

UPS System 구성 및 동작원리

1. UPS 의 구성

UPS 는 대체로 다음과 같이 Battery, Converter, Inverter, Static Switch, Maintenance Bypass Switch 등 5 가지 요소로 구성되어 있다.

o Battery

AC 입력전원 정전시 Inverter 에 DC 전원을 공급해 주는 역할을 한다.

o Converter

AC 입력전원을 DC 로 변환하여, Battery 또는 Inverter 에 DC 전원을 공급해 주는 역할을 하며, Rectifier / Charger 라고 부르기도 한다.

o Inverter

Converter 또는 Battery로부터 DC 전원을 공급받아 정전압, 정주파수의 AC 전원으로 변환/ 부하에 공급해 주는 역할을 하며, 일반적으로 출력단에 변압기 및 Filter 와 조합하여 사용된다.

o Static Switch

Inverter Trouble 시, 부하의 오작동 및 가동정지를 막기 위해 대체전원으로 부하를 절체해 주는 역할을 한다.

o Maintenance Bypass Switch

UPS Trouble 로 인한 수리작업시 또는 점검작업시, 부하에 전원을 공급하기 위한 것이다.

2. UPS 의 종류

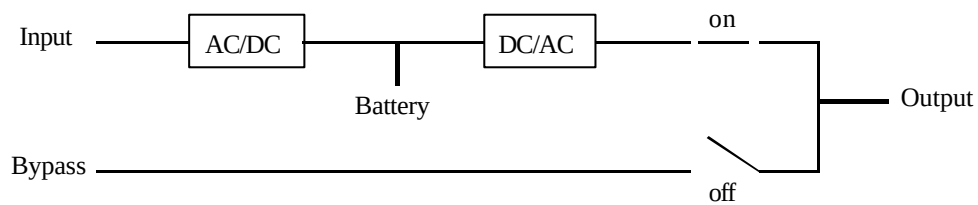
1) 용량에 따른 UPS 의 분류

UPS 는 100W 급 퍼스널 컴퓨터 단말기부터 수천 KVA 를 넘는 대규모 컴퓨터 시스템에 이르기까지 다양한 용도로 제작/사용되고 있으며, 일반적으로 용량에 따라 다음과 같이 분류하고 있다

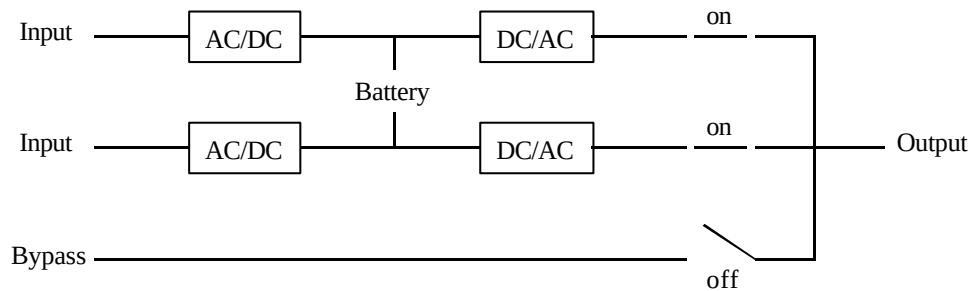
- o 소용량 UPS : 10KVA 미만
- o 중용량 UPS : 10KVA 이상 100KVA 미만
- o 대용량 UPS : 100KVA 이상

2) System 구성방법에 따른 UPS 의 분류

Single UPS



Parallel UPS



Hot Standby UPS

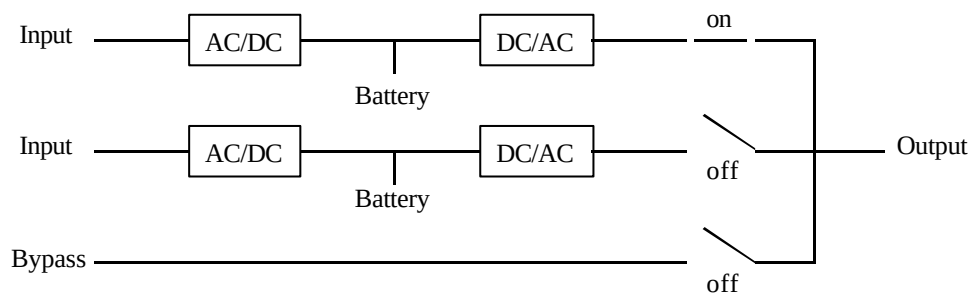


그림 2-1. System 구성에 따른 UPS 종류

UPS 는 System 구성방법에 따라 1 대의 UPS 만으로 이루어져 운전되는 Single System 과 2 대이상의 UPS 로 이루어진 Dual System 으로 분류할 수 있다. (그림 2-1. 참조)

Dual System 은 다시 Static Switch 구성방법에 따라 Parallel System, Hot Stand-by System 으로 분류되며, 각각에 대해 특성을 비교해 보면 표 2-1 과 같다.

표 2-1. Parallel System 과 Hot Stand-by System 의 비교

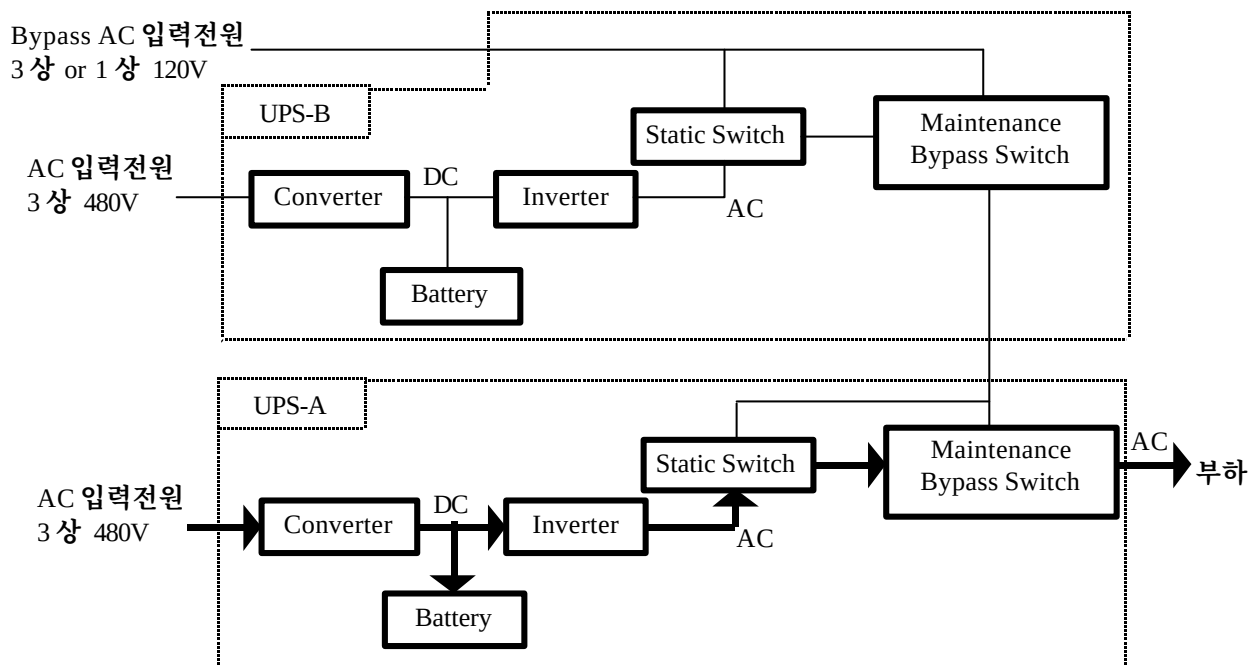
구 분	Parallel System	Hot Stand-by System
System 구성/운전	2 대이상의 UPS 가 출력단이 서로 Common 되어 부하를 분담하고 있으며, 1 대가 고장시에는 나머지 1 대가 전부하를 담당하게 되어 있음. 최고 6 대까지 Parallel 로 연결이 가능함.	1 대의 UPS 가 전부하를 담당하고 있으며, 나머지 1 대는 Bypass 입력측에 연결되어 무부하상태로 운전되고 있음. 부하를 담당하고 있는 UPS 고장시에는 무부하상태로 운전 중인 UPS 가 부하를 담당하게 됨.
과부하 운전	2 대이상의 UPS 가 병렬운전되므로 운전중 부하량이 1 대의 정격용량을 초과해도 운전 중에 문제가 없음.	부하량이 1 대의 정격용량을 초과시에는 Stand-by UPS 까지 Bypass 전원으로 절체됨.
UPS 간 상호절체시 부하변동	50% ⇒ 100%로 부하가 변동됨. (2 대의 UPS 가 병렬운전시)	0% ⇒ 100% 로 부하가 변동됨.
UPS 내부 사고시 동작	출력단이 서로 연결되어 있으므로 다른 UPS 에서 사고 UPS 로 사고전류를 공급하게 되며, 이로 인해 전 UPS 가 모두 소손될 수 있음.	Hot Stand-by UPS 가 부하에 전원을 공급함.

3. 운전조건에 따른 UPS System Operation

일반적으로 많이 사용되고 있는 Hot Stand-by 방식의 Dual UPS System 을 대상으로 각 운전조건에 따른 Operation 상태를 설명해보면 다음과 같다

1) 정상운전시

각 UPS 에서 Converter 는 3 상 480V AC 입력전원을 받아 Battery 충전 및 Inverter 운전에 필요한 DC 전원으로 변환시키며, Inverter 에 의해 변환된 정전압, 정주파수의 AC 출력전원은 Static Switch 및 Maintenance Bypass Switch 를 통해 부하측으로 공급된다.



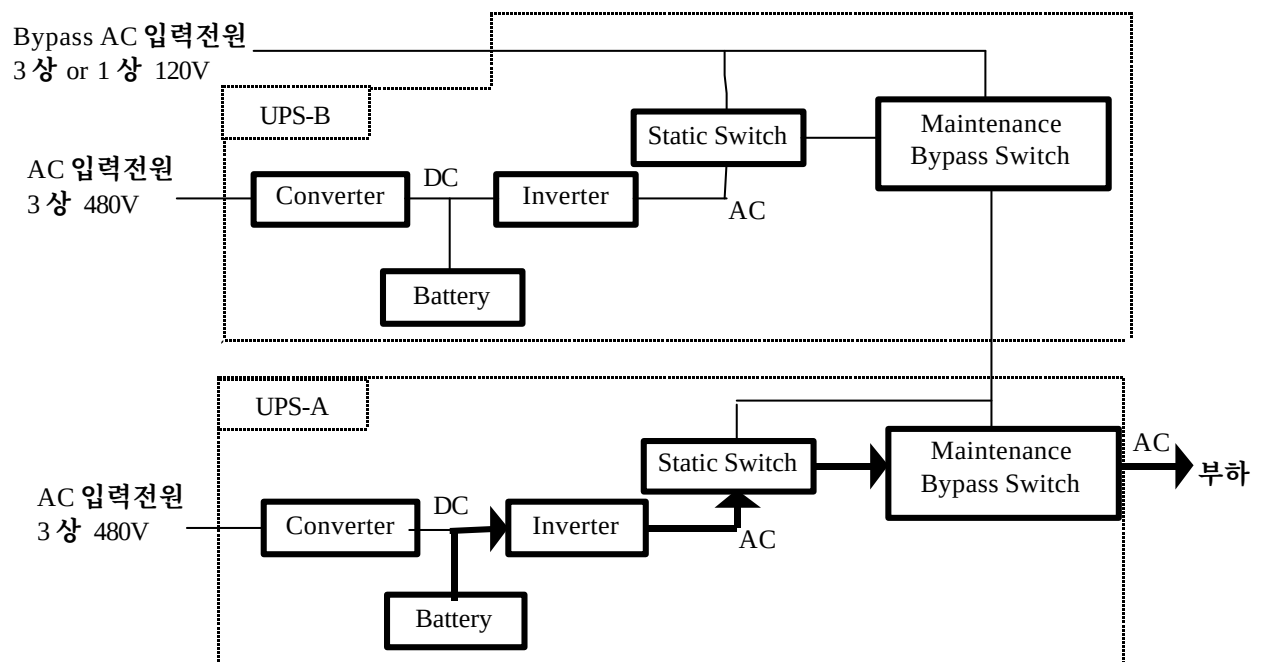
UPS-A 와 UPS-B 는 상기 그림과 같이 Maintenance Bypass Switch 를 통해 서로 연결되어 있으며, 정상운전시에는 UPS-A 를 통해 부하에 전원이 공급되며, UPS-B 는 무부하상태로 운전된다.

즉, UPS-B 의 AC 출력전원이 UPS-A 의 Bypass 입력전원으로 공급되며, UPS-A 의 Static Switch 및 Maintenance Bypass Switch 에서 부하 및 UPS-A 의 출력전원과 끊어진 상태로 운전되는데 이를 “Hot Stand-by” 상태라고 하며 이러한 UPS System 을 “Hot Stand-by System” 이라고 한다.

2) AC 입력전원 정전시

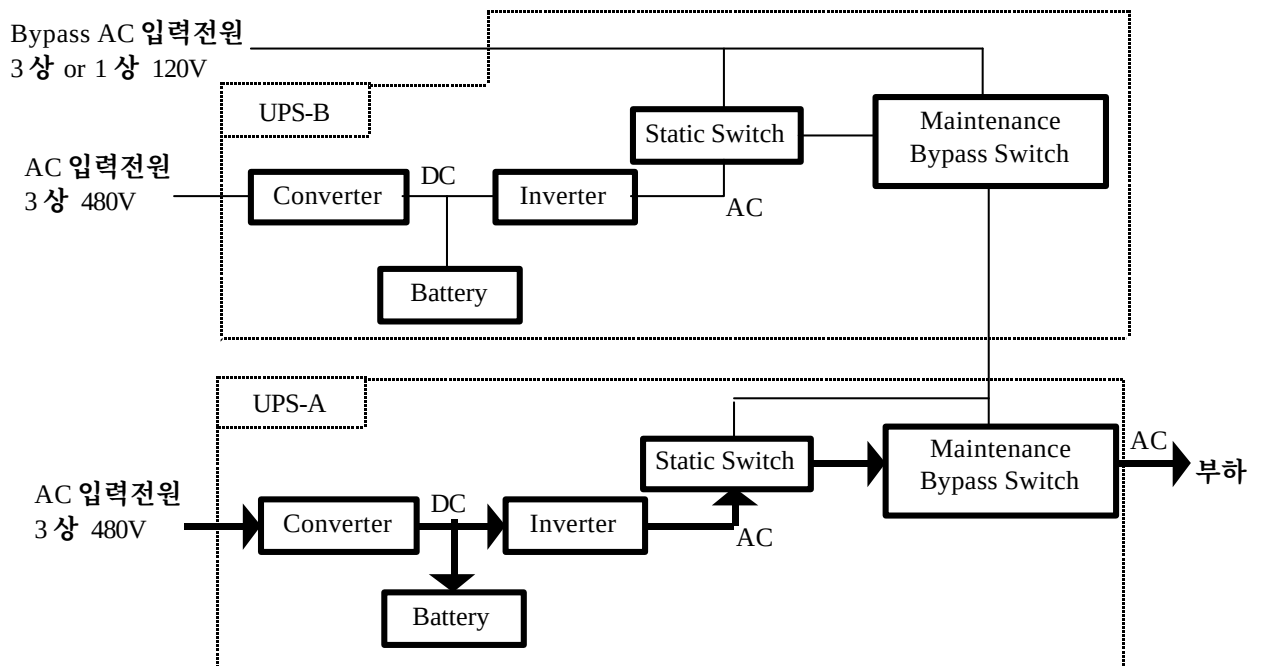
Converter 에 공급되는 AC 입력전원의 정전 또는 순간적인 전압강하시에는 다음 그림과 같이 Inverter 의 전원을 Battery 방전 허용시간(UPS 정격 부하에 대해 30 분간 전원공급 가능) 동안 Battery로부터 공급받아 부하에 무순단으로 안정된 전원을 공급하게 된다

만약, Hot Stand-by 설비인 UPS-B 의 입력전원도 정전이 되었다면 UPS-B 의 Battery가 방전되면서 Inverter 가 무부하 운전을 하게 된다.



3) AC 입력전원 복전시

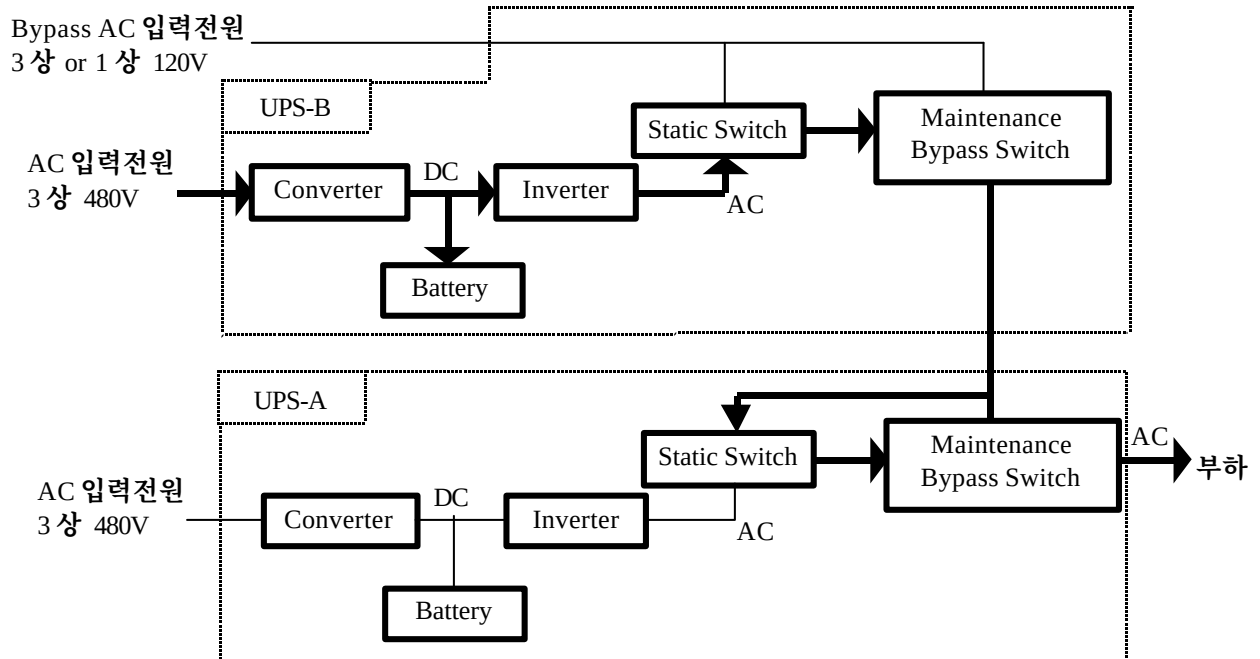
정전되었던 AC 입력전원이 복전되면 Battery로부터의 전력공급은 중단되고, Converter는 방전된 Battery를 재충전시키며, Inverter에 직류전원을 공급하여 부하에 무순단으로 안정된 전원을 공급하게 된다.



4) Bypass 절체시

Converter 또는 Inverter에 고장이 발생하거나 AC 입력전원 정전후 Battery방전이 끝나면 Static Switch에 무순단으로 Bypass AC 입력전원으로 자동절체되며, Inverter ↔ Bypass 간에는 수동으로 무순단 절체가 가능하다.

다음 그림과 같이 Hot Stand-by System의 경우에는 UPS-A가 고장시 UPS-B로 무순단 절체가 이루어지며, UPS-B가 고장시에는 UPS-B만 Bypass 전원으로 절체되고 UPS-A는 부하에 전원을 계속 공급할 수 있다.

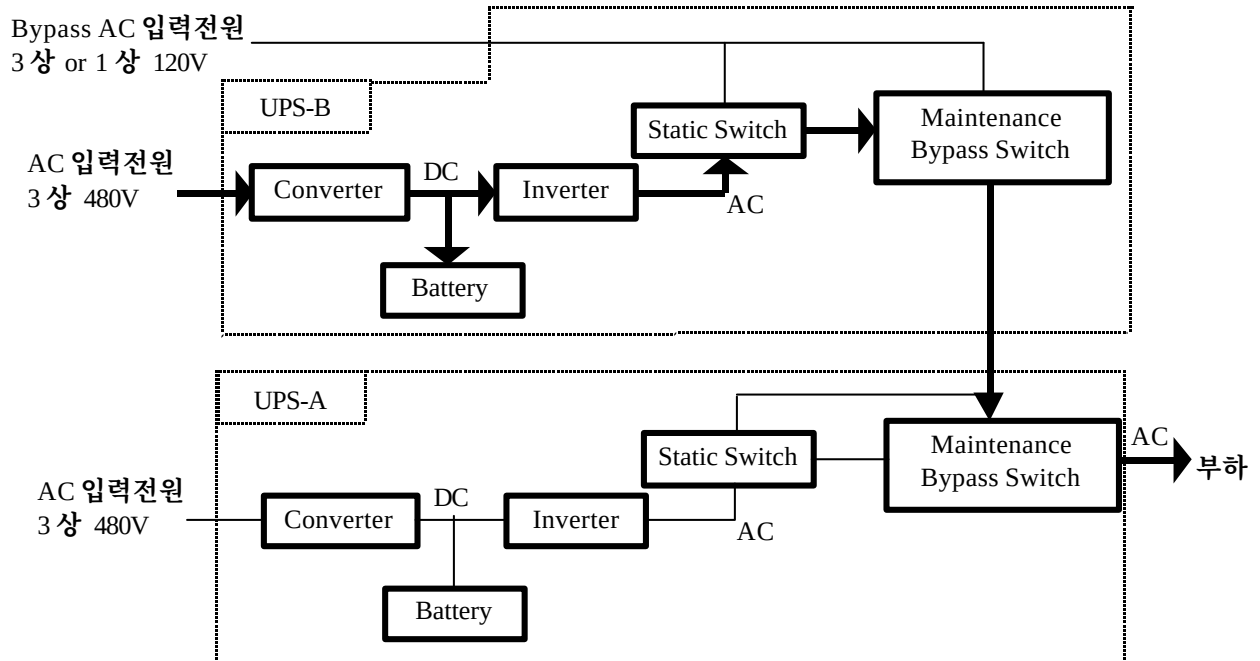


5) Maintenance Bypass 로 절체시

UPS 고장수리 또는 점검시에는 Maintenance Bypass Switch를 통해 부하에 전원을 공급할 수 있으며, 이 경우에는 Maintenance Bypass Switch에 연결된 Bypass AC 입력전원이 공급된다.

다음 그림과 같이 Hot Stand-by System인 경우에는 UPS-A 및 UPS-B 각각에 대해 Maintenance Bypass Switch가 설치되어 있으므로 UPS-A를 Maintenance Bypass로 절체하면 UPS-B의 Single System으로서 부하에 전원을 공급하게 되고, UPS-B를 Maintenance Bypass로 절체하면 UPS-A가 Single System으로 운전되는 상태가 된다.

단, Maintenance Bypass Switch조작은 반드시 해당 UPS의 Static Switch를 Bypass로 절체한 후 행하여야 하며, Static Switch가 Inverter 상태로 운전중에 조작할 경우 비동기상태에서 절체가 이루어질 수 있고 이로 인해 부하가 S/D 될 수 있으므로 주의해야 한다.



4. 구성요소별 특징 및 동작원리

1) Converter (Rectifier/Charger)

Converter 는 3 상 AC 입력전원을 DC 로 변환시키는 장치로서, 6 개의 SCR 또는 3 개의 SCR 과 3 개의 Diode 로 구성되어 있으며, 이는 ‘Phase Controller’, ‘DC Regulator’ 등의 Control PCB 에 의해 Control 된다. (그림 4-1 참조)

DC 전압의 크기는 그림 4-2 와 같이 SCR 의 Gate Firing 각도로서 조정된다. 3 상 AC 480V 가 동일하게 입력되어도 제작사에 따라 Converter 의 출력은 DC 135V, DC 230V, DC 405V, 그리고 DC540V 등 다를 수 있다.

이렇게 AC 로부터 변환된 DC 는 그림 4-3 과 같이 Ripple 을 많이 함유하고 있으므로 이의 제거를 위해 DC Filter 가 설치된다.(그림 4-1 참조)

Converter 의 경우, SCR 및 입력전원단의 보호를 위해 3 개의 Power Fuse 가 설치되어 있으며, Cable 의 오결선으로 인해 3 상 AC 입력전원의

상회전이 바뀐 경우에는 대부분 Converter System 이 동작하지 못하도록 되어 있으나 경우에 따라서는 이 때에도 Converter 의 동작에 문제가 없도록 제작되어 있을 수 있다

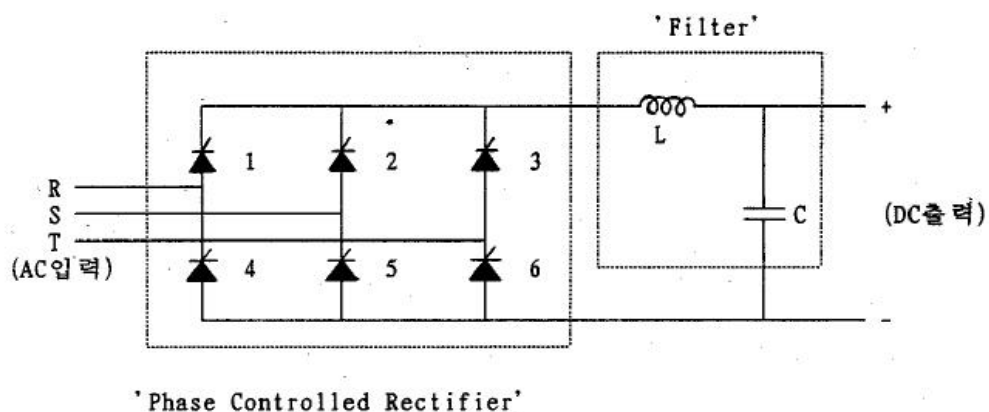


그림 4-1. Converter Circuit



그림 4-2. SCR Gate Firing 각도에 따른 Converter 출력파형

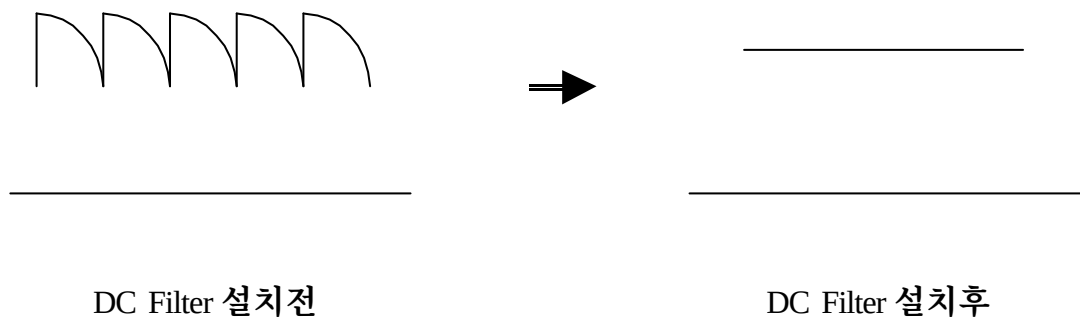


그림 4-3. DC Filter 설치전·후의 Converter 출력파형

AC 입력전원을 DC 로 변환하는 원리를 간단히 기술하면 다음과 같다.

가. 입력파형 - 출력파형

그림 4-4 와 같이 입력측에 $\pm$ 교류전원이 인가되면 방향성의 반도체 (SCR)에 의해 부하측에는 +방향의 직류전원이 인가된다.

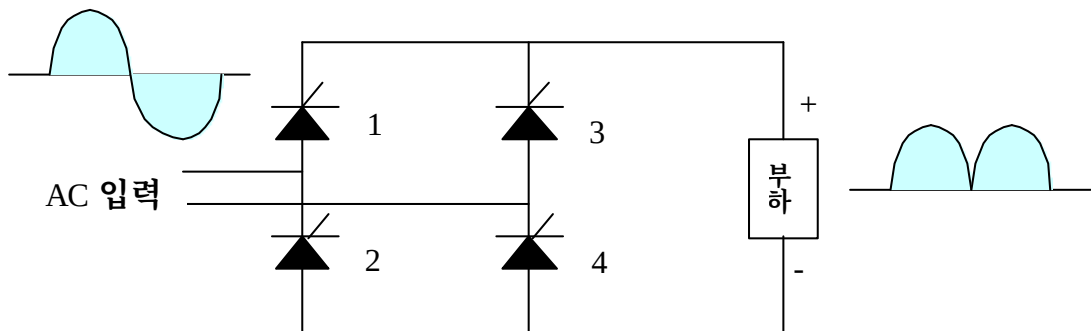


그림 4-4. 단상 전파정류회로

나. 입력 : +반파형

입력전원의 +반파형에 대해서는 SCR 1,4 번이 On 되고 SCR 2,3 번은 Off 되며, 전류는 그림 4-5 와 같이 SCR 1,4 번을 통해 흐르게 되고 부하측에는 +방향의 직류전원이 인가된다.

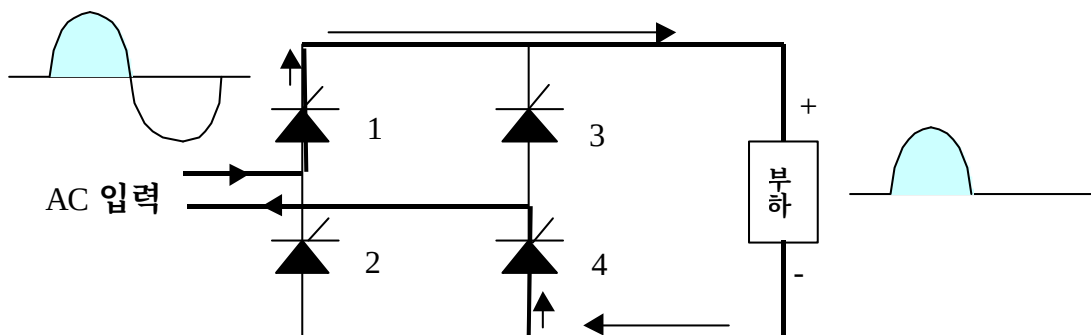


그림 4-5. +반파형 입력에 대한 정류회로 동작

다. 입력 : - 반파형

입력전원의 -반파형에 대해서는 SCR 2,3 번은 On 되고, SCR 1,4 번은 Off 되며, 전류는 그림 4-6 과 같이 SCR 3,2 번을 통해 흐르게 되고 부하측에는 +방향의 직류전원이 인가된다.

2) Battery

전력을 충전시켜 두었다가 입력전원의 Trouble 시 방전하는 장치로서 보통 UPS 정격전류에서 30 분간 Back-up 이 가능하도록 설계되며 UPS 용량에 따라 Battery AH 가 결정되고, DC 전압에 따라 수량이 결정된다.

Battery 의 종류는 산성 Battery, 알칼리 Battery 로 대별되며 당사의 경우 무보수 밀폐형 산성 Battery 를 주로 사용하고 있다.

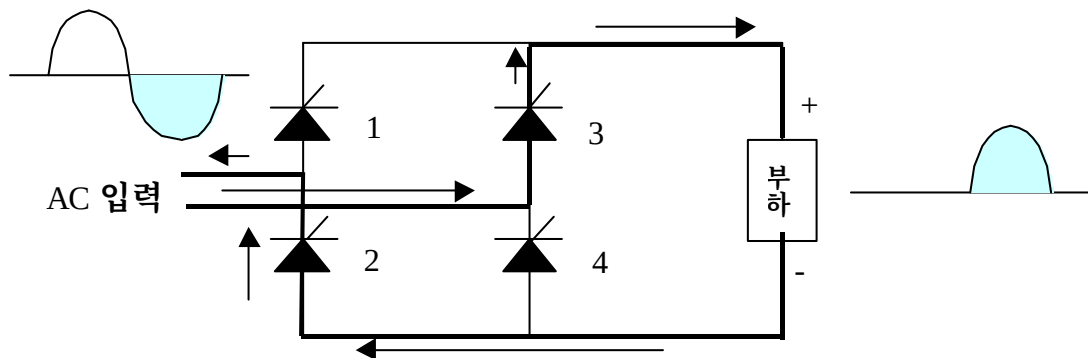


그림 4-6. -반파형 입력에 대한 정류회로 동작

3) Inverter

DC 전원을 부하에 필요한 정전압/정주파수의 AC 로 만들기 위해 구형파를 발생시키는 장치로서, 제작사에 따라 SCR, Transistor, IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor), GTO(Gate Turn Off SCR) 등 다양한 소자를 사용하여 System 을 구성하고 있으며, 보통 4 개의 소자로 구성되어 있고, Inverter 출력이 3 상 AC 인 경우에는 12 개의 소자가 사용된다.(그림 4-7 참조)

또, Inverter 출력전압의 크기는 이들 소자의 구동시점 및 시간 제어에 의해 조정되는데, 출력이 3 상인 경우에는 각 상별로 120 도의 위상차를 두고 소자를 구동시키며 이를 위해 별도의 Control PCB 가 설치되어 있다. SCR 을 사용하는 경우에는 도통된 SCR 을 Off 시켜 주기 위한 회로(보통 L 과 C 로써 구성되며 Commutation Circuit(轉流回路)라고 함.) 가 추가로 필요하다.

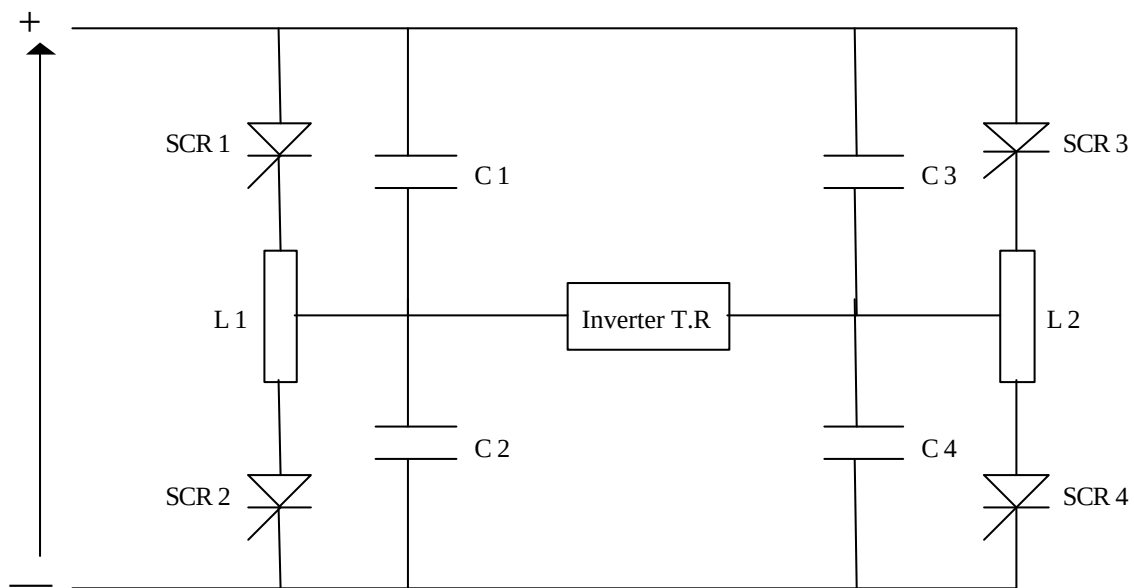


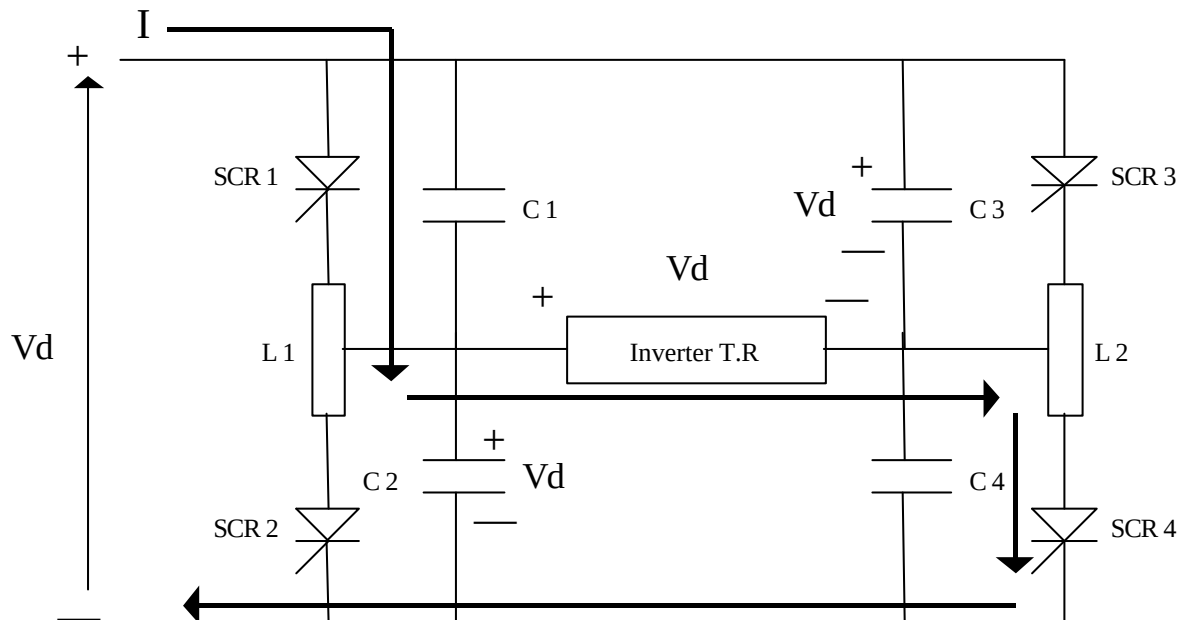
그림 4-7. 1 상 Inverter 회로

SCR 을 사용하는 Inverter 의 동작순서를 간단히 기술하면 다음과 같다.

가. SCR 1 On, SCR 2 Off, SCR 3 Off, SCR 4 On

SCR 1,4 를 On 시키면, 전류는 그림 4-8 (a)와 같이 흐르게 되고, Inverter T.R 에는 $+V_d$ 의 전압이 인가되며 Inverter 출력파형은 그림 4-8 (b)와 같이 된다. 또한, 이와 동시에 Capacitor C2, C3 는 V_d 로 충전된다.

이때, SCR 2 를 On 시키면, 순간적으로 Capacitor C2 는 그림 4-9 (a)와 같이 방전되며, Choke L1 에는 Capacitor C2 의 충전전압 V_d 가 인가되어 SCR 1 의 Cathode 단자에는 $2V_d$ 의 전압이 인가된다.



(a)



(b)

그림 4-8. SCR 1,4 On 시 1 상 Inverter 회로의 동작 및 출력파형

따라서, SCR 1 은 역전압 V_d 에 의해 Off 되게 된다.

SCR 4 의 경우도, 동일한 Mechanism 에 의해 Off 되며, 결국, Inverter T.R 에는 그림 4-9 (b)와 같이 0V 가 인가되게 된다.

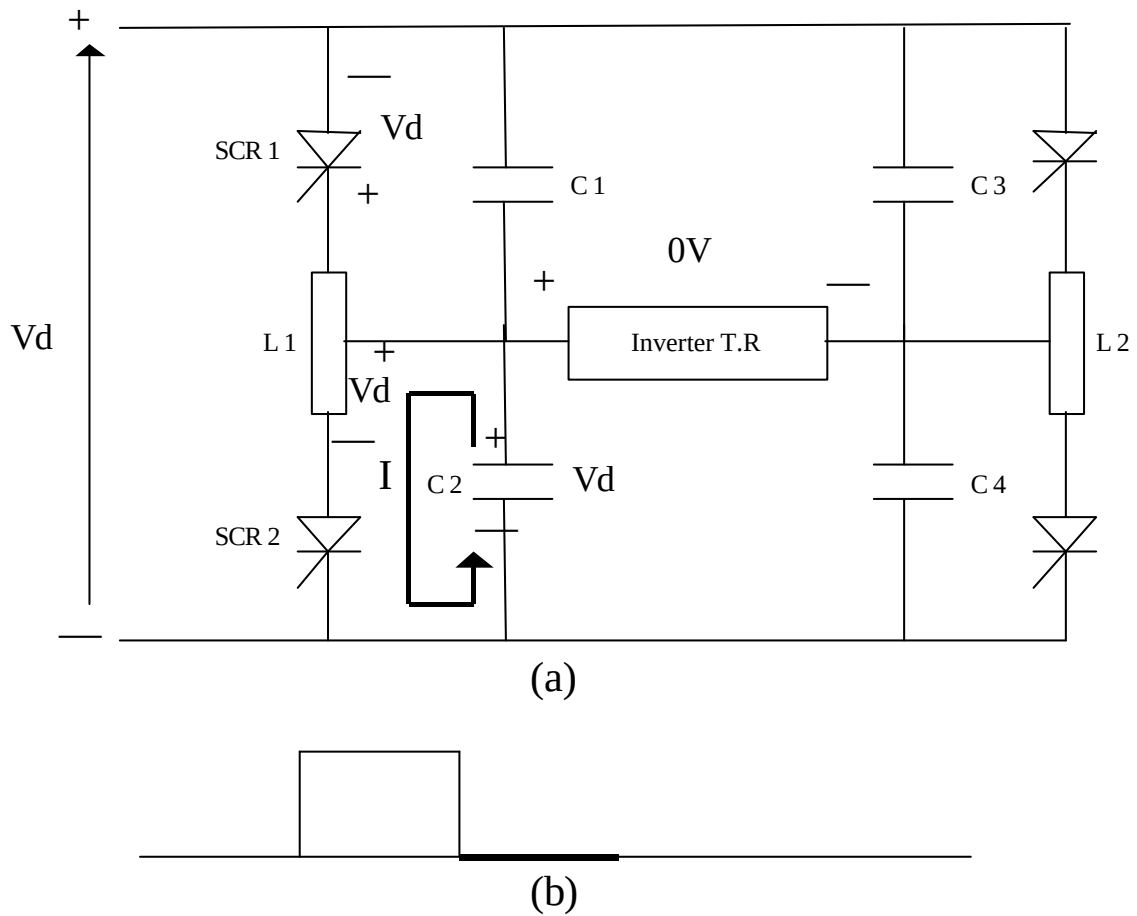
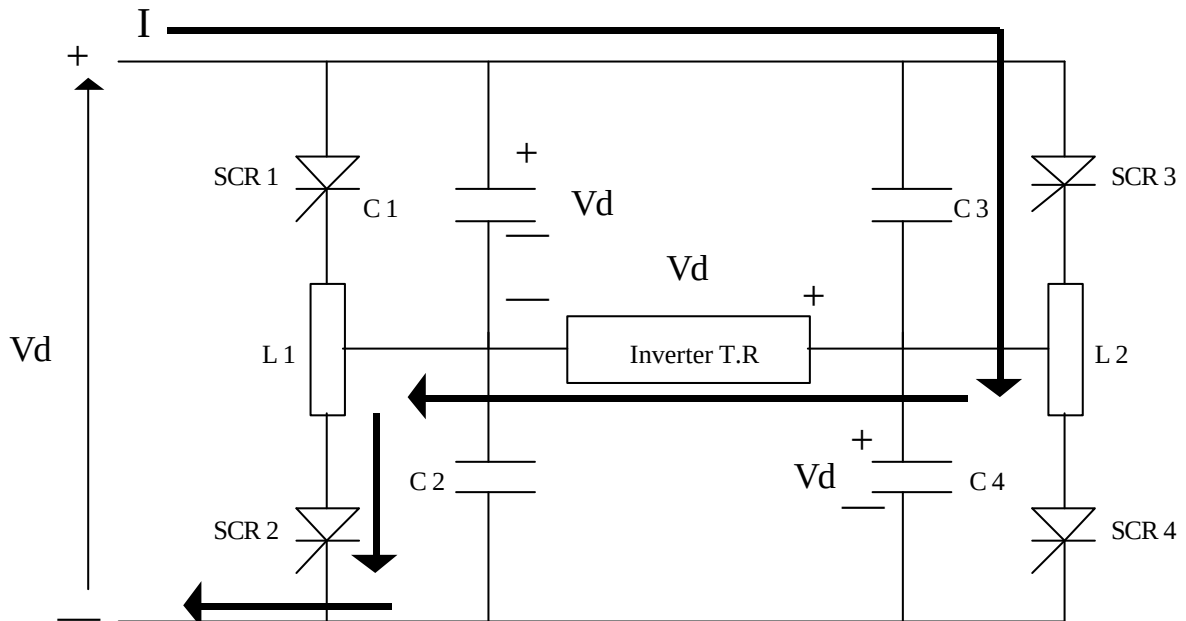


그림 4-9. SCR 1 Off Mechanism 및 SCR 1,4 Off 시 출력파형

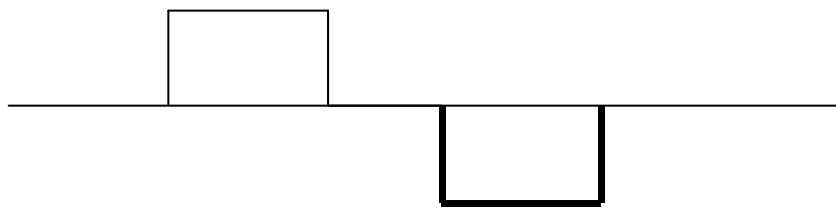
나. SCR 1 Off, SCR 2 On, SCR 3 On, SCR 4 Off

SCR 2,3 를 On 시키면, 전류는 그림 4-10 (a)와 같이 흐르게 되고, Inverter T.R 에는 $-V_d$ 의 전압이 인가되며 Inverter 출력파형은 그림 4-10 (b)와 같이 된다. 또한, 이와 동시에 Capacitor C_2 , C_3 는 V_d 로 충전된다.

이때, SCR 4를 On 시키면, 순간적으로 Capacitor C_4 는 그림 4-11 (a)와 같이 방전되며, Choke L_2 에는 Capacitor C_4 의 충전전압 V_d 가 인가되어 SCR 3 의 Cathode 단자에는 $2V_d$ 의 전압이 인가된다. 따라서, SCR 3 는 역전압 V_d 에 의해 Off 되게 된다. SCR 2 의 경우도, 동일한 Mechanism 에 의해 Off 되며, 결국, Inverter T.R 에는 그림 4-11 (b)와 같이 0V 가 인가되게 된다.



(a)



(b)

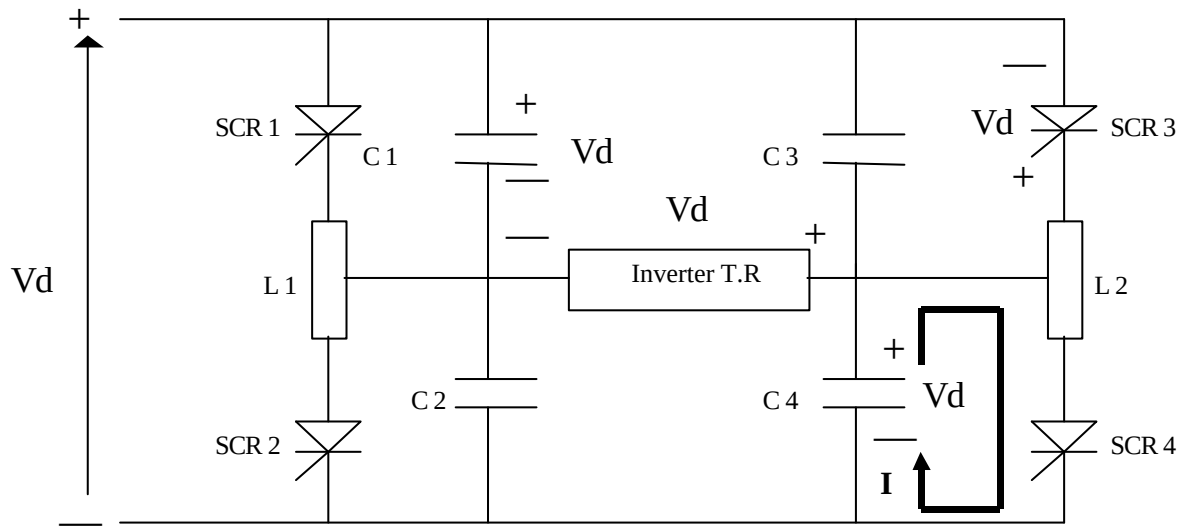
그림 4-10. SCR 2,3 On 시 1 상 Inverter 회로의 동작 및 출력파형

4) Output Filter

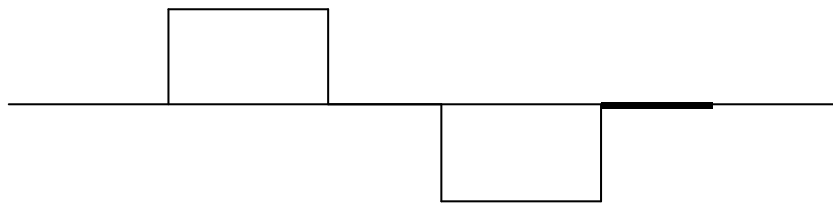
Inverter 의 AC 출력은 많은 고조파를 함유하므로 이를 제거하기 위해 Inverter 출력단에 Filter 를 설치한다.

일반적으로, Inverter 출력에는 제 3, 5, 7고조파가 주로 많이 함유되어 있는데, 이중 제 3 고조파는 주로 Inverter T.R 을 Zig-zag 로 결선하거나, Inverter 를 PWM (Pulse Width Modulation) 제어함으로써 제거하며 제 5, 7 고조파는 별도로 L - C Filter 를 추가로 설치하여 제거한다.

그림 4-12 는 제 5, 7 고조파 제거용 Output Filter 의 예를 든 것이다.

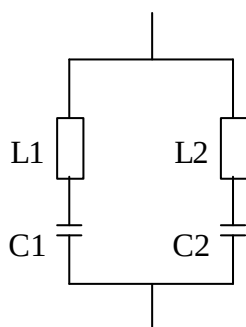


(a)



(b)

그림 4-11. SCR 3 Off Mechanism 및 SCR 2,3 Off 시 출력파형



L1, C1 : 제 5 고조파 제거
L2, C2 : 제 7 고조파 제거

$$F_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

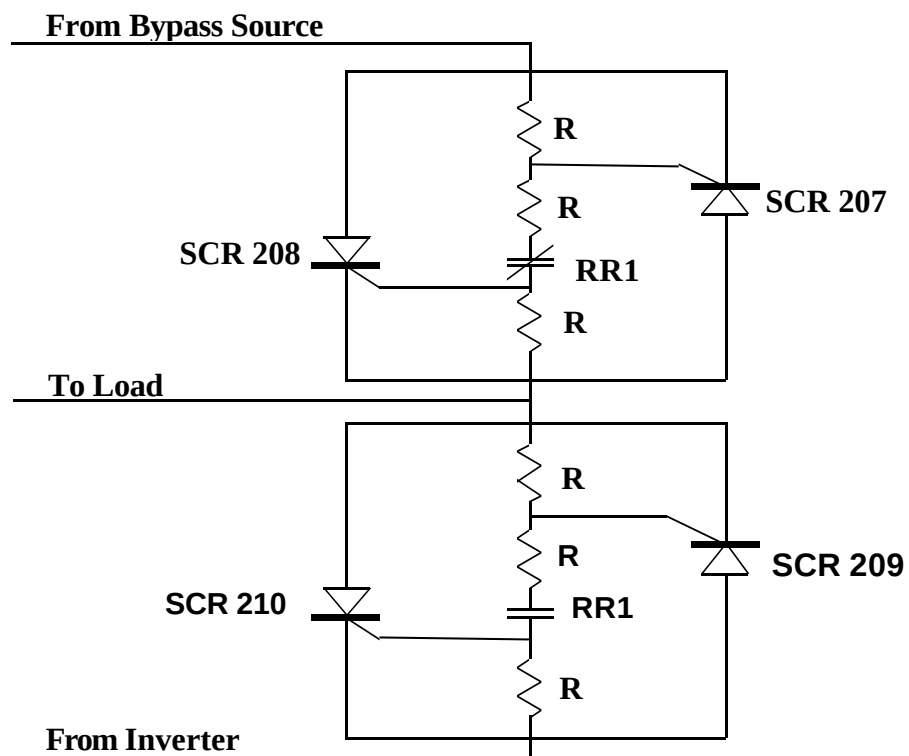
그림 4-12. Output Filter

5) Static Switch

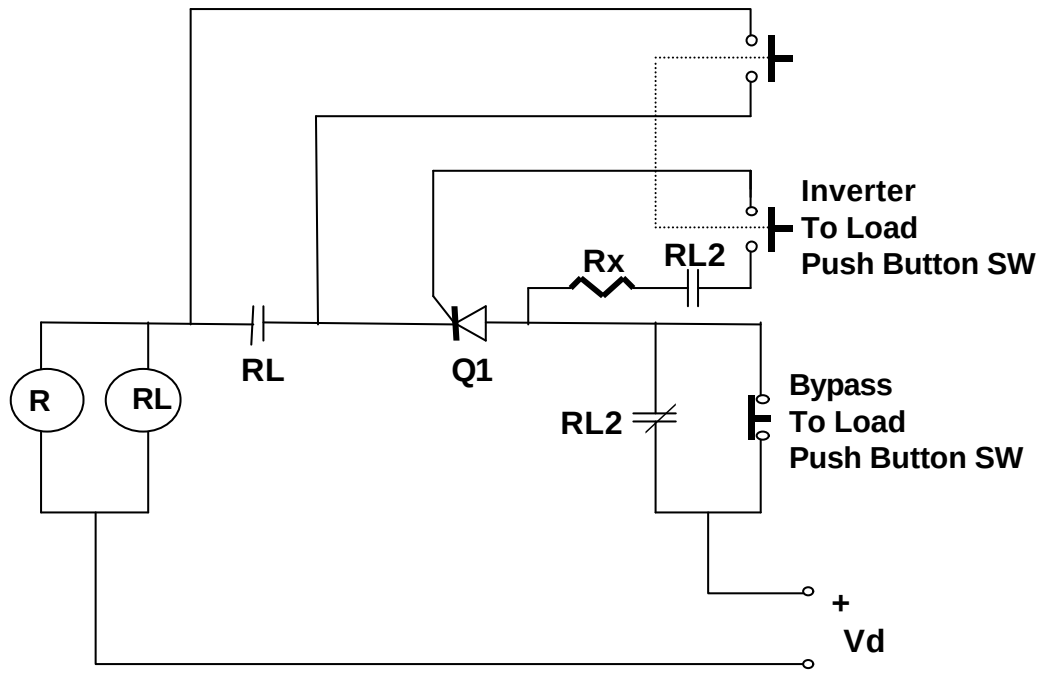
Inverter Trouble 시 또는 점검/정비작업을 하고자 할 경우 무순단 절체를 위한 장치로서 SCR Type , SCR - Magnetic Contactor 조합형, SCR - Circuit Breaker 조합형이 있으며, Control PCB 에 의해 제어된다.

당사 Complex 의 경우에는 SCR Type 이 주로 사용되고 있으므로 이 해를 돕기 위해 1 상 UPS 의 SCR Type Static Switch 회로를 그림 4-13 (a) 에 도시하였다.

이를 간략히 설명해 보면, 그림 4-13 (b)의 Static Switch Control Circuit 에서 RL2 는 Inverter 출력 전원과 Bypass 입력전원이 서로 동기상태일 때 여자되는 보조계전기 접점이며, RL2 가 여자되어 있다고 가정할 때, Bypass To Load Push Button Switch 를 누르면, 보조계전기 RR1 이 Off 되어, 그림 4-13 (a)의 SCR207, SCR 208 이 On 되며 부하는 Bypass 전원으로 절체되게 된다.



(a) Static Switch Circuit



※Remark

RL2 : Inverter 출력전원과 Bypass 전원이 동기상태일 때 여자되는 보조 계전기
 RL1, RR1 : 보조 계전기

(b) Static Switch Control Circuit For Manual Transfer

그림 4-13. 1 상 UPS 용 Static Switch Circuit

또, Inverter To Load Push Button Switch 를 누르면 그림 4-13 (b)에서 SCR Q_1 이 On 되어 보조계전기 $RL1$, $RR1$ 이 On 되며, $RR1$ 접점에 의해 그림 4-13 (a) 의 SCR 209, SCR 210 이 On 되고, 부하는 Inverter 전원으로 절체되게 된다.

물론, 비동기 상태이면 $RL2$ Relay 가 Off 되므로 수동절체가 이루어질 수 없으며 역전압이 걸릴 때까지는 Off 되지 않는 SCR 의 특성때문에 절체는 모두 무순단으로 이루어지게 된다.

6) Maintenance Bypass Switch

UPS Trouble 로 인한 수리작업시 또는 점검작업시, 부하에 전원을 공급하기 위한 장치로서 Circuit Breaker Type , 3 Position Switch Type , Circuit Breaker – 2 Position Switch 조합형이 있다.

참고로, 위에 기술한 3 가지 Type 의 Maintenance Bypass Switch 회로를 도시해 보면 그림 4-14 ~ 그림 4-16 과 같다.

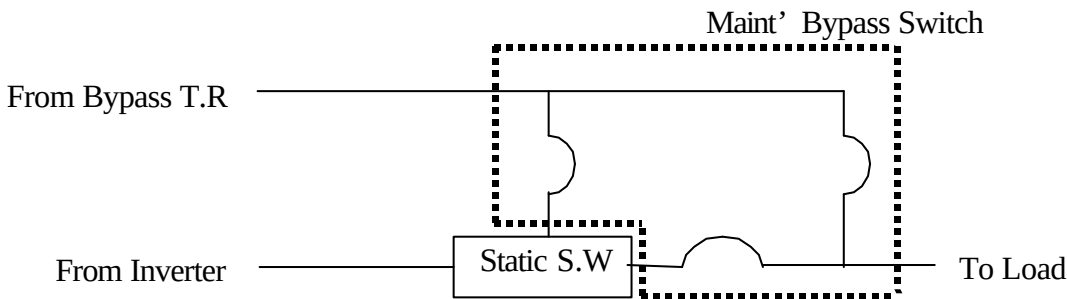
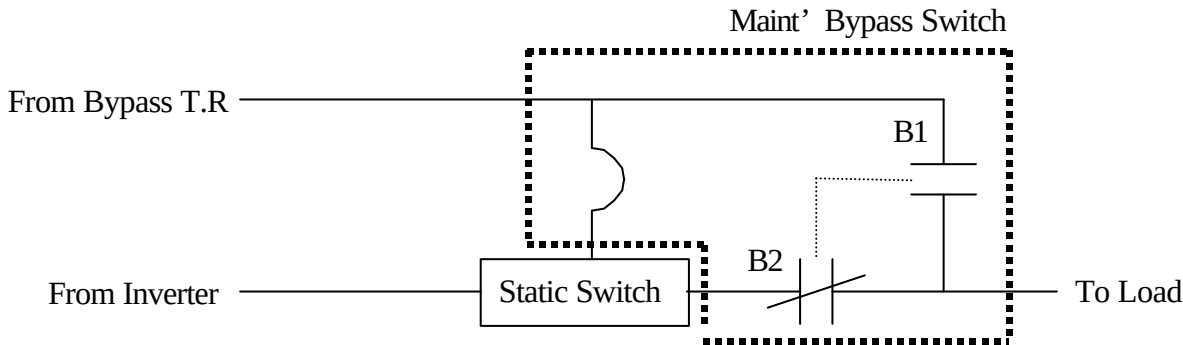
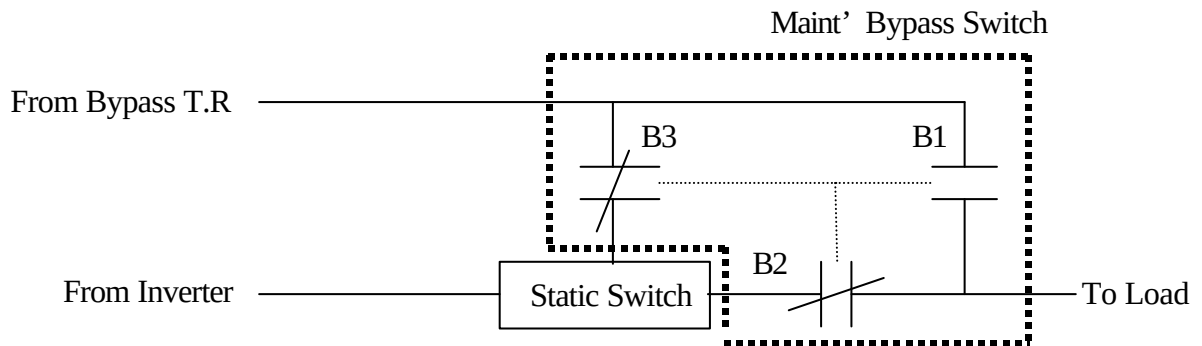


그림 4-14. Circuit Breaker Type Maintenance Bypass Switch



Switch Position	Maint' Bypass Switch Contacts	
	B1	B2
Normal		
Bypass		

그림 4-15. Circuit Breaker - 2 Position Switch Type Maintenance Bypass Switch



Switch Position	Maint' Bypass Switch Contacts		
	B1	B2	B3
Normal			
Bypass			
Bypass Isolate			

그림 4-16. 3 Position Switch Type Maintenance Bypass Switch