

UPS 의 최적 시스템 구성

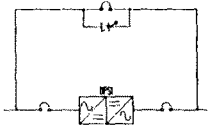
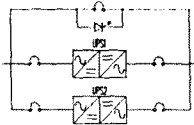
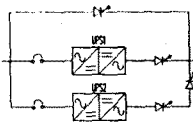
이화전기 기술담당이사 황 용 하
 한양대학교 전기공학과 교수 현 동 석

1. 개요

UPS(Uninterruptible Power Supply System)는 Computer System의 발전을 배경으로 전력소자와 인버터 회로의 병렬운전등과 같은 기술의 개량 또는 변형으로 비약적인 발전을 해왔으며 최근 Power Transistor 등 자기 소호형 소자를 채용한 UPS는 이 분야에 신뢰도 향상과 효율 향상등으로 새로운 전환점이 되고 있다. 또한 UPS 의 SYSTEM을 어떤 방식으로 구성하느냐에 따라 신뢰도가 크게 좌우된다. UPS의 신뢰도는 ON-LINE Computer의 신뢰도를 정하는 대단히 중요한 사항임은 두말할 필요가 없다. 따라서 UPS SYSTEM 선정용 최적의 SYSTEM 구성에 대해 서술하고자 한다.

2. UPS SYSTEM 선정

UPS SYSTEM 도입시 중,대용량에서는 병렬 REDUNDANT SYSTEM을 도입함으로써 최대의 신뢰성을 확보할 수 있다. 최적의 SYSTEM을 선정하기 위해 다음과 같은 방식을 비교 검토할 필요가 있다.

SYSTEM	SINGLE SYSTEM	병렬 REDUNDANT	ISOLATED REDUNDANT
검토사항			
구성도			
동작 방법	UPS에 100% 이상의 과부하 또는 고장 발생시 사용전원으로 절체된다.	평상시 부하를 50%씩 부담하고 있다가 1대가 고장이 발생되면 나머지 1대에 100% 부하가 걸리게 되고 나머지 1대마저 고장이 발생하면 상용 전원으로 절체된다. 과부하시(모터의 기동 또는 CONDENSER 부하 투입등) 200%까지는 UPS에서 정상 공급할 수 있으므로 과부하에 의해서 절체되는 일은 출력단락 이외에는 거의 발생지않고 정상적으로 운전되어 신뢰성을 극대화 시킬 수 있다.	평상시 UPS1이 100% 부하를 부담하고 있다가 고장이 발생되면 반도체 스위치에 의해 UPS2로 절체되고 UPS2가 고장이 발생되면 상용 전원으로 절체된다. 과부하(기동전류가 필요한 부하) 조건이 발생하면 상용전원으로 절체되어 100% 이상의 부하 조건에서는 UPS 동작은 불가능하므로 병렬 REDUNDANT 방식에 비해 신뢰도가 낮은 SYSTEM이다.
MTBF (신뢰성 확보 시간)	100,000 시간	320,000 시간	160,000 시간

3. UPS 용 정류기/충전기 방식의 선정

UPS용 정류장치는 중, 대용량(100 KVA 이상)인 경우 THYRISTOR 위상제어 6 PLUS 정류방식, 12 PLUS 정류방식을 택하여 제작한다. 그러나 THYRISTOR 위상제어를 하는 정류기는 전선 축으로 역류되는 고조파가 발생하게 되는데 6 PLUS 정류방식을 채택하느냐 12 PLUS 정류방식을 채택하느냐에 따라 전선축으로 역류되는 고조파 크기가 크게 달라진다.

각 방식에 따른 특성은 다음과 같다.

1) 6 PLUS 정류방식인 경우

6 PLUS 정류방식을 채택하는 정류기는 발생하는 역류고조파에 의해 수전전원 및 동입전원에 연결된 타장비에 악 영향을 주게된다. 특히 장시간 정전에 대비하여 비상발전기를 설치하게 되는데 발전기로 전환을 공급할 때 정류기에서 발생하는 고조파로 인해 발전기 AVR 계통에 HUNTING이 발생되고 발전기 COIL에 국부적인 열이 발생되어 실제 부하용량의 2.5 배 ~ 3 배의 발전기를 설치 해야하는등 고조파 영향에 대한 사전대비가 절대적으로 요구된다.

2) 12 PLUS 정류방식인 경우

12 PLUS 정류방식을 채택한 경우 발생하는 역류 고조파는 6 PLUS 정류방식의 1/3 이하로 발생되어 상기 문제점은 고려하지 않아도 되고 발전기 용량은 1 배 ~ 1.3배 용량으로 선정되어도 UPS 자체에 3 단계 전류제한 기능을 설치 하므로서 완전히 정상운전을 할 수 있다.

6 PLUS 정류방식과 12 PLUS 정류방식의 회로 및 역류 고조파 함유량은 다음과 같다.

	6 PLUS 방식	12 PLUS
회로구성		
역류 고조파 함유량	33 %	12 %

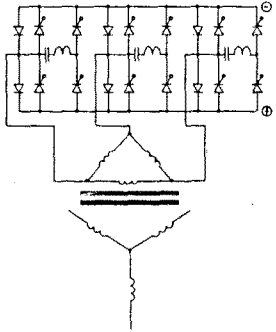
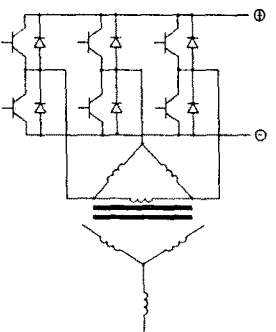
4. UPS용 인버터 방식의 선정

UPS용 인버터는 대용량의 경우 (200 KVA 이상) QUASI-SQUARE WAVE 방식, 12 STEP WAVE 방식 그리고 HYBRID WAVE 방식 등이 적용되고 있고 사용되는 소자는 THYRISTOR, POWER TRANSISTOR, GTO등이 적용되고 있으며 그 장단점을 비교하면 다음과 같다.

구성방식의 비교

회로방식	QUASI-SQUARE WAVE	12 STEP WAVE	HYBRID WAVE
비교항목			
인버터 출력 파형 (필터링 하지않은 상태)			
발생 고조파 차수	5, 7, 11, 13, ...	11, 13, 17 ...	11, 13, 17 ...
병렬 운전	가능	가능	불가능 (회로 임피던스 관계)
FILTER 임피던스	비타 (부하급변시 과도 특성불량)	비타 (부하급변시 과도특성 양호)	비타 (부하급변시 과도특성 양호)

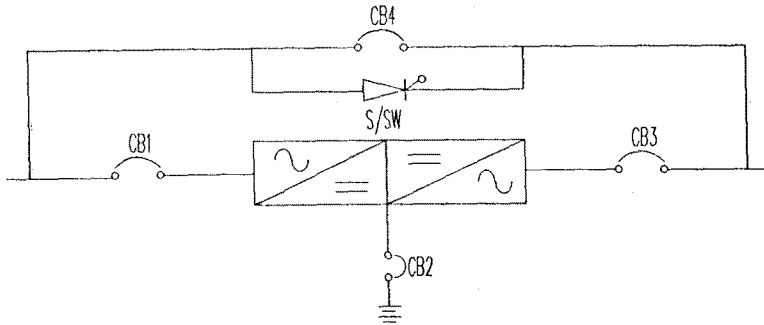
4.1 사용소자에 따른 비교

	THYRISTOR 방식	POWER TR, GTO
특징	THRISTOR를 TURN OFF 시키기 위한 보조회로가 필연적으로 필요하기 때문에 회로가 대단히 복잡하여 고장발생률이 많아 신뢰성이 낮다. P/TR, GTO등이 출현하기 이전인 70년대 주로 사용되던 소자임	THRISTOR의 결점이 보완된 자기소호형 소자로서 TURN OFF회로가 필요치 않고 80년대 이후부터 대부분의 인버터에 적용되고 있는 소자임
회로구성		
손실에 따른비교	THRISTOR를 TURN OFF 시키는 회로로 인하여 손실이 크게되어 SYSTEM 효율을 저하시키고 소음이 크다.	TURN OFF회로가 필요치 않기 때문에 손실이 적고 SYSTEM 효율상승 및 소음이 적다.

5. UPS STATIC SWITCH 방식

5.1. 정상운전

상용전원이 정류기/충전기에 인가되면 DC로 변환되어 축전지를 충전 시키면서 인버터에 공급되어 다시 정전압, 정주파수의 AC로 변환되어 부하에 공급된다. 정상운전시 UPS는 양질의 AC전력을 공급하면서 상용전원에서 유입되는 모든 전기적인 문제점을 제거시킨다.

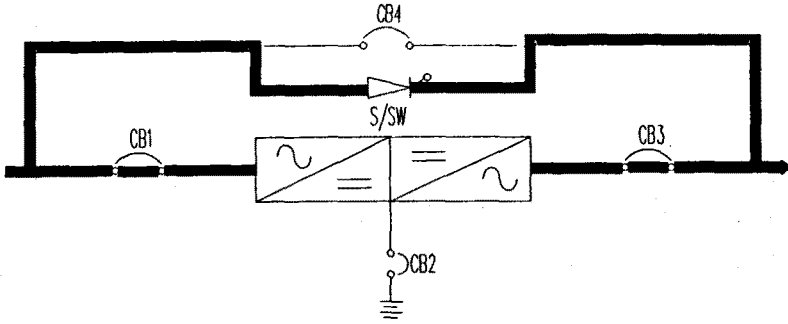


5.2. 상용전원으로 절체

파부하 또는 상용전원으로 절체될 조건이 발생했을 경우, 부하는 자동적으로 상용전원으로 무순단 절체된다. 이 절체조건은 CB3, CB4 그리고 STATIC SW로 전달되며 절체과정은 다음의 3단계로 구분된다.

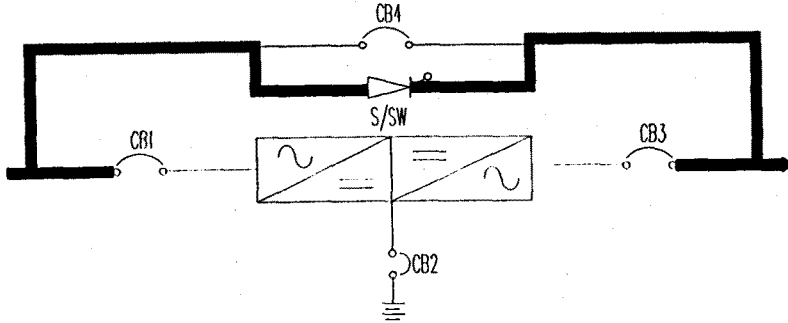
1) STATIC SW ON

STATIC SW는 반도체 소자로 구성되어 있고, GATE 신호를 받은 후 0.15 mSec 이내에 도통한다. 이때 부하는 UPS와 상용전원으로 동시급전을 받게 된다.



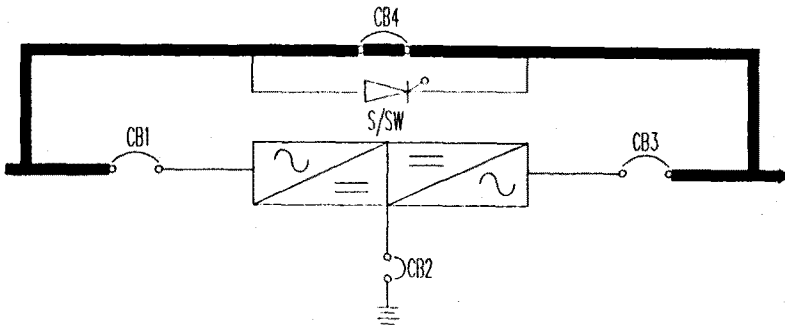
2) CB3 TRIP

CB3는 절체신호를 받으면 40 mSec ~ 50 mSec 후에 TRIP되며 이때 부하는 STATIC SW를 통해 상용전원으로 부터 급전을 받게된다.



3) CB4 ON

절체신호를 받으면 200 mSec 후에 MOTOR 구동에 의해 CB4가 ON 되고 부하 절체가 완료된다.



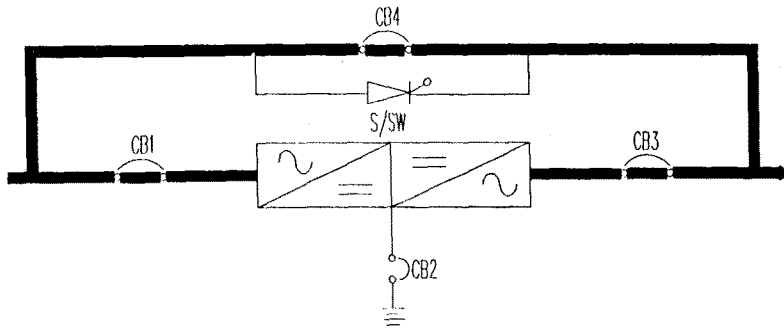
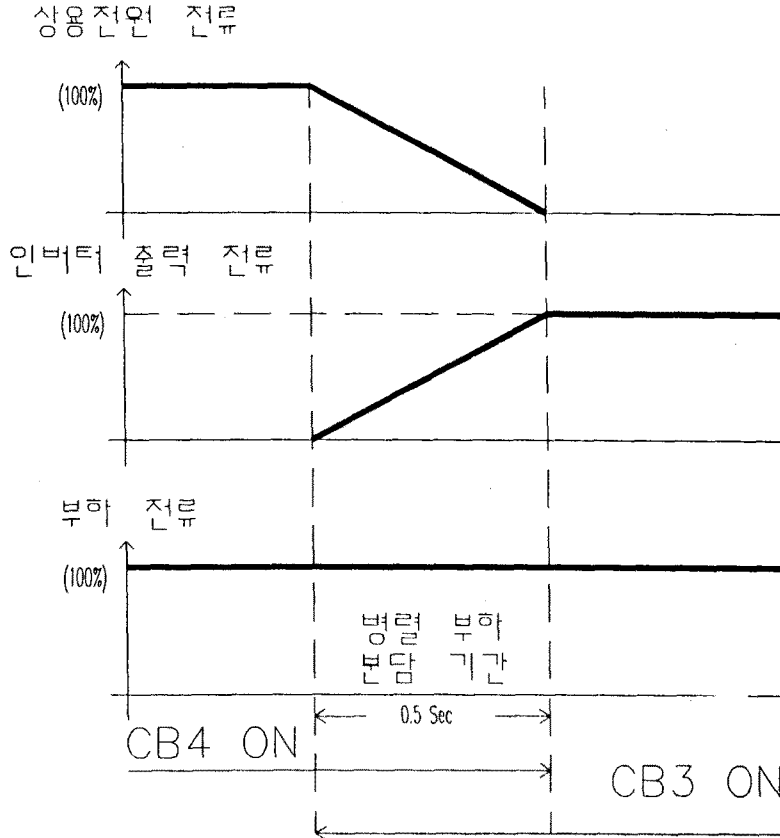
절체시 상기와 같은 3단계의 구분동작은 대전류 부하를 절체할 때 발생하는 과도현상을 방지하고 UPS와 부하가 받는 충격을 극소화 하여 신뢰성을 극대화 하기 위함이다.

5.3. 상용전원에서 인버터로 절체

과부하 해제 또는 인버터가 정상일 때, 상용전원에 의해 공급되던 부하 전력을 인버터로 자동 또는 수동으로 재절체 시킬 수 있으며 절체과정은 다음의 2 단계로 구분된다.

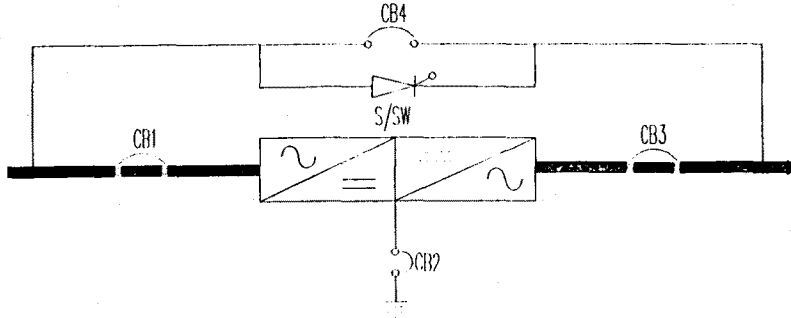
1) CB3 ON

CB4가 OFF 되어 있는 상태에서 CB3에 ON 신호가 가해진다. (MAKE BEFORE BREAKER 방식) CB3가 ON되면 상용전원과 동상이던 인버터 위상이 0 ~ 0.05 mSec의 범위내에서 서서히 진상으로 이동된다. 이때 따라 상용전원에 의해 공급되던 부하전력은 인버터 쪽으로 서서히 이동되어 접착시 발생하는 과도현상에 의한 전압강하를 극소화 시키고 100 % 부하상태에서도 전력 충격이 발생하지 않고 부드럽게 접착이 되어 신뢰성을 극대화 시킨다. 이와같은 동작은 0.5초 이내에 이루어 지며 그 과정을 그림으로 표시하면 다음과 같다.



2) CB4 OFF

인버터 쪽으로 부하가 이동되면 CB4가 OFF 되고 부하전력은 인버터에서 공급하게된다.



상기와 같이 STATIC SW를 사용하지 않고 기계적인 CIRCUIT BREAKER를 사용하여 MAKE BEFORE BREAKER 방식을 채택하여 절제하는 이유는 대전류를 절제할 때 부하측으로 파급되는 충격을 배제하여 신뢰성을 극대화 하기 위함이다.

6. UPS 용량선정

UPS 용량은 실부하 용량이상으로 선정하는 것은 물론이지만 부하율은 모든 전력공급기가 그러하듯이 부하율을 60 ~ 70 %로 선정하는 것이 바람직하다.

또한 부하의 기동 돌입전류(MOTOR 또는 CONDENSER 부하)가 있는 부하는 특히 고려할 필요가 있다.

따라서 다음의 사항을 고려하여 선정되어야 한다.

- 1) 부하용량을 충분히 만족할 것
- 2) 부하 기동시 UPS 출력 정격치를 초과하지 않을 것
- 3) 순차 기동을 할 경우 나중에 투입하는 부하의 기동 전류에 의해서 과부하 조건이 발생하지 않을 것
- 4) 장치 부하증설을 고려할 것
- 5) 가능한 MAKER의 표준 용량으로 선정할 것

SYSTEM 검토사항	SINGLE SYSTEM	병렬 REDUNDANT	ISOLATED REDUNDANT
효율성	SYSTEM 효율은 적절반도체 스위치가 없으므로 좋다.	어떤전력공급장비던 효율이 가장 좋은 부하율은 60% 부하인데 본 SYSTEM은 50 % 부하 조건이 되므로 최상의 효율을 확보할수 있으며 적절로 반도체 스위치를 사용하지 않기 때문에 신뢰성이 최상이 된다.	고장에 대비하여 접대적으로 반도체 스위치를 적절로 구성하여야 되므로 반도체 스위치에서 발생하는 손실 $P = I^2 R$ 에 의해 $P = (1100A)^2 * 0.02\Omega$ 약 20 KW의 손실이 발생되므 효율이 저하되고 이에따른 발열을 냉각 시키기 위한 FAN을 장착하여야 하는데 FAN의 신뢰도는 대단히 낮고 또한 반도체 스위치는 외부 SURGE 등에 약하기 때문에 파손의 우려가 많으므로 보완 대책이 각별히 필요함
절제시 부하에 파급되는 충격	없음 (절제회로 방식 참조)	없음 (절제 회로 방식 참조)	100% 부하를 급격히 전환하므로서 과도현상 발생 및 절제시 충격이 부하에 전달 됨

7. 대규모 UPS SYSTEM

대용량 UPS를 여러대 병렬운전하여 Computer등에 전력을 공급하는 System을 대규모 System이라고 하며 이런 System의 신뢰성을 극대화 시키기 위해 최근 System구성 동향은 UPS 병렬 대수를 부하용량 + 1 대(여유분) 즉 부하용량이 2000 KVA인 경우 단일 용량 750 KVA 3대 + 1 대 로 구성하고 동기접체 스위치는 다음의 2가지로 구성할 수 있다.

전체 전환방식	분기 전환방식
<p>장점 : 가격이 저렴하다. 단점 : 부하 측 1 Feeder의 사고로 전체 부하가 Bypass로 전환된다.</p>	<p>장점 : 사고 Feeder만 Bypass로 전환되어 타부하에는 UPS의 전력이 계속 공급되므로 신뢰성이 최상이다. 단점 : 가격이 고가로 된다.</p>

8. 축전지의 용량 선정과 계산

1. 축전지 용량은 방전전류 방전시간 허용되는 최저전압 (방전 중지전압) 축전지 액의 온도 등에 의해 결정된다.

1) 방전 전류의 계산

$$I = \frac{P \times 1000 \times Pf}{0.8 \times \eta \times n \times s} \times A$$

여기서 P : UPS의 출력 용량 (KVA)

Pf : 부하역률

0.8 : 방전 중지전압

n : 축전지의 직렬개수

s : 인버터 효율

2) 용량 계산

$$e = \frac{I}{L} \times K \times I \quad (AH)$$

여기서 K : 축전지의 종류, 액 온도, 중지전압 방전시간 등에 의해 결정되는 값으로 용량환산 시간이라고 부르며 축전지 제작회사에서 제출된 특성 CURVE로 읽는다.

I : 1) 항에서 계산된 방전전류

L : 축전지 보수율 (최근에는 통상 0.9로 한다.)