1. 인버터의 기본원리

(1) 인버터 란

산업체에서 속도제어를 필요로 하는 동력원으로는 주로 직류전동기가 이용되어 왔으며, 유도전동기는
정속도 운전에 많이 사용되어 왔다. 그러나, 1957 년 Thyristor (SCR)이 개발되고, 1960 년대에 이르러
전력전자 분야의 발전과 함께 유도전동기도 속도제어 계통에 이용할수 있게 되었다. Solid State Devices 을
이용한 유도전동기의 속도제어 방식에는 여러가지가 있으나, 대표적인 방법은 1 차 전압제어 방식과 주파수
변환 방식이다. 따라서, 유도전동기의 속도를 정밀하게 제어 하려면 전압과 주파수 변환이 필요하다.
인버터는 직류 전력을 교류 전력으로 변환하는 장치로, 직류로 부터 원하는 크기의 전압 및 주파수를 갖은
교류를 얻을수 있으므로 유도전동기의 속도제어는 물론이고 효율제어, 역률제어등이 가능하며 예비전원,
COMPUTER 용의 무정전 전원, 직류송전등에 응용되고 있다.
인버터는 엄밀하게 말하면 직류전력을 교류전력으로 변환하는 장치 이지만 우리가 쉽게 얻을 수 있는
전원이 교류이므로 교류전원으로 부터 직류를 얻는 장치까지를 인버터 계통에 포함시키고 있다.

(2) 인버터 사용목적

공정제어(PROCESS CONTROL), 공장 자동화 및 에너지 절약에 사용하고 있다. 예로써, 가열로 송풍기
(BLOWER)의 경우 제품의 종류나 생산량에 따라 인버터로 BLOWER 의 속도를 조정함으로써 풍량조절이
가능하여 가열로내의 온도를 최적의 온도로 조절함으로써 제품의 질적 향상을 꾀할수 있을뿐 아니라,
이 때 소요 동력은 풍량 감소의 3 승에 비례하여 감소 함으로써 커다란 에너지 절감 효과도

기대할수 있다.

(3) 인버터에 의한 가변속시 장점

1) DC MOTOR 나 권선형 MOTOR 의 속도 제어에 비하여 AC MOTOR 사용시

ⓐ 모터의 구조가 간단하며 컴팩트하다.

ⓑ 보수 및 점검이 용이하다.

ⓒ 모터가 개방형, 전폐형, 방수형, 방식형 등 설치 환경에 따라 보호구조가 가능한 특징을 가지고 있다.

ⓓ 부하 역률 및 효율이 높다.

2) 일반적인 FAN, BLOWER 용 DAMPER 를 비롯하여 V.S MOTOR 또는 기계적 무단 속도 제어방식에 비하여

ⓐ 순간정전, 부하단 SHORT 등에 대한 내구성이 뛰어나다.

ⓑ TRIP 원인 제거후 자동적으로 재기동 할수 있는 기능을 갖고 있다.

ⓒ 주변회로가 간단하고 조작성이 뛰어나다.

ⓓ 많은 보호기능을 가지고 있을 뿐 아니라, 자기진단 기능을 가지고 있어 고장원인의 식별이 용이하다.

ⓔ 속도제어 범위가 광범위 하다.

ⓕ 다단속도 조정등의 기능으로 조작이 간단하고, 생산성 향상 및 품질의 극대화를 꾀할수 있다.

ⓖ 기동전류가 정격전류 이하(일반적으로 기동전류는 정격전류의 6~7 배)이므로 기동전류에 따른 전압강하가

없고 변압기 및 부속설비 용량을 증가 시킬 필요가 없다.

ⓗ PLC 등의 연동운전에 의해 공장 자동화가 가능하다.

ⓘ FAN, PUMP, BLOWER 와 같은 부하에 적용시 에너지 절감 효과가 크다.

ⓙ CRANE, HOIST 및 CONVEYER 등에 적용시 SOFT-START / SOFT-STOP 이 가능 하므로 기계적 파손 및 제품의

파손을 방지 할수 있다.

ⓚ 운전 효율이 높다.

(4) 인버터의 원리

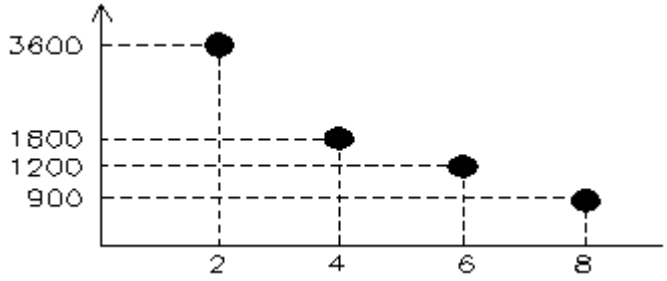
모타속도제어 방식에는 아래삭과 같이 주파수 f 를 변화시키 던가 모타의 극수 P 나슬립 S 을 변화 시키면

임의의 회전속도 N 을 얻을수 있다.

$$N = \frac{120f}{P} * (1 - S)$$

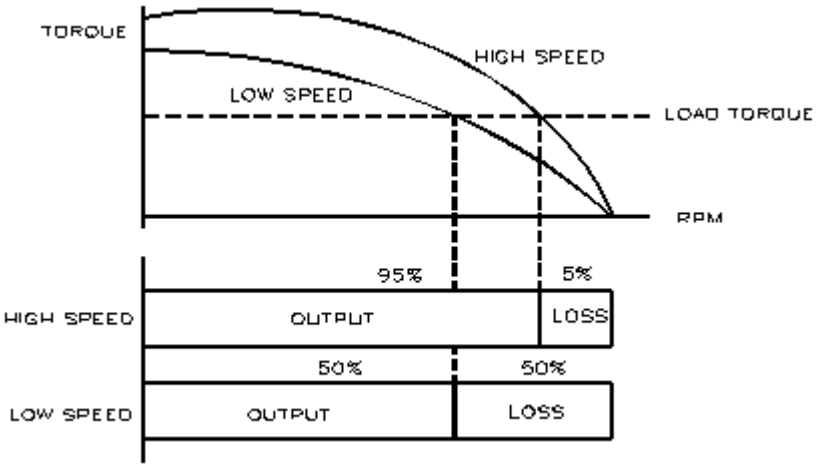
1) 극수(P) 제어

아래 그림과 같이 연속제어가 불가능하며 극수의 값에 따라 한점에서 모타 속도가 제어된다



2) 슬립(S) 제어

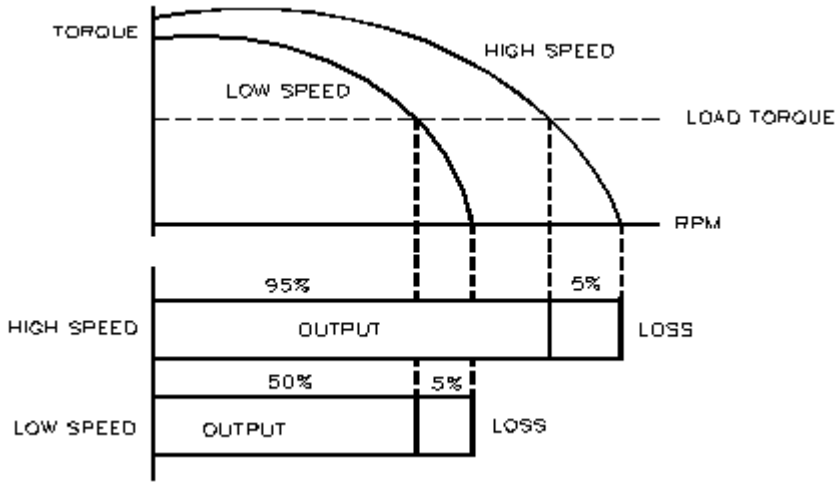
아래 그림과 같이 슬립을 제어할 경우 저속 운전시 손실이 커지게 된다.



3) 주파수(f) 제어

모터에 가해지는 주파수를 변화 시키면, 극수(P)제어와는 달리 어는 rpm 에서 연속적인 속도 제어가

가능하고 또한 그림과 같이 슬립(S)제어보다 고 효율 운전이 가능하게 된다.



따라서, 이 원리를 이용하여 모타의 가변속을 실행하는 것이 인버터이다. 인버터는 교류를 일단 직류로
변환시켜 이 직류를 트랜지스터등의 반도체 소자의 스위칭에 의하여 교류로 역변환을 한다. 이 때에
스위칭에 의하여 교류로 역 변환을 하며, 스위칭 간격을 가변 시킴으로써 주파수를 임의로 변화시키는
것이다.
실제로는 모타 운전시 충분한 토오크를 확보하기 위해 주파수 뿐만 아니라, 전압도 주파수에 따라 가변
시킨다. 따라서, 인버터는 VVVF(Variable Voltage Variable Frequency)라 한다.

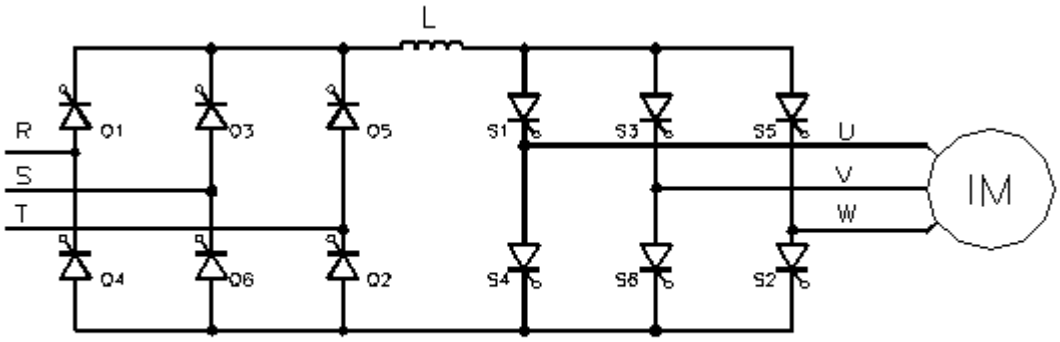
2. 인버터의 종류

(1) 전류형 인버터

1) 개념

전류형 인버터는 DC LINK 양단에 평활용 콘덴서 대신에 리액터 L 을 사용하는데, 인버터측에서 보면 고
임피턴스 직류 전류원으로 볼수 있으므로 전류형 인버터라 한다. - 전류 일정 제어.

2) SYSTEM 구성



Current Source Inverter

① 컨버터 부

CONTROLLED RECTIFIER 라고 하며, 인버터 출력전류의 크기를 제어 한다.

② DC-LINK 부

DC-LINK 내의 직류전류를 평활시킨다.

③ 인버터 부

CONTROLLED RECTIFIER 에서 제어된 직류 전류를 인버터부에서 원하는 주파수로 스위칭하여 출력을

발생시킨다.

- 출력 주파수제어

3) 출력전압 및 전류 파형

① 전류파형 - 구형파

② 전압파형 - 정현파

4) 전류형 인버터의 특징

① 회생(REGENERATION)이 가능하다.

② 인버터의 주소자를 TURN-OFF 시간이 비교적 긴 PHASE CONTROL 용 SCR 를사용 한다.

③ 전류제어를 할경우 토오크-속도 곡선의 불안정 영역에서 운전되므로 반드시 제어 루우프가 필요하다.

④ 인버터의 동작 주파수의 최소치와 최대치가 제한된다 (6 ~ 66Hz).

최소 주파수 : 전동기의 맥동 토오크

최대 주파수 : 인버터의 전류 실패(COMMUTATION FAILURE)

⑤ 인버터 출력단과 모타간에 역률개선용 진상콘덴서가 사용가능 하다.

5) 전류형 인버터의 장.단점

① 장점

ⓐ 4 상한 운전이 가능하다.

ⓑ 전류회로가 간단하며, 고속 THYRISTOR 가 필요없다.

ⓒ 전류가 제한되므로 PULL-OUT 되지 않는다.

ⓓ 과부하시에도 속도만 낮아지고 운전이 가능하다.

ⓔ 넓은 범위에서 효과적인 토오크제어를 할수 있다.

ⓕ 유도성 부하외에 용량성 부하에도 사용할수 있다.

ⓖ 스위칭 소자 및 출력 변압기의 이용률이 높다.

ⓗ 일정 전류특성으로 강력한 전압원을 가한것 처럼 기동 토오크가 크다.

② 단점

ⓐ FEEDBACK(CLOSED 제어방식)이 필수적이므로 제어회로가 복잡하다.

ⓑ 구형파 전류로 인해 저주파수에서 토오크 맥동이 발생한다.

ⓒ 부하전류 인버터(LOAD COMMUTATED INVERTER)이므로 전압 SPIKE 가 크며, 따라서 전동기

동작에 영향을 미칠수 있다.

ⓓ 부하 전동기 설계시 누설 인덕턴스 문제와 회전자에서의 SKIN EFFECT 를 고려 해야 한다

(2) 전압형 인버터

1) 개념

전압형 인버터는 현재 널리 사용되고 있는 인버터로 전력형태는 그림과 같다.

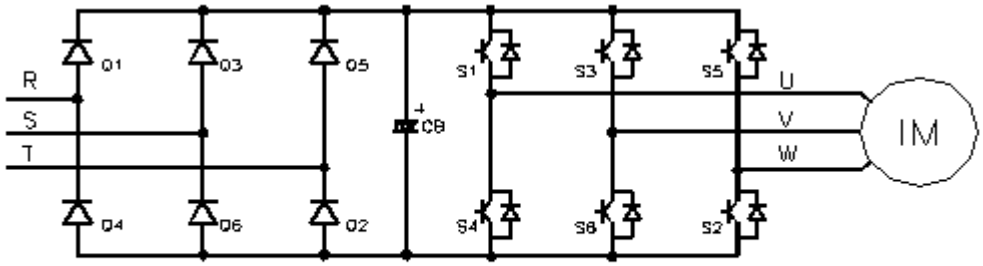
교류전원을 사용할 경우에는 교류측 변환기 출력의 맥동을 줄이기 위하여 LC 필터를 사용하는데 이를

인버터측에서 보면 저 임피던스 직류 전압원으로 볼수 있으므로 전압형 인버터라 한다. 제어방식이

PAM 제어인 경우 컨버터부에서 전압이 제어되고, 인버터부에서 주파수가 제어되며, PWM 제어인 경우

컨버터부에서 정류된 DC 전압을 인버터부에서 전압과 주파수를 동시에 제어한다.

2) SYSTEM 구성



Voltage Source Inverter

① 컨버터 부

SCR 대신에 3 상 DIODE MODULE 를 사용하여 교류전압을 직류로 정류시킨다.

② DC-LINK 부

DC-LINK 내의 직류전압을 CB(평활용 콘덴서)를 이용하여 평활시킨다.

③ 인버터 부

정류된 직류 전압을 PWM 제어방식을 이용하여 인버터부에서 전압과 주파수를 동시에 제어한다.

3) 출력전류 및 전압파형

① 전류파형 - 정현파 (전동기 부하인 경우)

② 전압파형 - PWM 구형파

4) 전압형 인버터의 특징

① 1, 2 상한 운전만 가능하며, 4 상한 운전이 필요한 경우에는 DUAL CONVERTER 를 사용 해야 한다.

② 전류 파형의 PEAK 치가 높으므로 주소자와 변압기 용량이 필요 이상으로 커진다.

③ PWM 파형에 의해 인버터와 모터간에 역률 개선용 진상콘덴서 및 서지 압소버를 부착 하지 말 것.

④ 인버터의 주소자를 TURN-OFF 시간이 짧은 IGBT, FET 및 TRANSISTOR 을 사용 한다.

⑤ 인버터 출력주파수 범위가 광범위하다.

5) 전압형 인버터의 장.단점

① 장점

ⓐ 모든 부하에서 정류(COMMUTATION)가 확실하다.

ⓑ 속도제어 범위가 1 : 10 까지 확실하다.

ⓒ 인버터 계통의 효율이 매우 높다.

ⓓ 제어회로 및 이론이 비교적 간단하다.

ⓔ 주로 소, 중용량에 사용한다.

② 단점

ⓐ 유도성 부하만을 사용할수 있다.

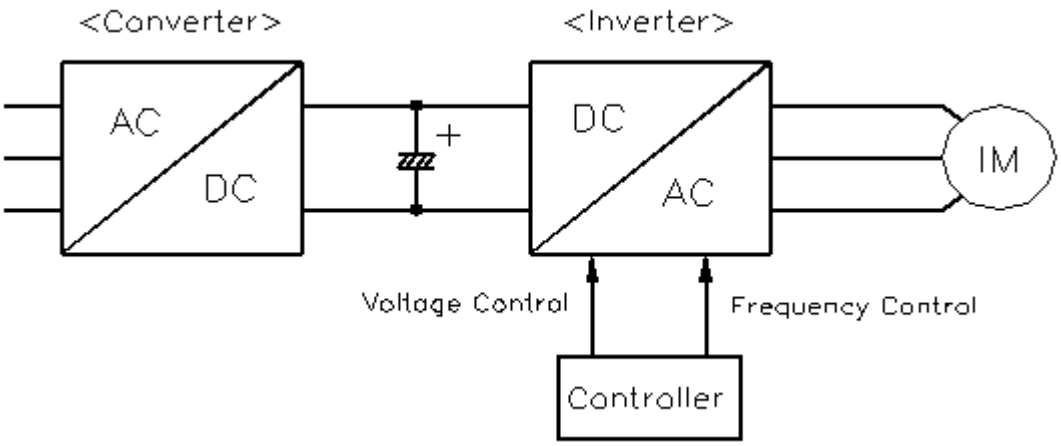
ⓑ REGENERATION 을 하려면 DUAL CONVERTER 가 필요하다.

ⓒ 스위칭 소자 및 출력 변압기의 이용률이 낮다.

ⓓ 전동기가 과열되는 등 전동기의 수명이 짧아 진다.

ⓔ dv/dt PROTECTION 이 필요하다.

3. 인버터의 내부 회로 구성

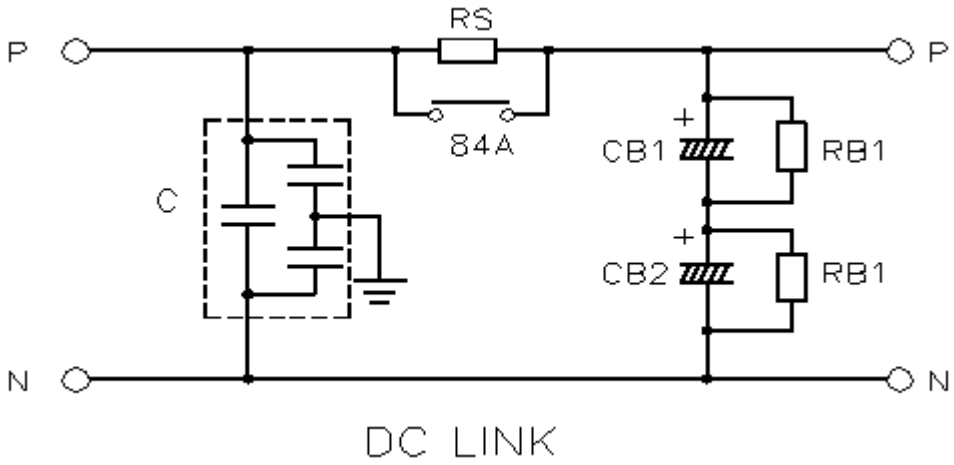


(1) 컨버터 부

컨버터부는 3 상 교류 입력전압을 직류로 변환시키는 Diode Module(DM)과 EMI 노이즈 제거를 위해

Surge Absorber(ZNR)로 구성 된다.

(2) DC LINK 부



DC LINK

컨버터부에서 정류된 DC 전압을 Filtering(평활)시키는 전해 콘덴서(CB), 전원 OFF 시 전해 콘덴서에 충전된 전압을 방전시키는 방전저항(RB)와 인버터 운전시 VDC 에서 발생되는 스위칭노이즈를 제거하기 위한 고조파용 고전압 Film 콘덴서(C), 그리고 입력전원 ON 시 과전류에 의해 PM(IPM, TR.)소자의 손상을 방지하는 전류제한저항(RS)와 RLY(84a)로 구성된다. 또한, 인버터 출력단 SHORT 및 기타 문제발생시 과전류에 의한 POWER 소자 손상 방지용 DC REACTOR 가 들어 있다.

(3) 인버터 부

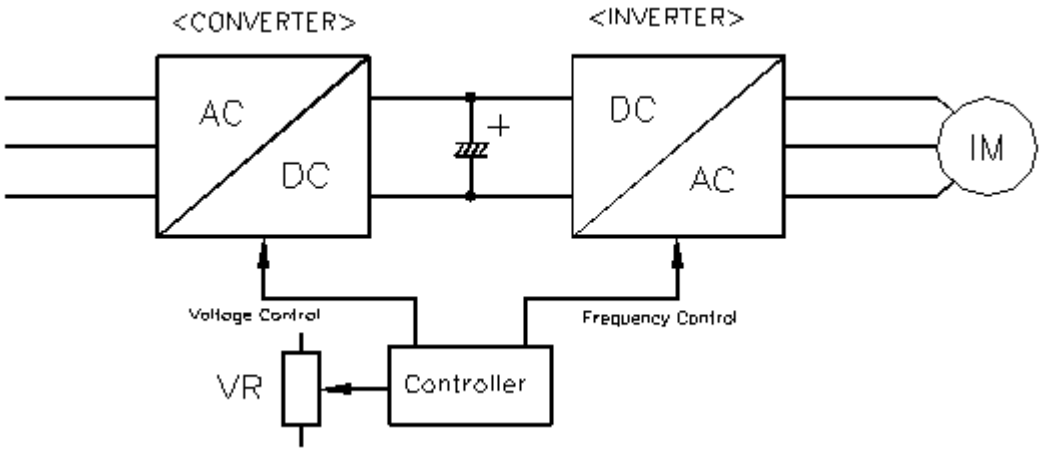
컨버터부에서 변환된 직류를 TRANSISTOR, IGBT 등의 반도체 소자를 이용하여 PWM 제어방식에

의해 DC 전압을 임의의 교류 전압 및 주파수를 얻으며, 또한 TURN-ON 및 OFF 시 주소자에 인가되는 과전압과 스위칭 손실을 저감시키거나 전력용 반도체의 역바이어스 2 차 항복 파괴 방지를 목적으로 연결된 SNUBBER 회로로 구성된다.

4. 인버터 제어방식

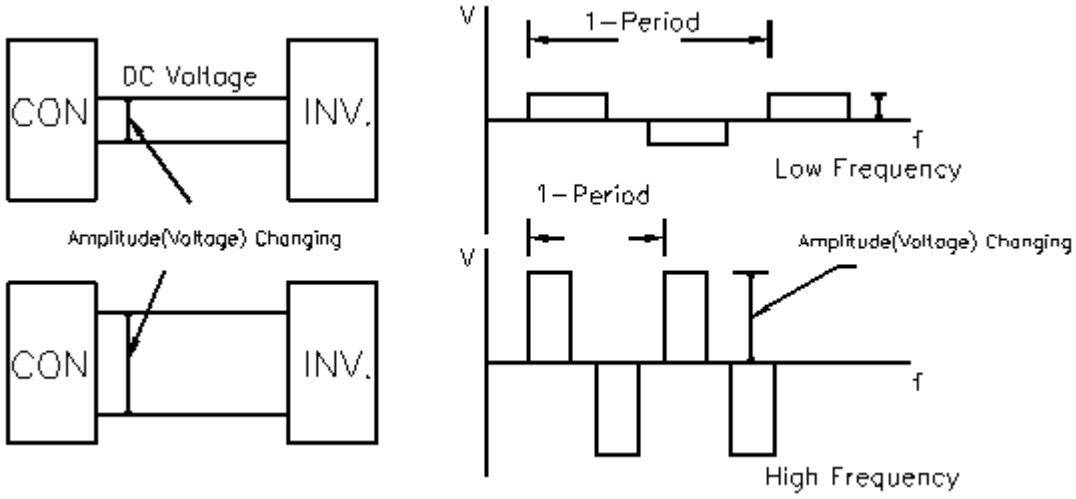
(1) PAM(Pulse Amplitude Modulation) 제어방식

1)주회로 구성



2) 회로 설명

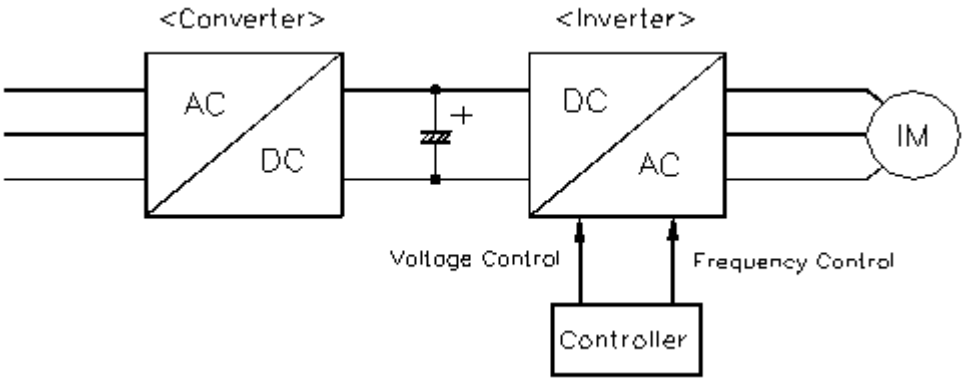
PAM 제어는 컨버터부에서 AC 전압을 DC 전압으로 변환시 DIODE MODULE 대신 SCR MODULE 을
사용하여
위상 제어기법으로 직류전압을 제어하고, 동시에 인버터부에서 주파수를 제어하는 방식이다.
즉, 하기 그림과 같이 전압의 진폭 및 주파수를 제어하는 방식이다.



PAM 제어시 인버터 출력 전압 파형

(2) PWM(Pulse Width Modulation) 제어방식

1) 주회로 구성

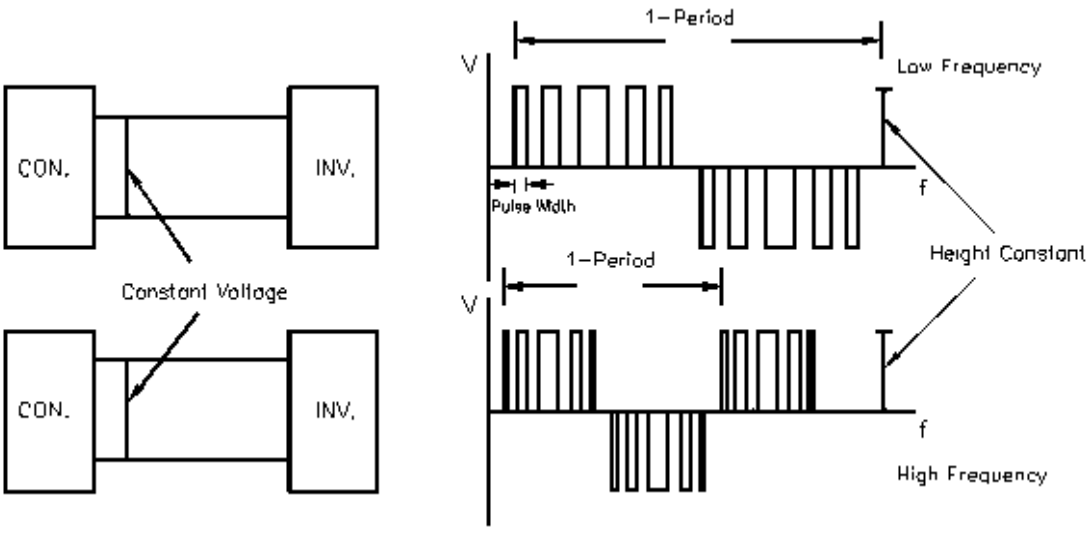


2) 회로 설명

PWM 제어는 컨버터부에서 DIODE MODULE 을 이용하여 AC 전압을 DC 전압 으로 정류시켜 콘덴서로 평활시킨 다음, 인버터부에서 직류전압을 CHOPPING 하여 펄스폭을 변화시켜서 인버터 출력전압을 변화시키며, 동시에 주파수를 제어하는 방식이다.

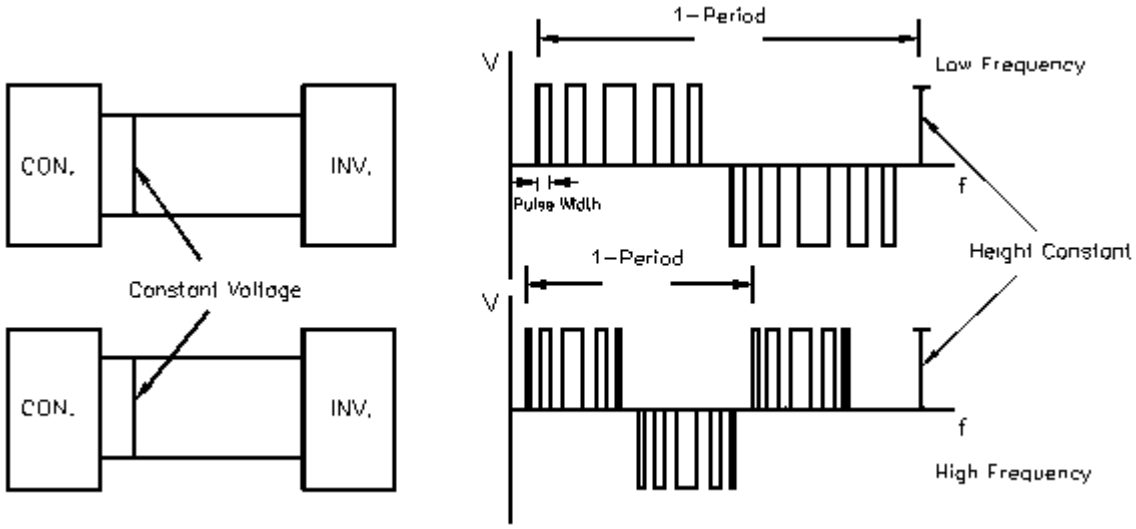
즉,아래 그림 과 같이 제어하는 방식으로, 펄스폭이 1/2 주기에 있어서 같은 간격인 등펄스폭 제어와 중앙부에서 양단으로 좁아지는 부등 펄스폭제어가 있다.

① 부동 펄스폭 제어방식



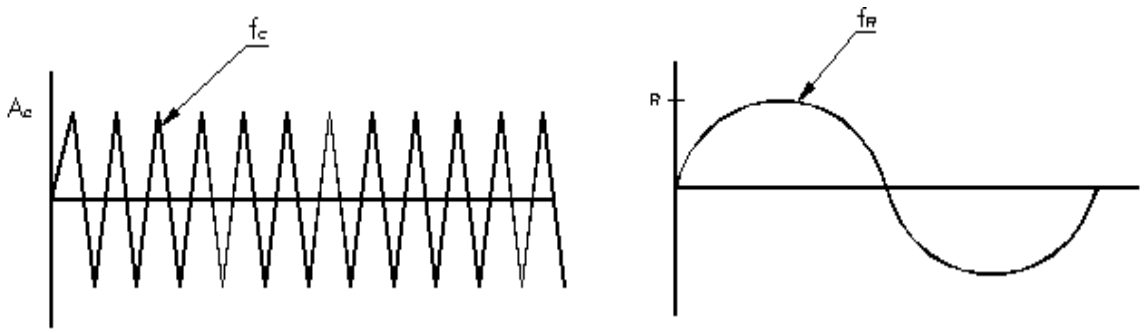
< 부등 PULSE 폭 제어방식 >

② 등 펄스폭 제어방식



< 등 PULSE 폭 제어방식 >

3) PWM 펄스 변조 원리



f_R : 기준신호(정현파) fc : 비교신호(삼각파)

f_C는 일정한 주파수로 유지한 상태에서 f_R의 신호의 진폭 및 주기를 가변시켜 펄스의 폭을 가변함으로 ,인버터의 출력전압과 주파수를 동시에 제어하는 방식이다.

(3) PWM & PAM 제어방식 비교

순	제어방식 항 목	PWM 제어		PAM 제어
		부등간격제어(PM)	등간격제어(DM)	
1	출력 전압 파형	PWM 구형파	PWM 구형파	정현파
2	출력 전류 파형	정현파	정현파	구형파
3	적용 인버터	전압형 인버터		전류형 인버터
4	제어회로	복 잡	간 단	간 단
5	모터효율	○	△	×
6	인버터 효율	95% 정도		90% 정도
7	전원 역율	80 ~ 94%		90% 정도
8	진 동	○		△
9	전원 고조파	○		×
10	장점	응답성이 좋다 전원역률이 높다 주회로가 간단하다 모터 효율이 높다 저속 진동영향이 적다 고속운전이 가능	응답성이 좋다 전원역률이 높다 인버터 효율이 높다 회로가 간단하다	고차 노이즈가 적다 내구성이 강하다
11	단점	고차 NOISE 가 큼. 과부하 내량이 적음.	전원이용율이 낮다. 저속에서 진동이 큼 고차 NOISE 가 큼	전원 역율이 낮다. 응답성이 나쁘다. 주회로가 복잡하다. 저속에서 진동이 큼.

5. 인버터의 주요 제어기능

(1) 과부하 제한 기능
(2) 전자 Thermal 기능
(3) 직류제동 기능
(4) TORQUE BOOST 기능
(5) 주파수 JUMP 기능
(6) 주파수 상. 하한 LIMIT 기능

6. 인버터의 주요 보호기능

(1) 부족전압 보호
(2) 과전압 보호
(3) 순시 과전류 보호
(4) 과부하 보호
(5) 실속 방지
(6) 순시 정전 보호

(7) 다단속 기능
(8) 제 2 제어 기능
(9) 제 2 가감속 기능
(10) FREE-RUN-STOP 기능
(11) 외부 트립 기능
(12) 복전 재시동 방지 기능
(13) 상용 절체 기능
(14) DATA 소프트록 기능
(15) 전류 입력 선택 기능
(16) 리세트 기능
(17) 주파수 원격 조작 기능 : 증속(UP), 감속(DOWN)
(18) 아날로그 주파수 지령에 대한 출력주파수 GAIN. BIAS 기능
(19) 시동시 주파수 정지 시간 설정 기능
(20) 순정 재시동 기능
(21) 초기 설정 기능
(22) AUTO-TUNING 기능
(23) 퍼지 가.감속 기능

(7) 지락 보호
(8) 결상 보호
(9) 방열판 과열 보호
(10) 제동저항기 과부하 보호
(11) EEPRON, CPU & CT ERROR
(12) 외부 트립
(13) 복전후 재시동 방지
(14) 수전 과전압 보호
(15) 파워 모듈 보호

현대전기 www.hdtr.co.kr 에서 퍼온 자료입니다. 감사합니다.