

제8장

인버터 회로

KOPEL

KU KONKUK
UNIVERSITY

인버터의 개요

인버터기술의 개요

인버터제품 중심



인버터의 유형

기능별 분류

1) 전원의 형태에 따른 분류

- 전압형 인버터(VSI : voltage-source inverter)
- 전류형 인버터(CSI : current-source inverter)

2) 크기의 제어에 따른 분류

- PAM인버터 : 6-step, multi-step, VVI, VVO
(VV:variable-voltage)
- PWM인버터 : multiple PWM, hysteresis

3) 출력의 상수에 따른 분류

- 단상 인버터, 3상 인버터, 다상 인버터

4) 부하와의 접속에 따른 분류

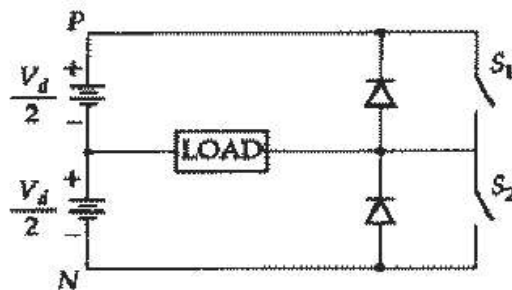
- 직렬형 인버터(series inverter)
- 병렬형 인버터(parallel inverter)

5) 회로의 구성에 따른 분류

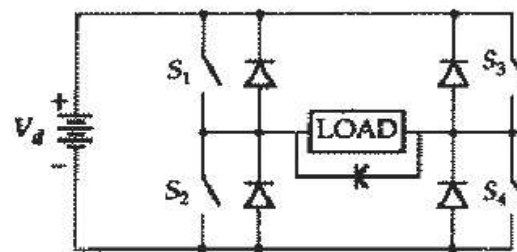
- Half-bridge 인버터
- Full-bridge 인버터

인버터의 유형

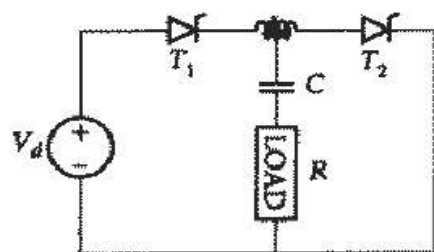
토폴로지 위주



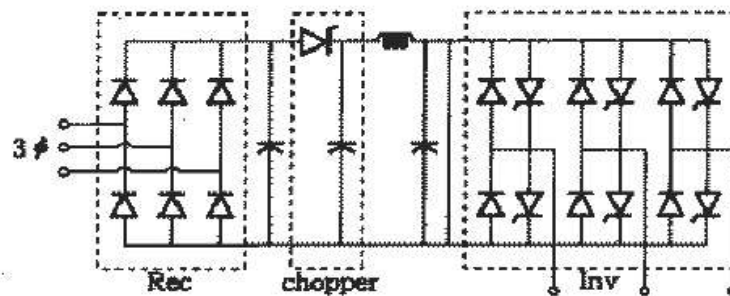
(a) 단상 하트브리지



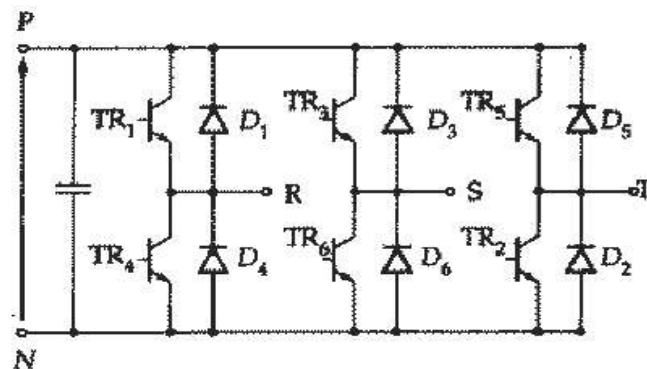
(b) 단상 풀브리지



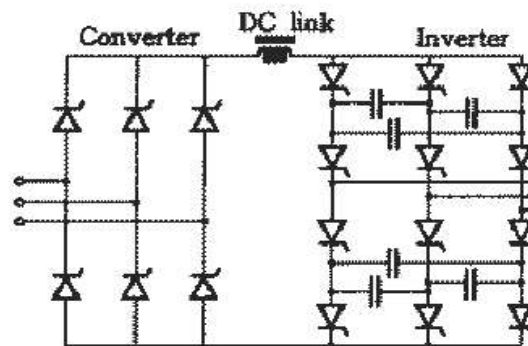
(c) 단상 직렬형



(d) 3상 PAM VSI



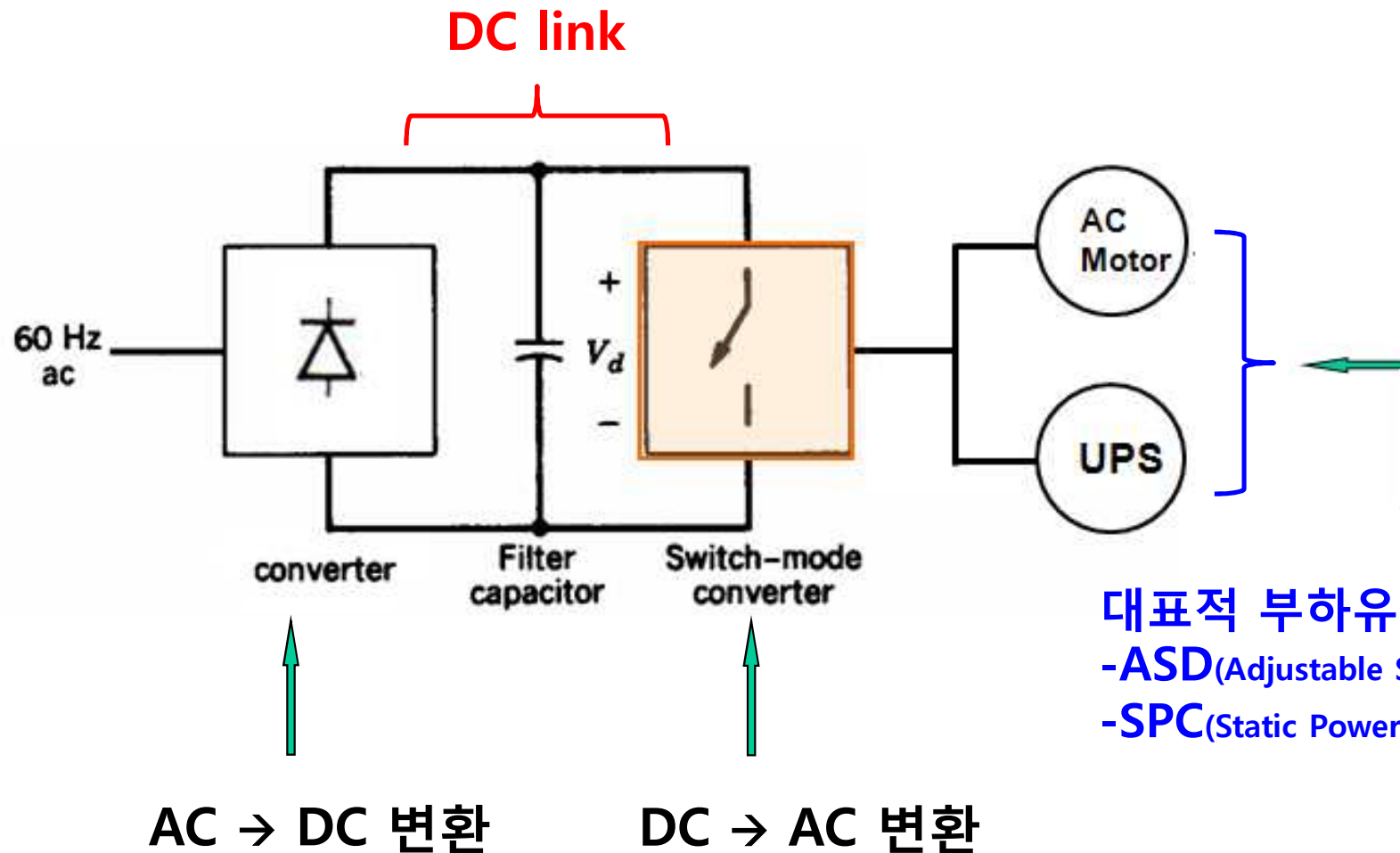
(e) 3상 PWM VSI



(f) 3상 CSI

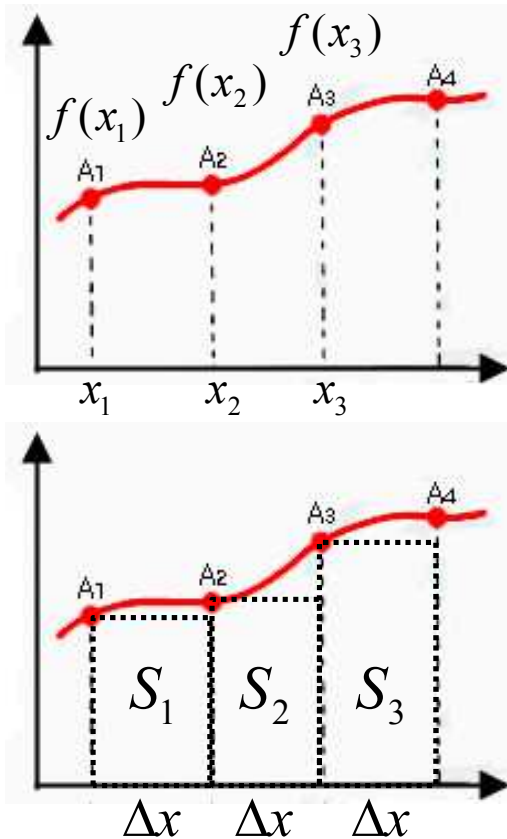
인버터의 기본 구조

전압형 기준



인버터의 기본 이론

구분구적법



적분의 전 단계 → 구분구적법

$$S_1 = f(x_1) \cdot \Delta x$$

$$S_2 = f(x_2) \cdot \Delta x$$

$$S_3 = f(x_3) \cdot \Delta x$$

⋮

⋮

⋮

$$S_n = f(x_n) \cdot \Delta x$$

$$S = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n S_k = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n f(x_k) \cdot \Delta x$$



$$S = \int_a^b f(x) \cdot dx$$

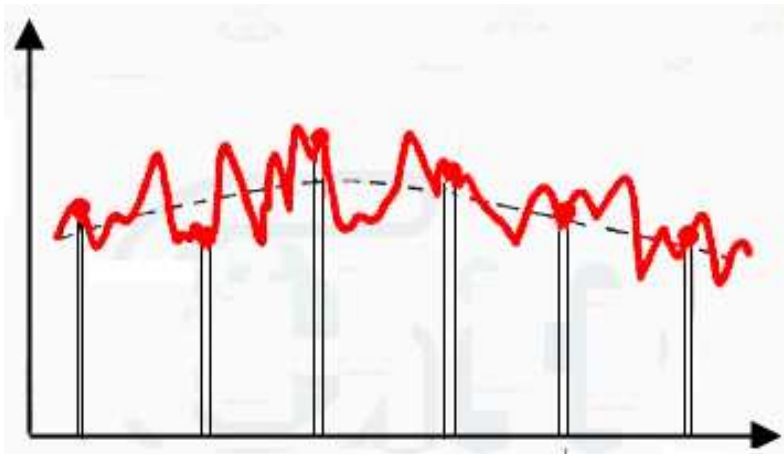


$$\Delta x \rightarrow 0$$

; 적분간격 → 샘플링주파수

인버터의 기본 이론

샘플링 주파수



어떤 신호가 여러 주파수 성분들의 합으로 구성되어 있을 경우

- 1) 최대 주파수가 존재함
- 2) 샘플링 주기(주파수)의 적절한 선정 필요

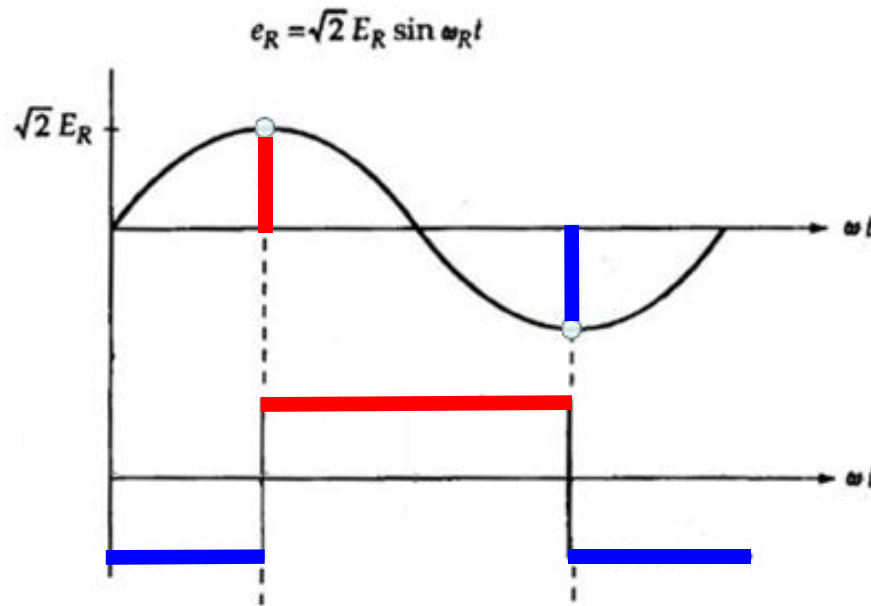
☞ 인버터의 경우 원 신호가 하나의 주파수 성분만 가짐



적절한 주파수 ; 나이퀴스트 비

인버터의 기본 이론

샘플/홀드(S/H)



원 신호의 주파수가 f_R 일 경우

샘플링시점 $\{90^\circ, 270^\circ, \dots\}$ 로 설정

- $\omega t = 90^\circ$ 샘플값 = $\sqrt{2} E_R$
- $\omega t = 270^\circ$ 샘플값 = $-\sqrt{2} E_R$

어떤 샘플링시점에서 추출된 신호의 정보는 다음 샘플링시점까지는 그대로 유지된다.

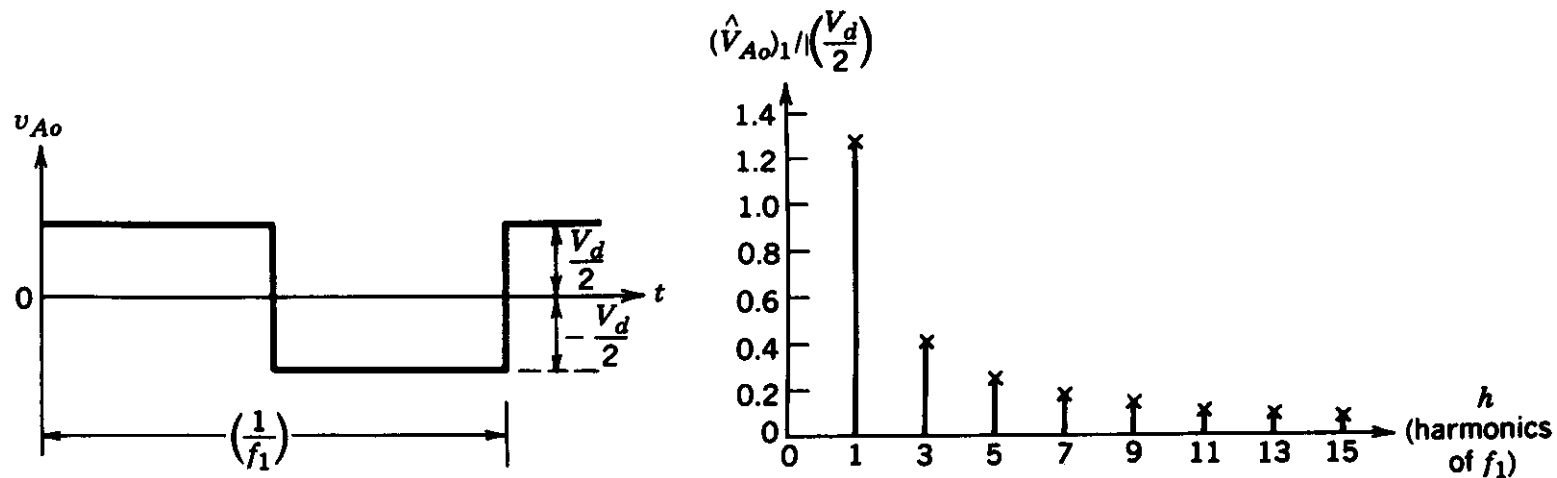
← S/H : sample/hold 개념

인버터 출력신호 1

구형파(단상 인버터)

➤ 구형파 스위칭(단상)

- ✓ **잇점** - 주기당 2회의 스위칭으로 스위칭횟수 최소화
- ✓ **단점** - 출력전압의 크기 제어곤란

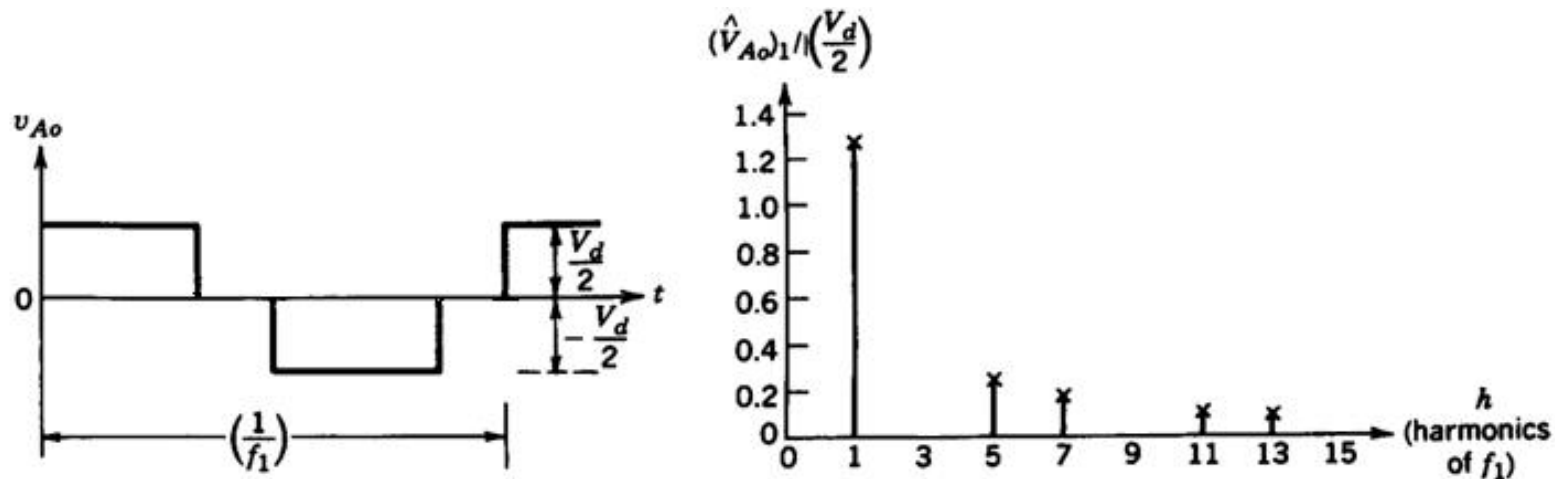


인버터 출력신호 2

구형파(3상 인버터)

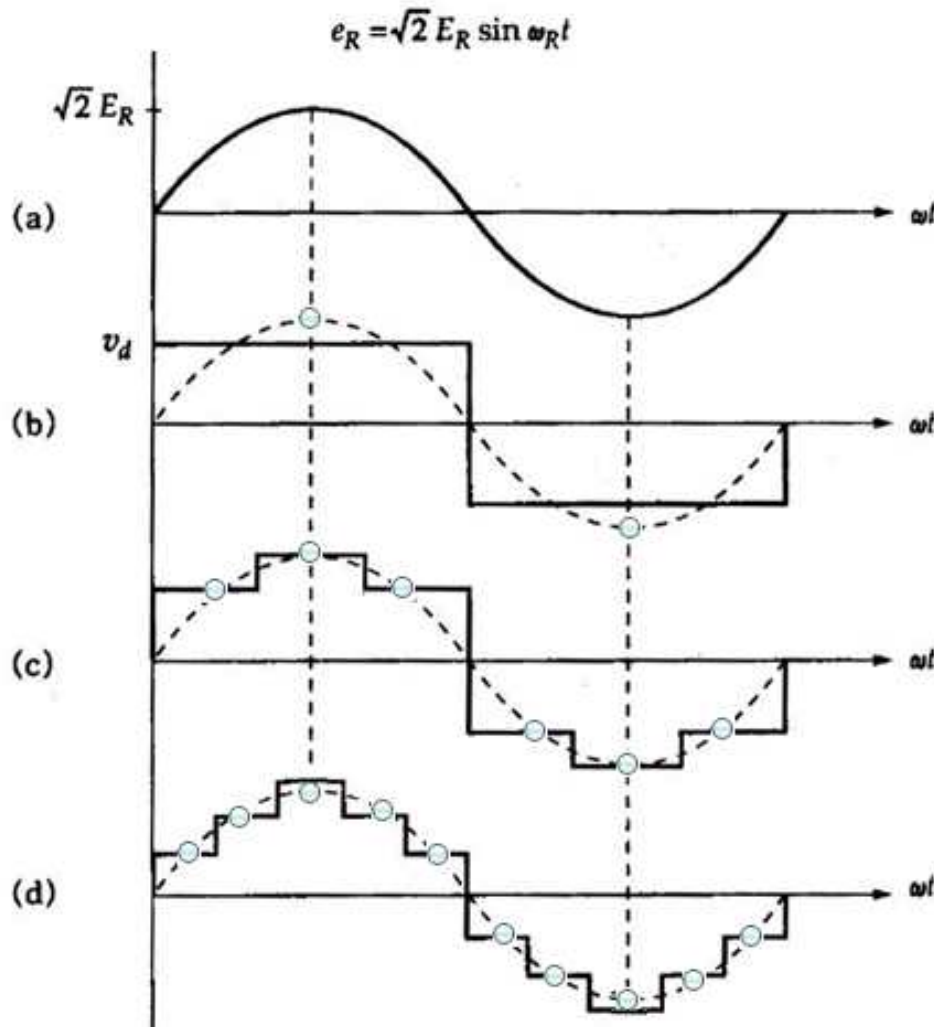
➤ 구형파 스위칭(3상)

- ✓ **잇점** - 주기당 2회의 스위칭으로 스위칭횟수 최소화
- ✓ **단점** - 출력전압의 크기 제어곤란



인버터의 기본 이론

샘플링 주파수 변경



원 신호의 한 주기내에서 등간격
으로 샘플링시점을 설정,
원신호(정현파)의 정보를 추출함.

1회 샘플링으로 구형파 구현



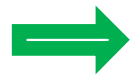
다수 회 샘플링으로
stepped sine wave 구현

인버터의 기본 이론

샘플링 이론

샘플링 이론

원 신호를 구성하는 여러 성분들이 갖는 '최대 주파수'보다 적어도 '2배 이상의 주파수'로 샘플링 해야 하고, 그 샘플값들을 적절히 '저역통과'시키면 원래 신호를 복원할 수 있다.



최대 주파수 ; 인버터의 출력주파수

나이퀴스트 비 ; 최대 주파수의 2배 주파수

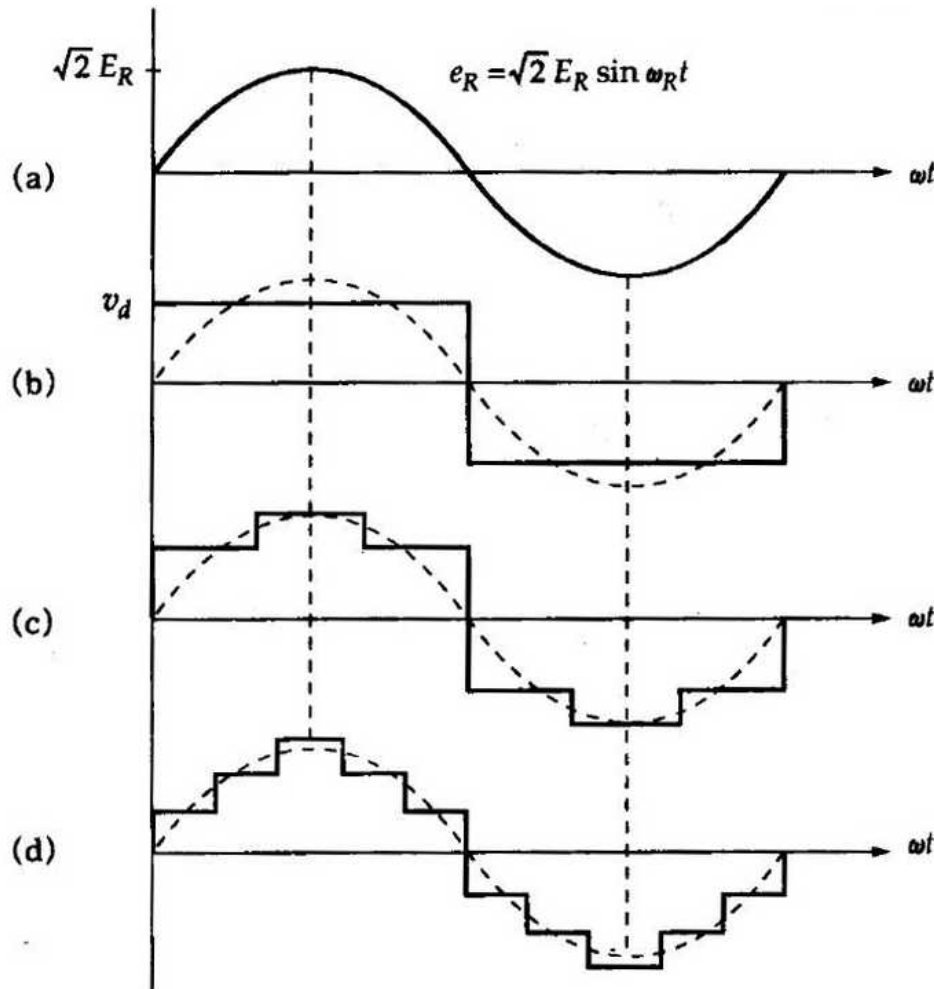
저역통과(Low-Pass Filtering) ; 불연속 샘플값들을 원래의 연속 신호로 재현함



샘플링이론이 DC-AC 인버터의 이론적 근거가 됨

인버터의 기본 이론

PAM & PWM 파형



샘플에 의해 얻어지는 출력들은
정현파 근접하는 특성을 갖지만
크기가 다른 PAM 파형임.

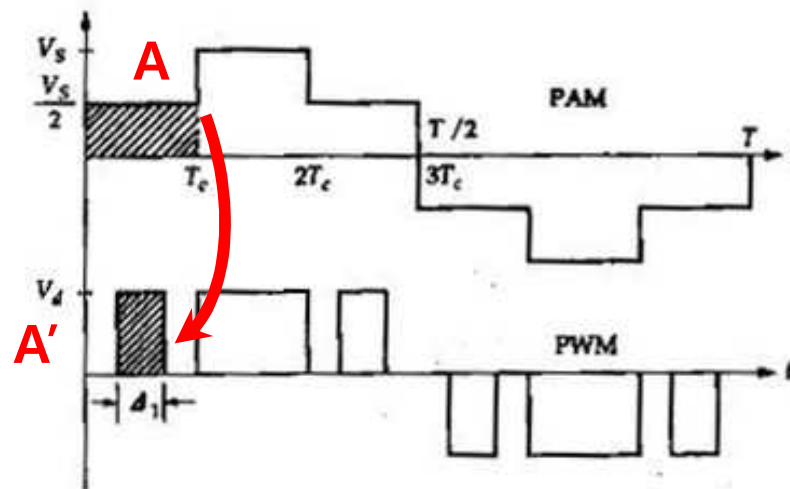
- 1) 다수 개 직류전원이 필요함
(반주기당 샘플수 만큼의 전원)
- 2) 다중레벨 인버터로 구현가능

→ 크기가 같고 폭이 다른

PWM파형으로 변환 필요

인버터의 기본 이론

PWM으로 변환



<예시>
PWM으로 변환시

- 동일 면적이 되도록 함
- 전압크기 선정후 폭을 결정함

원 신호 → PAM 파형 → PWM 파형

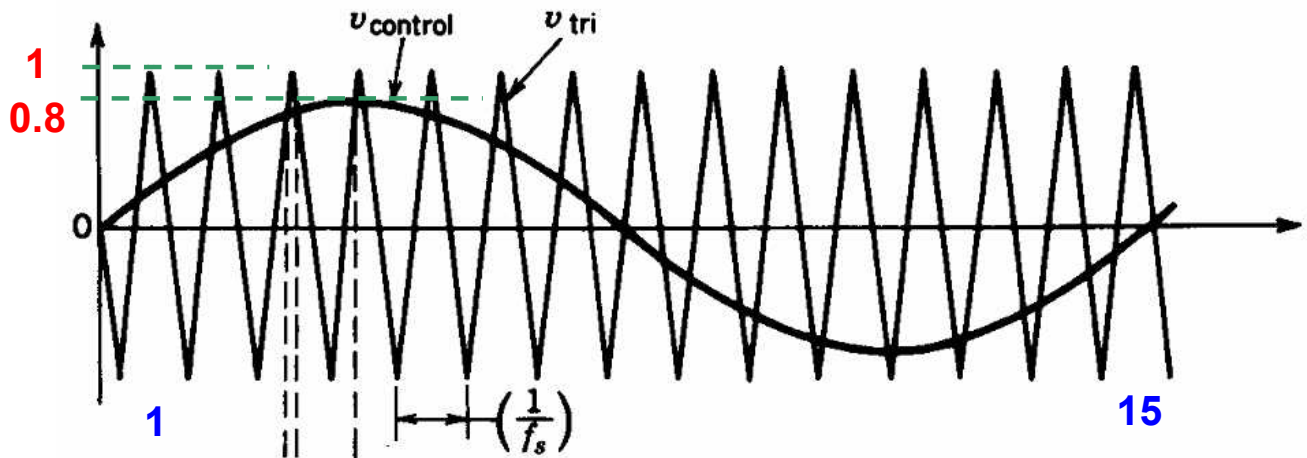
↑
샘플링 이론

↑
Modified Sampling Theory

펄스폭이 작고 크기가 큰 PWM의 경우에도
샘플링 이론을 적용할 수 있다.

인버터 신호의 샘플링방법

PWM 변조



1) 크기변조 지수

$$\delta = \frac{A_R}{A_C}$$

0.8

2) 주파수변조 지수

$$\lambda = \frac{f_C}{f_R}$$

15

UPS 및 ASD분야에 많이 이용되는 PWM 인버터의 경우

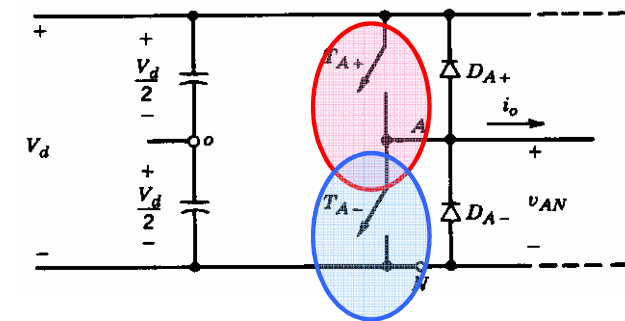
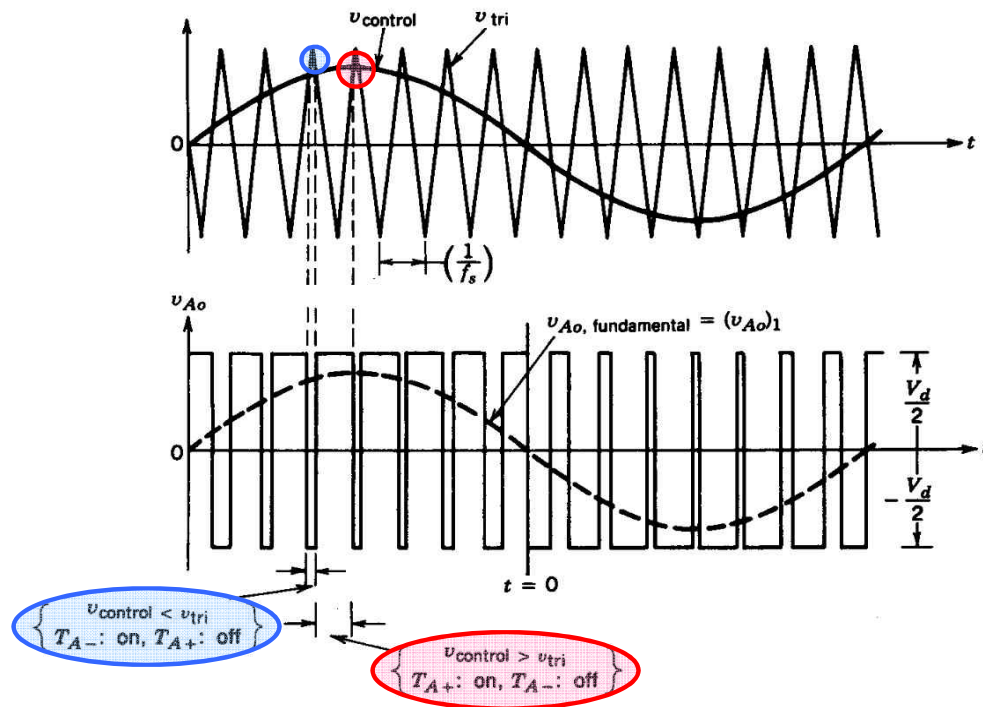
- UPS의 경우 ; PWM파형이 항상 정현파로 출력되도록 저역통과필터를 사용해야 함
- ASD의 경우 ; PWM파형으로 전동기 L의 전류가 정현파에 근사하게 됨(필터링)

인버터 출력신호 3

PWM파 (2-Level 인버터)

➤ PWM 스위칭 (2-Level)

- ✓ **잇점** - 출력전압의 크기 제어 용이
- ✓ **단점** - 높은 스위칭으로 손실 증대

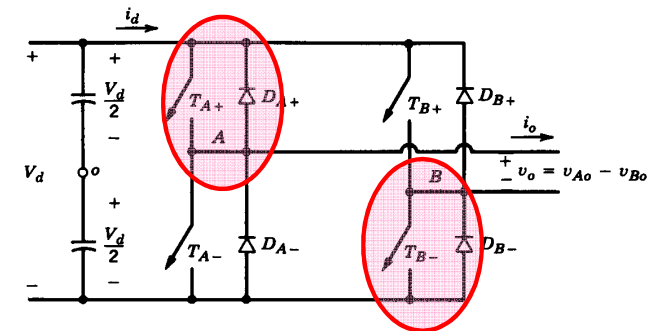
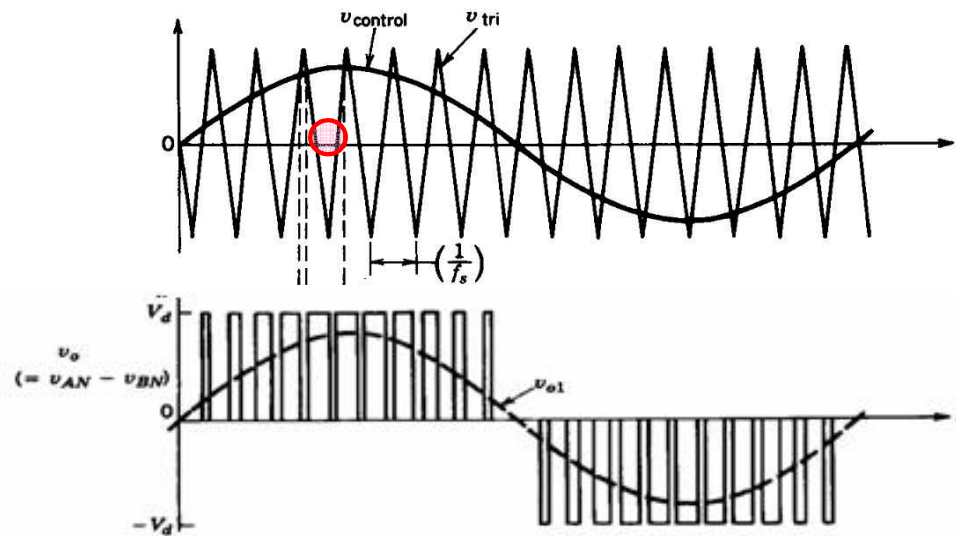


인버터 출력신호 4

PWM파 (3-Level 인버터)

➤ PWM 스위칭 (3-Level)

- ✓ **잇점** - 출력전압의 크기 제어 용이
- ✓ **단점** - 높은 스위칭으로 손실 증대

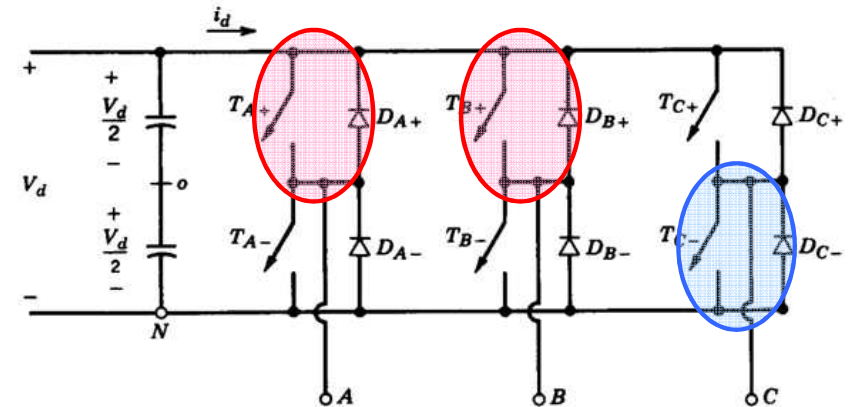
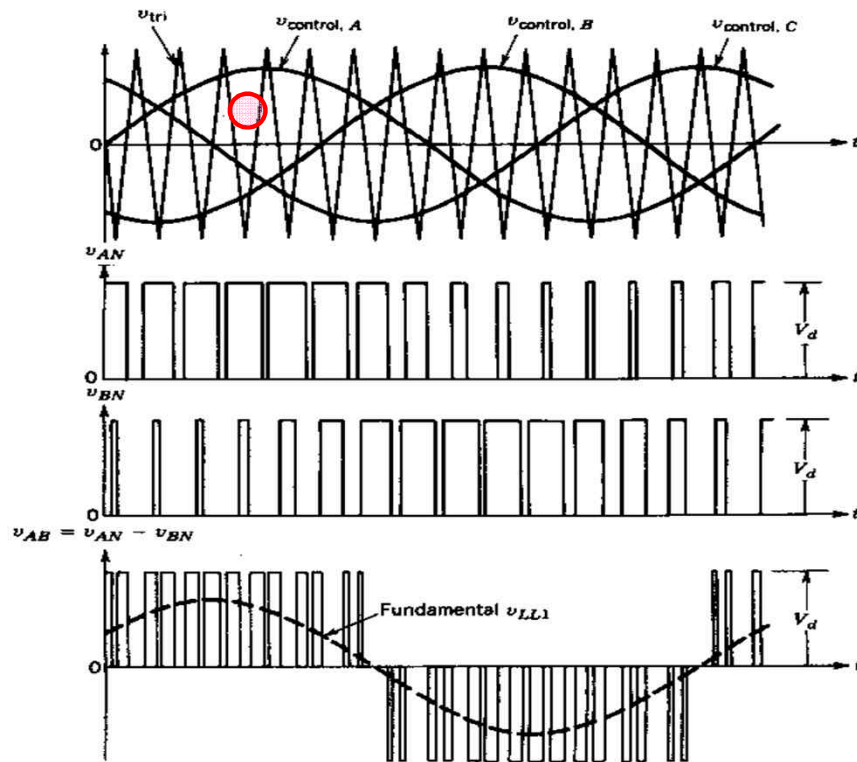


인버터 출력신호 5

PWM파 (3상 인버터)

➤ PWM 스위칭 (3-phase)

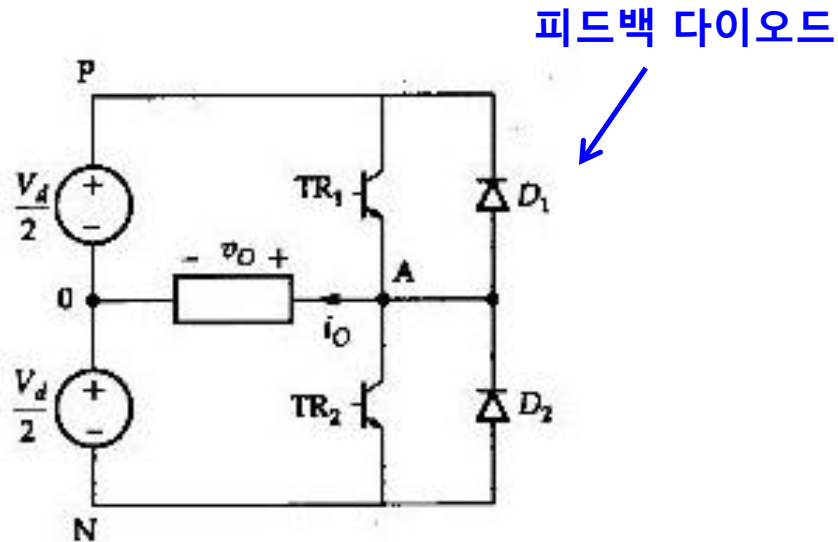
- ✓ **잇점** - 출력전압의 크기 제어 용이
- ✓ **단점** - 높은 스위칭으로 손실 증대



단상 인버터

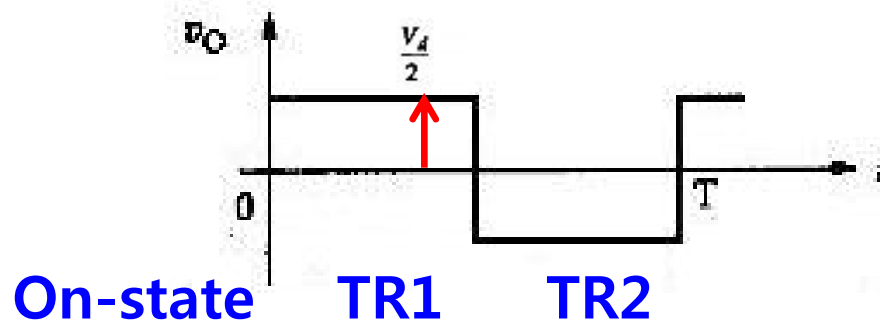
단상 Half-bridge 인버터

회로구조



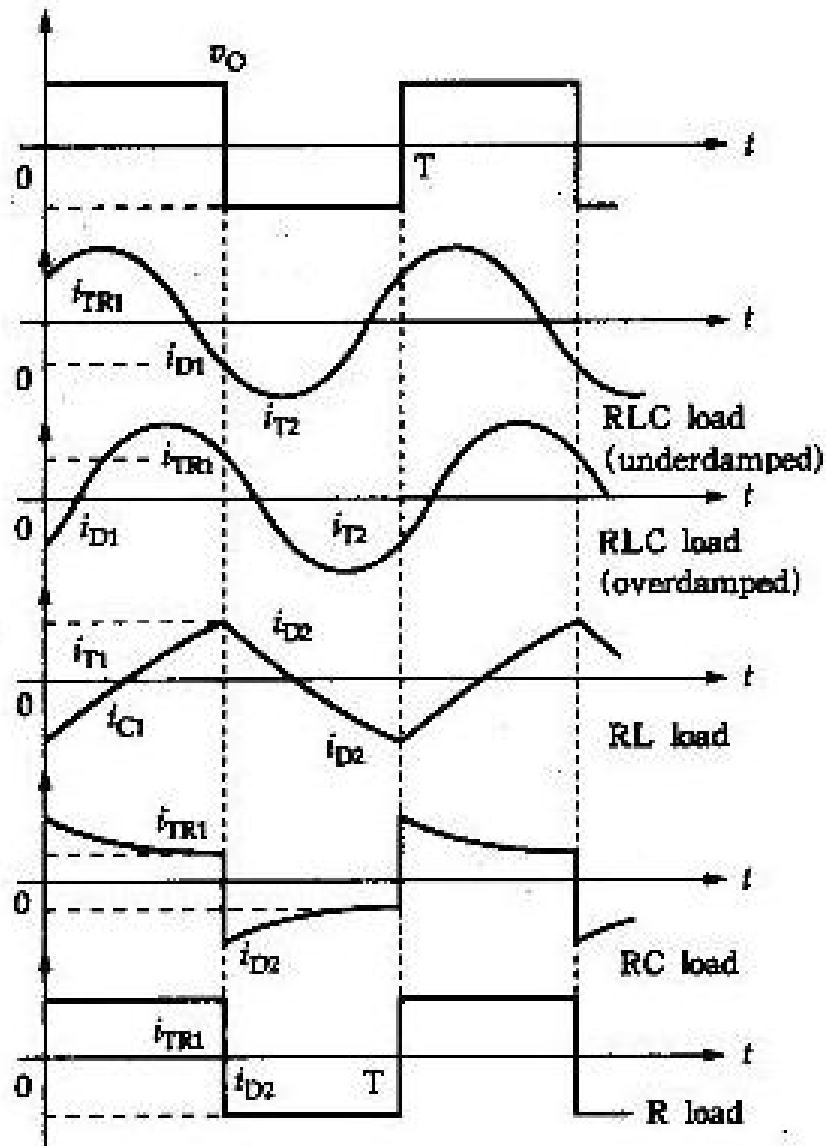
- 부하전압이 전원전압의 절반($\frac{V_d}{2}$)
- 각 스위치의 온-오프동작에 따라 출력은 $+\frac{V_d}{2}$ 와 $-\frac{V_d}{2}$ 의 두 상태로만 얻어짐(0-상태 없음).

- 각 다이오드를 통해 부하인덕터의 축적에너지가 **전원**으로 반환됨.



단상 Half-bridge 인버터

부하전류 유형



R-L-C부하시 전류파형 - 진상개념

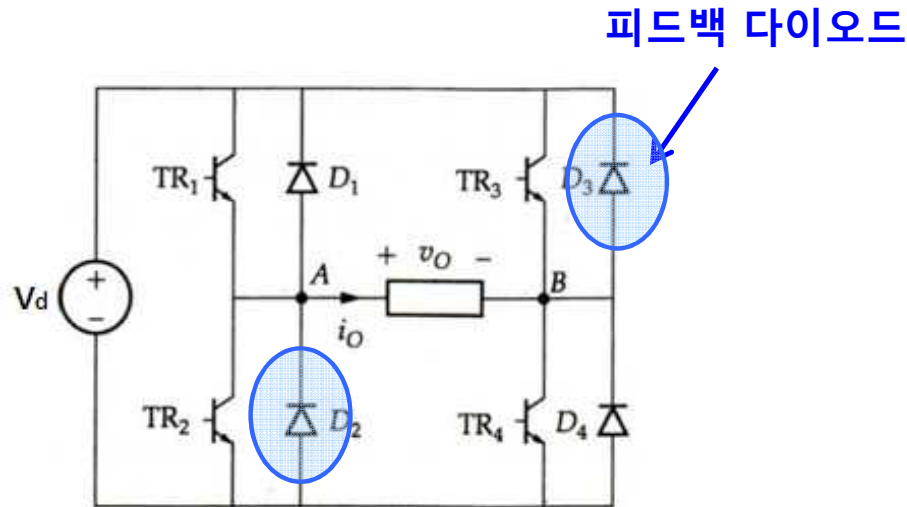
R-L-C부하시 전류파형 - 지상개념

R-L부하시 전류파형 - 지상개념

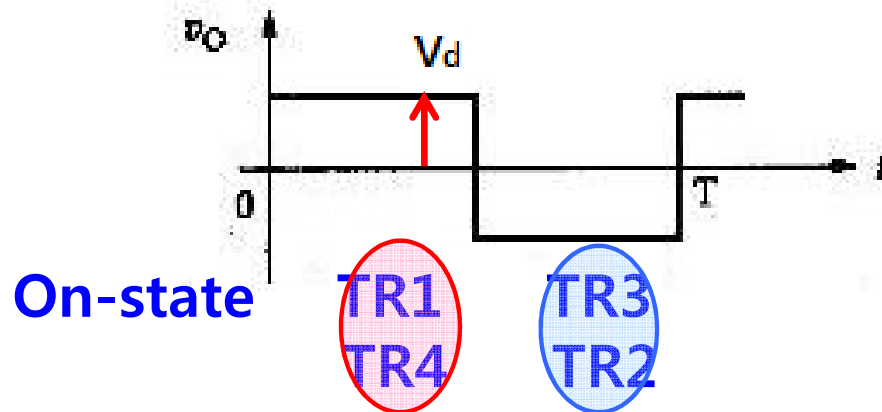
R-C부하시 전류파형 - 진상개념

단상 Full-bridge 인버터

Full-bridge 형



- 부하전압이 전원전압과 동일(V_d)
- 각 스위치의 온-오프동작에 따라 출력은 $+V_d$, $-V_d$, 0 의 3 상태로 얻어짐(0-상태 존재).

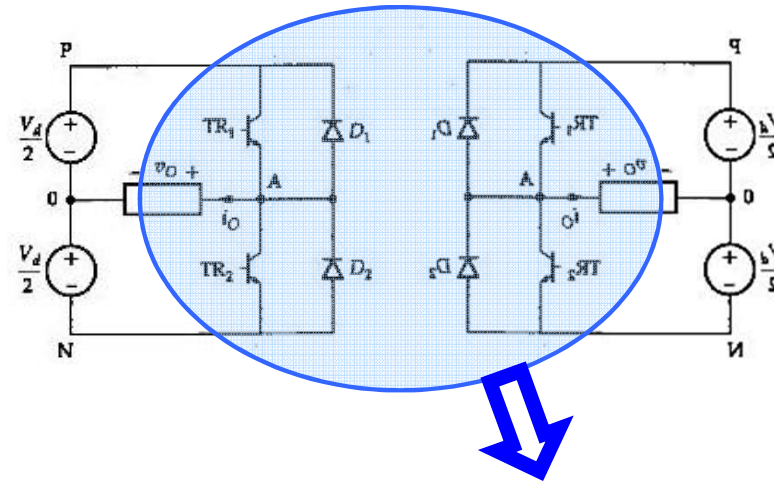
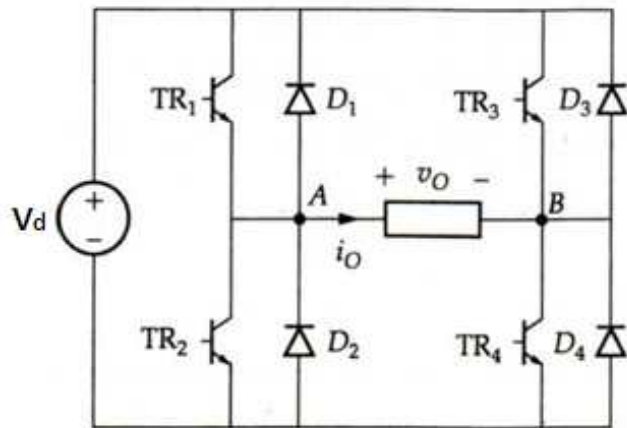


- 각 다이오드를 통해 부하인덕터의 축적에너지가 **환류** 또는 **전원**으로 반환됨.

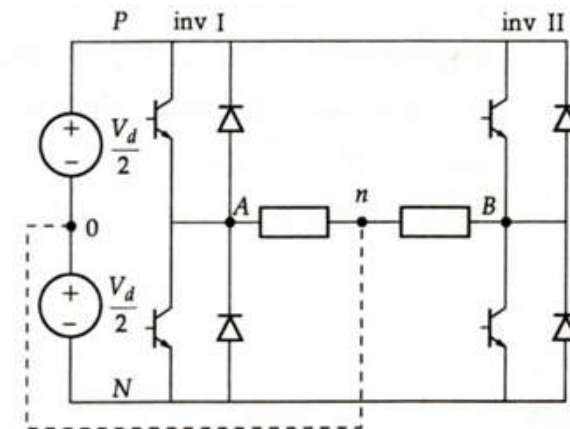
- 7장의 4상한 초퍼와 동일 구조

단상 Full-bridge 인버터

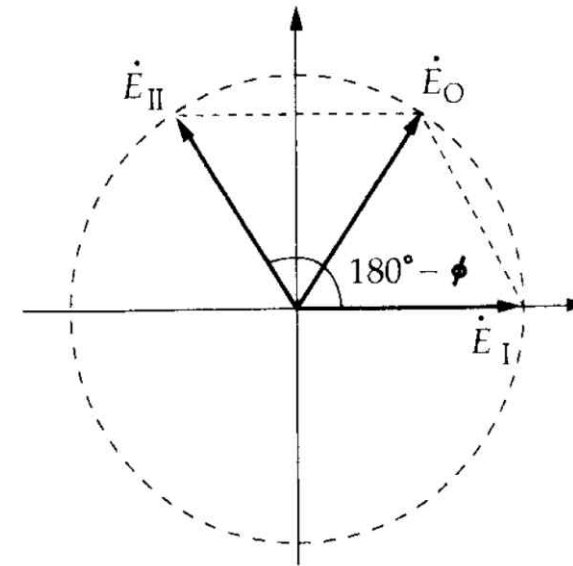
회로구조



- full-bridge 인버터는 2개의 half-bridge인버터의 결합구조



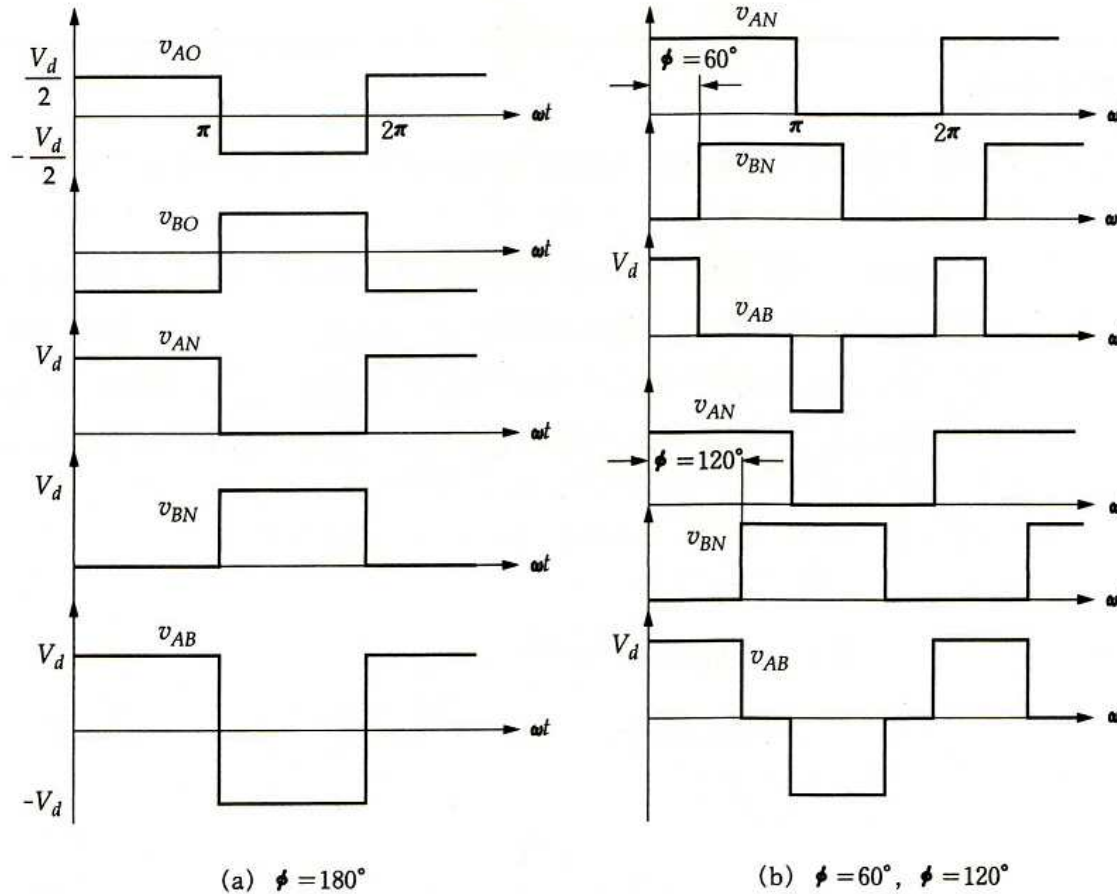
출력제어



위상각 $\left\{ \begin{array}{ll} \phi = 0^\circ & E_o = 0 \\ \phi = 180^\circ & E_o = 2E_h \end{array} \right.$

단상 FB 인버터의 출력제어

위상각 변경

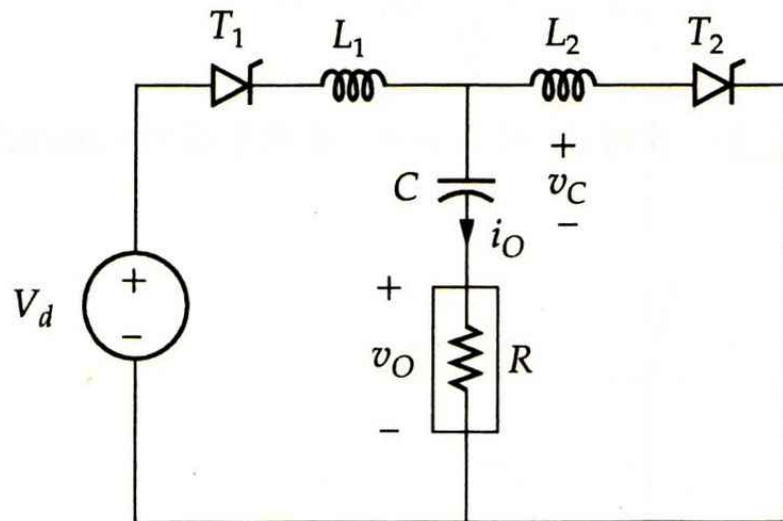


출력전압의 크기는

- 각 hb 인버터 전압의 위상에 따라 달라짐.
- 펄스폭변조로 나타남.

단상 직렬형 인버터

공진형 구조

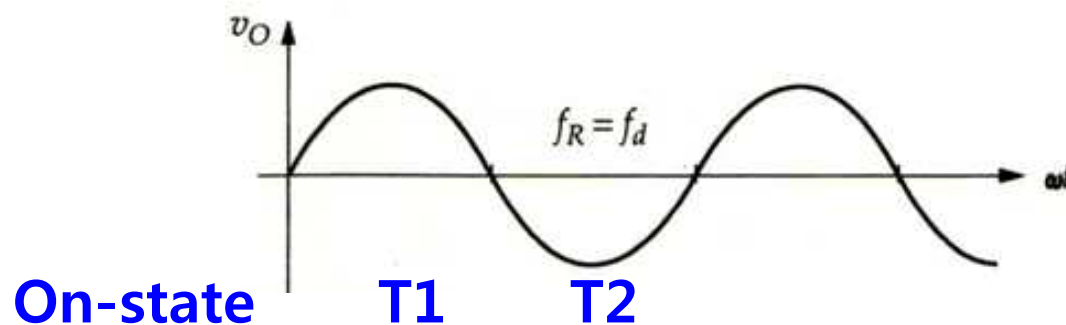


1) SCR T_1 을 온시키면

L_1 을 통하여 전류가 부하로 흐르면서 C 에 충전된다. 충전이 완료되면 T_1 의 전류가 0으로 되어 T_1 은 자연전환됨.

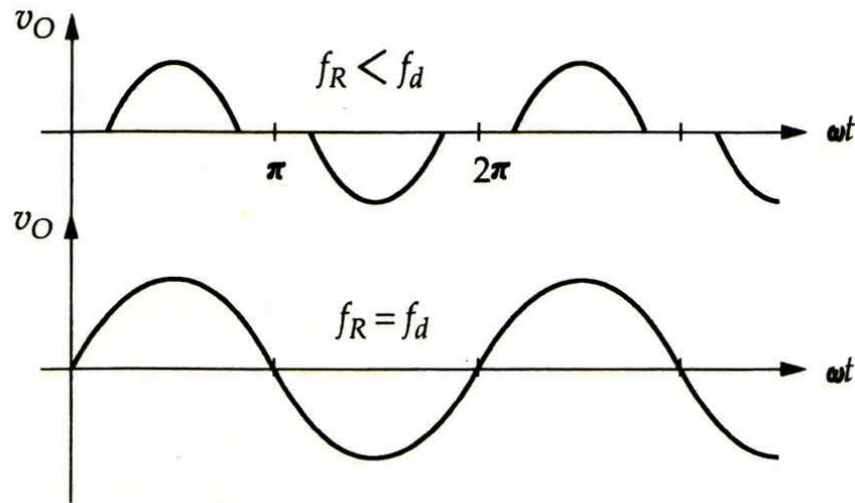
2) SCR T_2 를 온시키면

C 의 방전전류는 L_2 와 T_2 를 통해 흐르기 시작하며, 완전 방전후 T_2 도 자연전환됨.



단상 직렬형 인버터

출력과 공진점 설정



공진주파수를 f_d 이라 할 때,

f_d 에 대한 인버터의 스위칭 주파수 f_R 의 설정에 따라 실제 출력의 형태가 매우 달라짐.

직렬형 인버터의 스위칭 주파수 f_R 은 공진주파수 f_d 보다 낮게 설정함

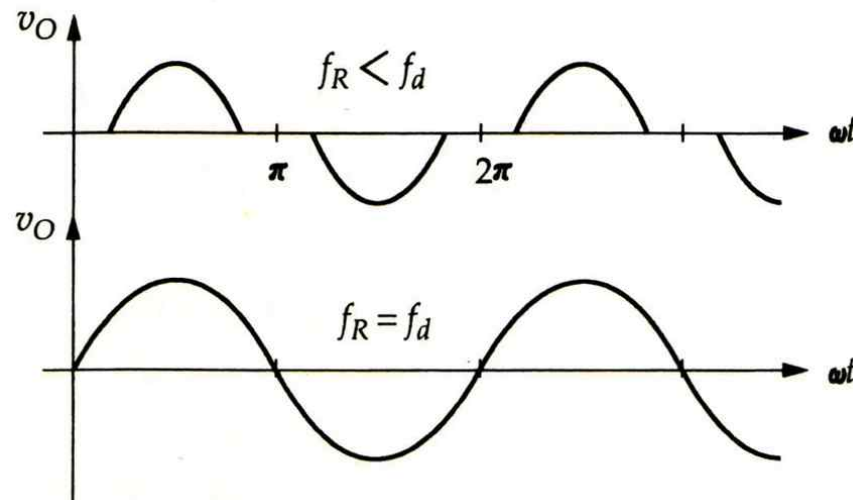
$$f_d = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2} > f_R$$

단상 직렬형 인버터

Homework

<Homework>

예제8-6의 문제를 푸시오.



$$f_d = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2} > f_R$$