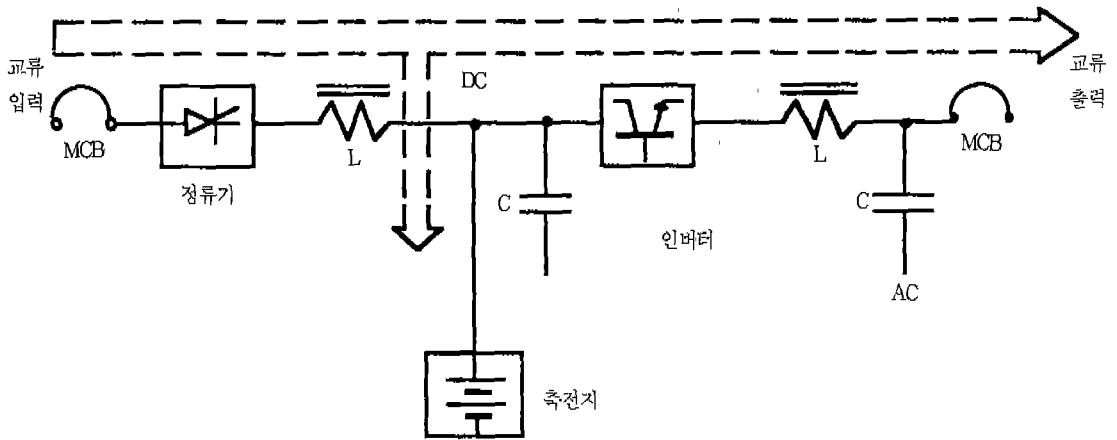
여러가지 사무 자동화 기기와 정보통신 기기의 보급, 제어용 컴퓨터를 이용한 각종 관리 시스템의 등장, 컴퓨터 시스템의 확대에 따라 전원공급의 무정전화와 일정 전압 및 일정 주파수 전원공급의 필요성이 크게 높아지고 있다. 산업공장이나 사무소 건물 등에서도 24시간 연속적으로 전원공급이 필요한 경우도 있다. 컴퓨터로 이루어진 부하들인 경우 전압변동은 정격값의 $\pm 10\%$ 이내, 주파수 변동은 정격값의 $\pm 1\%$ 이내, 파형 왜율(歪率)은 5~10% 이하가 되어야만 안전한 동작을 보장할 수 있다.

컴퓨터 시스템을 이용한 사무 자동화 시스템, 건물 자동화 시스템, 그리고 각종 자동화 시스템 및 정보

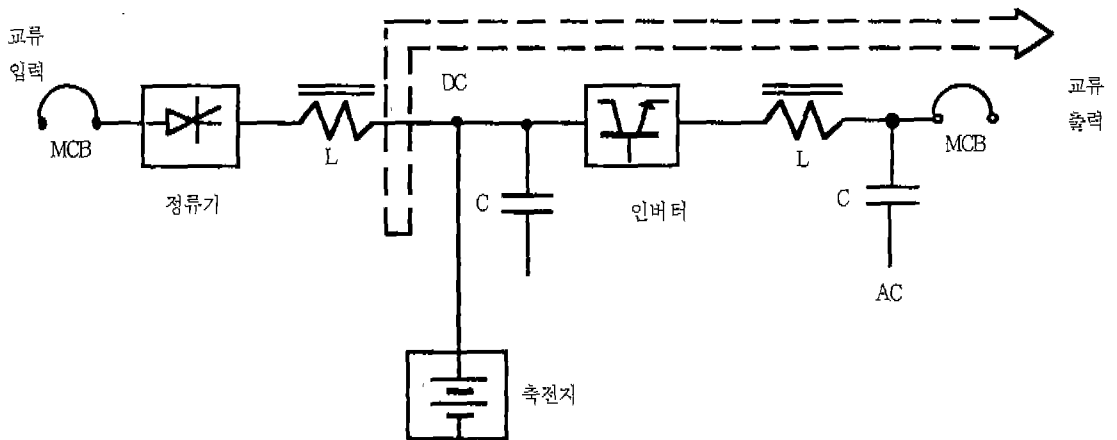
통신 기기들이 급속히 증가하고 있으며 이러한 새로운 전기전자 시스템의 전원공급은 무정전 전원공급 시스템(UPS : Uninterruptible Power Supply System)에 의하여 이루어지고 있다.

무정전 전원공급 시스템은 컴퓨터의 등장과 함께 시작되었다. 초기의 무정전 전원공급 시스템은 전동식과 발전식의 조합에 의한 회전형이었으나 전력용 반도체 소자의 출현으로 정지형으로 바뀌어졌다. 오늘날 무정전 전원공급 시스템이라 하면 정지형이 대부분이라 할 수 있다.

무정전 전원공급 시스템은 필요한 부하에 개별적으로 시설하는 경우가 있는데 이것은 단위기에 의한 방식으로 50kVa 급 이하의 중소용량에 많다. 그러나 대규모 컴퓨터 시스템이나 중요 산업시설에는 자가

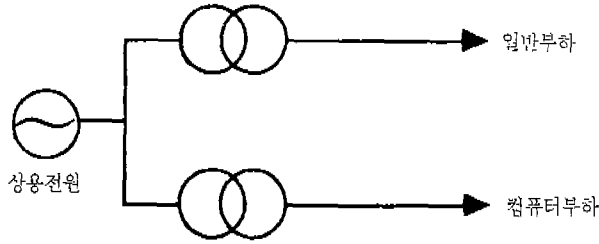


(a) 정상시 동작



(b) 정상시 동작

<그림 1> 무정전 전원공급 시스템의 기본 구성도



<그림 2> 상용 전원방식

발전기와 무정전 전원공급 시스템이 조합하여 하나의 배전계통을 구성한 경우가 있는데 대개 100kVa급 이상인 경우가 많다.

무정전 전원공급 시스템 구성을 위한 여러가지 방식을 검토하고 효과적으로 시스템을 구성할 수 있는 방안들을 검토해 보고자 한다.

2. 무정전 전원공급 방식

정지형 무정전 전원공급 시스템은 다음과 같은 주요 부분으로 이루어진다.

- 상용(商用) 교류전력을 직류전력으로 바꾸기 위한 정류기
- 상용 교류전력을 축전지에 충전하기 위한 충전기
- 직류전력을 교류전력으로 변환시키는 인버터(Inverter)
- 부하에 대한 전력공급을 절환할 수 있는 정지형 스위치

무정전 전원공급 시스템의 주요부는 직류전력을 교류전력으로 변환시키는 인버터이다. 인버터의 성능과 신뢰도에 따라 무정전 전원공급 시스템의 성능과 신뢰도가 크게 달라지게 된다.

<그림 1>은 무정전 전원공급 시스템의 기본 구성도를 나타낸 것이다.

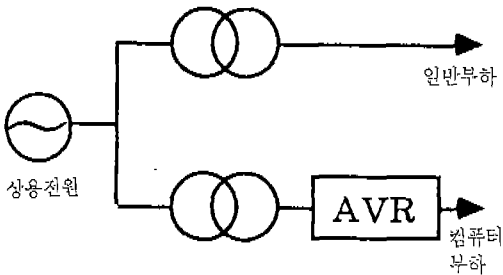
컴퓨터 시스템과 같은 중요 부하에 대한 전원공급 방식은 다음과 같이 구분한다.

- 상용 전원 방식
- 자동 전압조정 방식
- 무정전 전원공급 시스템 방식
- 무정전 전원공급 시스템과 자가 발전기 병용 방식

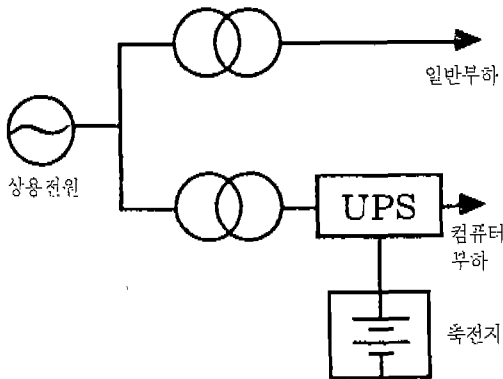
상용 전원 방식은 일반 부하와 컴퓨터 시스템과 같은 중요 부하에 대한 전원을 직접 상용 전원으로 공급하는 방식이다. 이 방식은 상용 전원의 전압을 사용 용도의 전압으로 낮추는 전압변환은 가능하지만 정전에 대비한 무정전 전원공급, 전압보상, 일정한 주파수를 유지하기 위한 주파수 변환이나, 주파수 변동에 대비한 주파수 보상은 불가능하다.

<그림 2>는 상용 전원 방식의 전원계통 구성도이다.

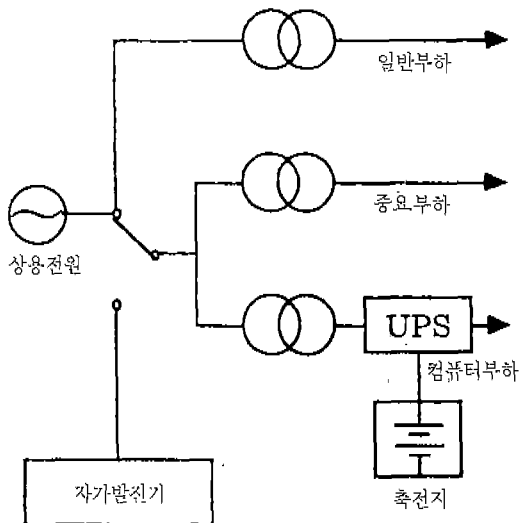
자동 전압조정 방식은 일반 부하에 대해서는 상용 전원을 직접 공급하도록 하며 컴퓨터 시스템과 같은 중요 부하에 대해서는 자동 전압조정기를 거쳐서 공급하도록 하는 것이다. 이 방식은 상용 전원의 입력 전압변동에 대하여 정전압 특성을 유지하면서 외부에서 들어오는 노이즈의 피해를 다소 완화시킬 수 있는 특징이 있다. 상용 전원의 전압변동에 따른 일정 출력전압을 유지하는 전압보상, 상용 전원의 전압을 사용 용도의 전압으로 바꾸기 위한 전압변환은 가능하지만 정전에 대비한 무정전 전원공급은 불가능하다. 또한 상용 전원의 주파수를 일정한 주파수로 유지하기 위한 주파수 변환, 주파수 변동에 대비한 주파수 보상은 불가능하다. <그림 3>은 자동 전압



<그림 3> 자동 전압 조정방식



<그림 4> 무정전 전원공급 시스템방식



<그림 5> 무정전 전원공급 시스템과 자가발전기 병용방식

조정 방식의 전원계통 구성도이다.

무정전 전원공급 시스템 방식은 일반 부하에 대해서 상용 전원을 직접 공급하도록 하고 컴퓨터 시스템과 같은 중요 부하는 무정전 전원공급 시스템으로 전원을 공급하도록 한 것이다. 이 방식은 상용전원의 입력 전압변동에 대하여 정전압 특성을 유지하면서 외부에서 들어오는 노이즈도 차단할 수 있다. 또한 상용 전원의 전압변동에 따른 일정 출력전압을 유지하는 전압보상, 상용 전원의 전압을 사용 용도의 전압으로 바꾸기 위한 전압변환이 가능하며 무정전 전원공급도 가능하게 된다. 또한 상용 전원의 주파수를 일정한 주파수로 유지하기 위한 주파수 변환, 주파수 변동에 대비한 주파수 보상도 가능하게 된다. 일반적으로 무정전 전원공급 시스템이라 하면 일정한 전압 및 주파수의 크기를 유지하면서 정전시에 무정전 전원공급이 가능한 것을 의미한다. <그림 4>는 이러한 무정전 전원공급 시스템 방식의 전원계통 구성도이다.

무정전 전원공급 시스템과 자가 발전기 병용방식은 상용 전원이 정전시에는 무정전 전원공급 방식처럼 축전지에 의하여 동작하도록 하고 그후 자가발전기를 운전시켜 정전이 장시간 계속 될 경우에 대비하도록 하기 위한 것이다. 이와 같은 방식은 수백 kVa 급에서 수천 kVa 급 대용량 무정전 전원이 필요한 경우에 채택되고 있다. 무정전 전원공급이 필요한 설비별로 무정전 전원공급 시스템을 한 단위로 하여 설치되는 경우가 많으나 앞으로 무정전 전원공급 수요가 증가하게 되고 장시간 정전에 대비하려면 배전계통과 상호 연결하여야 한다. <그림 5>는 이러한 자가 발전기와 병용한 경우의 구성도를 나타낸 것이다.

컴퓨터 시스템은 입력 전원전압의 변동이 정격값의 $\pm 10\%$ 를 넘으면 동작상 신뢰도를 보장할 수 없으므로 전압변동은 $\pm 8\sim 10\%$ 이상을 넘지 않도록 하고 있다. 또한 전원의 주파수도 대형 컴퓨터의 경우 $\pm \frac{1}{2}\text{HZ}$, 소형 컴퓨터의 경우 $\pm 3\text{HZ}$ 를 넘으면 컴퓨터 내에 저장된 데이터가 소멸되거나 동작이 안되는 경우도 있다. 특히 전원파형의 고주파 왜율은 5%이내

<표 1> 대형 컴퓨터에 필요한 전원특성

종 류	입력전원	전압변동	허용범위	주 파 수 변 동 허 용 범 위
	정 상 값	순 시 값		
A	220V ±10%	220V	+15% -18%	50HZ ±0.5HZ
B	220V ±2%	220V	±7%	50HZ ±0.5HZ
C	220V ±10%	220V	+15% -18%	50HZ ±0.5HZ
D	220V ±2%	208V	+5% -10%	50HZ ±0.5HZ
E	220V ±10%	200V	±10%	50HZ ±0.5HZ

를 유지하도록 하여야 한다. <표 1>은 컴퓨터 시스템들에 대한 전압변동 및 주파수변동 범위를 나타낸 것이다.

3. 무정전 전원공급 시스템의 구성

3.1 축전지 접속방식에 따른 구성방식

상용 전원의 정전시 전원용으로 축전지가 필요하며 이 축전지의 접속방식에 따라 다음과 같이 구분한다.

- 부동(浮動) 충전 방식
- 직류 다이리스터 스위치 방식

부동 충전 방식은 무정전 전원공급 시스템을 구성하는 요소부분인 정류기가 인버터에 직류전력을 공급하면서 동시에 축전지의 충전용으로 이용하도록 구성한 것이다. 부동 충전 방식은 다음과 같은 특징이 있다.

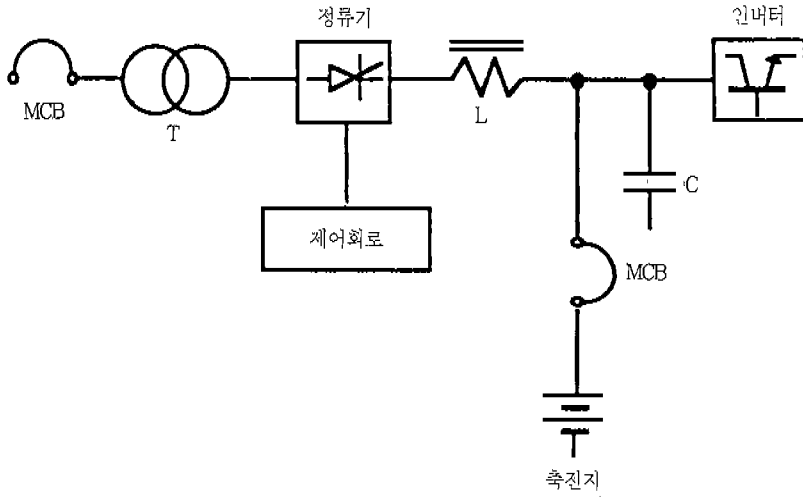
- 축전지가 항상 인버터에 접속되어 있기 때문에 교류입력 정전시 출력 무정전화에 대한 신뢰도가 높다.
- 정류기에 의하여 충전이 가능하므로 전용 충전기가 필요하지 않다.
- 정류기는 제어 소자가 있는 다이리스터와 같은

전력용 반도체 소자가 필요하다.

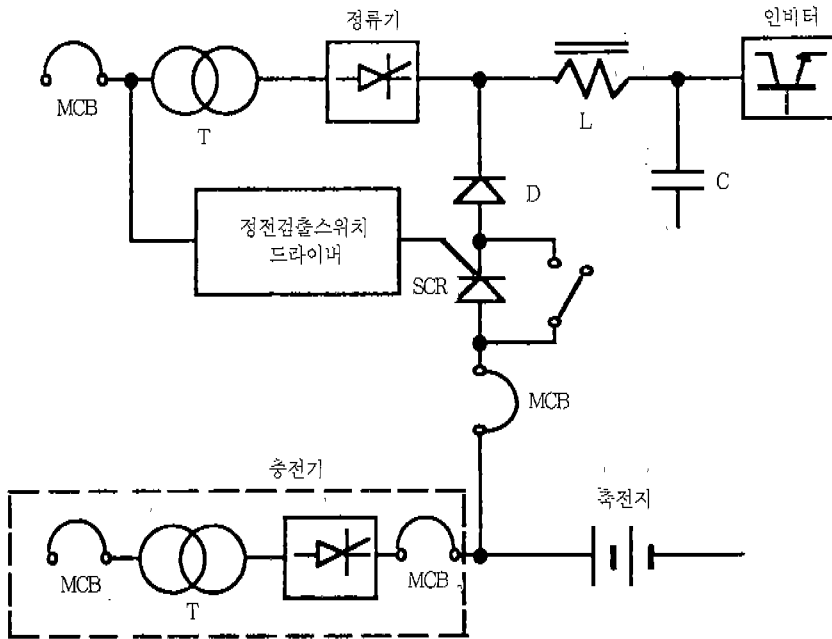
- 제어회로는 부동 균등한 전압제어가 이루어지도록 한다.
- 일반적으로 입력변압기가 필요하다.
- 축전지에 의한 부동 균등한 전압제어를 하여야 하므로 정류기 용량은 교류입력 용량만큼 충분히 커지게 된다.
- 통상 운전시 전압제어를 행하게 되므로 낮은 역률이 되어 입력역률이 나빠진다.
- 입력전류에 고주파 성분을 많이 함유하게 된다.

부동 충전 방식은 교류 입력전원측 설비용량이 증가하는 반면 비교적 시스템 구성이 간단한 특징을 갖고 있다. 따라서 구성이 간단한 중소용량 무정전 전원공급 시스템으로 적합하다. <그림 6>은 이 방식의 회로구성을 나타낸 것이다.

직류 다이리스터 스위치 방식은 무정전 전원공급 시스템을 구성하는 정류기가 인버터에 대한 직류전원 공급용으로만 사용되며 축전지에 대한 충전용으로 전용 충전기를 두는 것이다. <그림 7>은 직류 다이리스터 스위치 방식의 무정전 전원공급 시스템 회로구성을 나타낸다. 이 방식은 정상시에는 정류기에서 인버터에 직류전력을 공급하고 상용 전원이 정전시 전용 충전기에 의하여 충전된 축전지에서 인버터에 직류전력을 공급한다. 상용 전원이 정전이 발생



<그림 6> 부동 충전방식



<그림 7> 직류 다이리스터 스위치방식

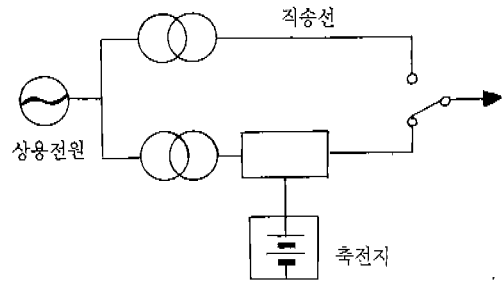
하면 정전검출회로가 동작하여 <그림 7>에서 SCR이 동작되고 축전지에 충전된 직류전력이 인버터에 공급된다. 정류기는 전압 제어기능을 갖고 있지 않으므로 다이오드에 의하여 구성되고 용량도 인버터에 직류전원 공급용량이면 충분하다. 직류 다이리스터 스위치 방식은 대용량 무정전 전원공급 시스템에 많이 채택되고 있다. 직류 다이리스터 스위치 방식의 특징은 다음과 같다.

- 정류기 용량은 인버터 용량에만 대응하면 되므로 비교적 경제적이다.
- 다이오드 정류방식으로 입력역률이 향상되고 입력전류에 고주파가 적게 함유된다.
- 제어회로는 정전검출과 직류 스위칭 구동에만 사용되므로 비교적 간단하다.
- 시스템 구성요소로 다이리스터, 다이오드, 전자 접촉기 및 직류 스위칭부가 필요하다.
- 정류기는 다이오드 정류기이므로 보통 입력 변압기가 필요하지 않다.
- 축전자 충전용 전용 충전기가 필요하다.
- 축전지가 직류 스위치를 통하여 인버터에 접속되므로 정전시 제어요소가 되어 부동 충전 방식에 비하여 신뢰성이 낮다.
- 정전시 직류전압이 크게 되면 출력 전압변동이 커지게 되는 경우가 있다.
- 다른 장치와 축전지를 공용으로 이용할 수 있다.

3.2 시스템 고장 대응 방법별 구성

무정전 전원공급 시스템은 상용 전원의 정전시 안전한 동작이 보장되어야 하므로 시스템의 동작 신뢰도가 높아야 한다. 무정전 전원공급 시스템의 동작 신뢰도는 그 시스템이 갖고 있는 고유 신뢰도와 사용 신뢰도로 구분되는데, 고유 신뢰도는 구성부품, 제작기술, 설계품질관리에 의하여 결정되고 사용 신뢰도는 시스템의 구성, 보수, 사용환경에 따라 달라진다.

무정전 전원이 필요한 부하에 대한 전원공급은 어



<그림 8> 상용 대식방식

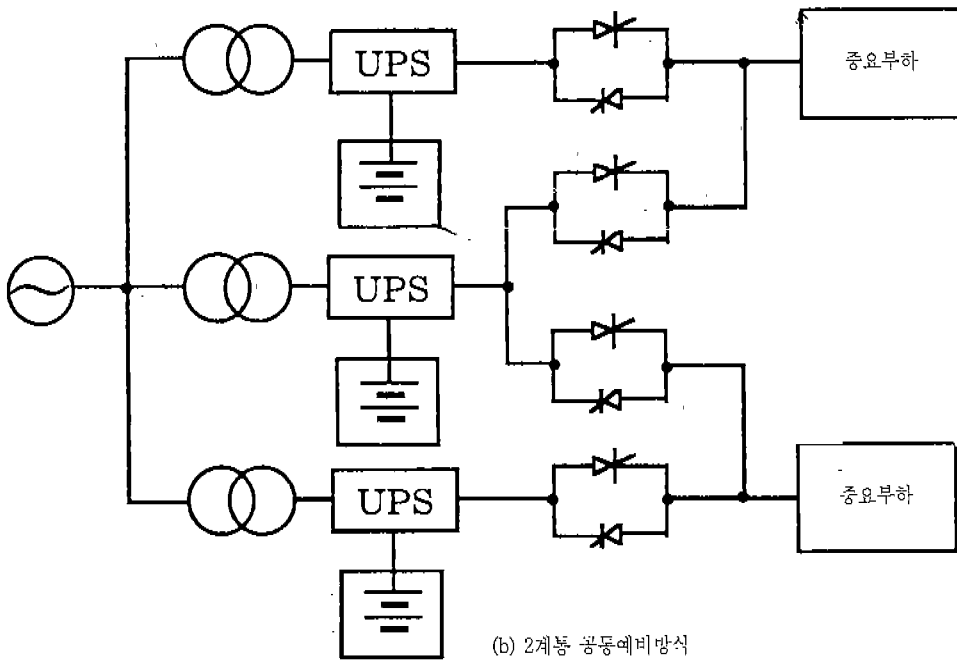
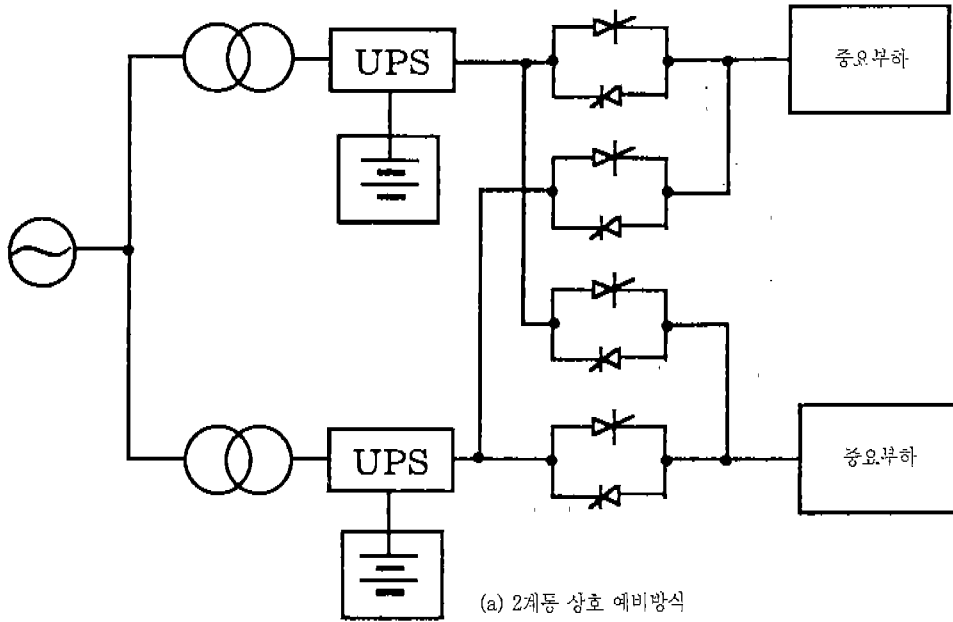
떠한 순간적인 전원공급 단절없이 계속 공급될 수 있어야 된다. 무정전 전원공급 시스템 자체의 고장에 대응한 시스템 구성방식은 다음과 같이 구분한다.

- 상용 대식(待式)방식
- 상용 동기 대식(待式)방식
- 동기 병렬(並列)방식

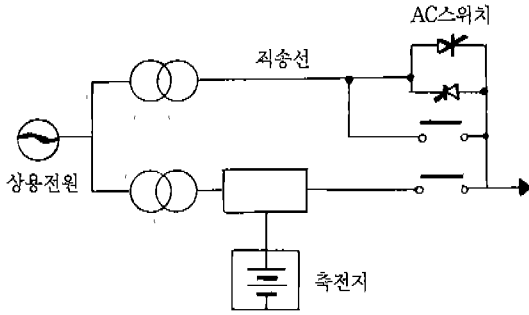
상용 대식방식은 정상시에는 무정전 전원공급 시스템을 구성하는 전력변환부인 인버터를 통하여 전력을 공급하고 인버터의 고장, 보수, 점검의 경우에는 상용 전력을 직송선을 통하여 부하에 공급한다. 이 방식은 정상시에 인버터에 의하여 전원공급을 행함으로써 부하의 특성에 따른 전압조정 및 전원측의 과도현상을 방지할 수 있는 특징이 있다. 충전기 기능을 갖는 정류기를 채택한 경우와 충전기와 정류기를 분리한 경우에 따라 무정전 전원공급 시스템의 시설 코스트도 달라지게 된다. <그림 8>은 상용 대식방식의 무정전 전원공급 시스템 구성도이다.

상용 대식방식에서 부하에 대한 전원공급을 절환하기 위한 스위칭 부분은 부하의 요구조건에 따라 달라진다. 인버터 고장의 경우 전원공급을 직송선으로 절환하는 절환 스위치로 전자 접촉기를 사용한 경우 약 100~200m/sec정도 순간적인 전원공급 단절이 일어난다. 이 정도의 전원공급 단절의 경우에도 지장이 없는 부하의 경우 전자 접촉기를 채택할 수 있다. 만약 이보다 절환시간이 더욱 짧아야 하는 부하의 경우에는 정지형 절환 스위치를 채택하여야 한다.

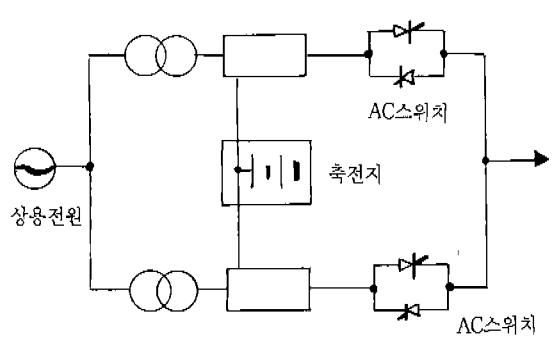
상용 동기 대식방식은 무정전 전원공급 시스템의



<그림 11> 2중화 무정전전원 공급시스템



<그림 9> 상용 동기 대신방식



<그림 10> 동기 병렬방식

인버터 출력전압, 출력주파수를 상용 전원의 출력전압, 출력주파수와 동기시켜 운전하도록 한다. 따라서 인버터에서 부하로 전력을 공급하고 절환시에는 무순계(無瞬繼) 절체할 수 있는 특징이 있다. <그림 9>는 이 방식의 구성도를 나타낸 것이다.

동기 병렬방식은 정상시에 복수대의 인버터로 병렬 운전하고 한 대의 인버터가 이상 또는 점검의 경우 이상이 있는 인버터를 즉시 분리시켜 고신뢰도의 무정전 전원공급이 가능한 방식이다. <그림 10>은 동기 병렬방식의 시스템 구성도를 나타낸 것이다.

고신뢰도의 무정전 전원공급이 필요할 경우는 <그림 10>에서 무정전 전원공급 시스템을 세 대까지 병렬로 결합한 경우가 있다. 이 경우 두 대를 연속 운전시키고 한 대는 대기상태에 있게 되는데 두 대중 한 대가 고장이 발생하면 한 대가 공급하며 두 대가 모두 고장이 발생하면 대기중인 한 대가 동작하는 것으로, 대단히 고신뢰성 전원이며 시설비용도 대단히 높아지게 된다. 병렬로 구성된 무정전 전원공급 시스템은 정류기, 축전지, 인버터들을 그대로 병렬로 구성하는 것이 되므로 그만큼 시설비용이 높아지는 반면 고장까지의 시간(MTBF : Mean Time Between Failure)은 단일 시스템이 40,000시간 정도이지만 약 2배까지 개선할 수 있는 효과가 기대된다. 이러한 고신뢰성 전원이 필요한 부하들은 다음과 같다.

- 고도의 정보통신 시스템
- 대형 컴퓨터 시스템
- 정밀계측 및 제어 시스템
- 방송용, 의료용, 정밀기계용

무정전 전원공급 시스템에서 정전보상시간은 5분에서 10분 정도를 채택하고 있는데 10분이상의 정전에 대비하여 축전지 용량을 약30분 정도까지 공급할 수 있도록 구성한 경우도 있다. 장시간의 정전보상에 대응하기 위하여 자가 발전기에 의하여 전원공급이 가능하도록 배전계통을 구성한 경우도 있다.

무정전 전원공급 시스템의 신뢰도를 높이기 위하여 시스템 구성을 2중화 하는 경우가 있다. 이러한 2중화 방식은 다음과 같이 나누어진다.

- 2계통 방식
- 2계통 상호 예비방식
- 2계통 공통 예비방식

2계통 방식은 중요 부하를 2계통으로 나누고 무정전 전원공급 시스템도 2계통으로 분할하여 2중화하는 방식이다. 2계통 상호 예비방식은 2계통으로 전원을 공급하다가 하나의 시스템이 고장이 발생하면 다른 시스템에서 전원이 공급하도록 구성한다. 2계통 공통 예비방식은 부하를 2계통으로 하되 각 전원에 공통 예비 시스템용으로 하나의 무정전 전원공급 시스템을 더 두는 방식이다. <그림 11>은 이러한 고신뢰성 2중화 시스템들의 계통 구성도이다. ㊦