

# 전력전자 Summary

• Ampere-Second 밸런스 : 정상 상태에서  $\langle i_c \rangle = 0$   
 • Volt-Second 밸런스 : 정상 상태에서  $\langle V_L \rangle = 0$

• THD (전파왜곡률) • DF (왜곡률) • 변기율  
 $THD_i = \frac{\sqrt{I^2 - I_1^2}}{I_1}$      $DF = \frac{I_1}{I}$      $DPF = \frac{\text{기분파의 평균전력}}{\text{가변전압 RMS} \times \text{기분파전류 RMS}} = \cos \phi$

## 단상 다이오드 정류회로

• 반파 (저항)    • 반파 + 환류 (유도성,  $\frac{wL}{R} \gg 1$ )  
 $\langle V_o \rangle = \frac{\sqrt{2}V}{\pi}$ ,  $I_o = \frac{\sqrt{2}V}{2R}$      $\langle V_o \rangle = \frac{\sqrt{2}V}{\pi}$   
 • 전파 (저항)    • 전파 (유도성,  $\frac{wL}{R} \gg 1$ )  
 $\langle V_o \rangle = \frac{2\sqrt{2}V}{\pi}$ ,  $I_o = \frac{V}{R}$      $\langle V_o \rangle = \frac{2\sqrt{2}V}{\pi}$

## 3상 다이오드 정류회로

• 반파 (저항)  
 $\langle V_o \rangle = \frac{3\sqrt{6}V}{2\pi}$ ,  $\langle i_o \rangle = \frac{1}{3} \langle i_o \rangle$   
 • 전파 (저항)  
 $\langle V_o \rangle = \frac{3\sqrt{6}V}{\pi}$   
 • RF (리플률)  
 $RF = \frac{\sqrt{V_o^2 - \langle V_o \rangle^2}}{\langle V_o \rangle}$   
 • FF (파형률)  
 $FF = \frac{V_o}{\langle V_o \rangle}$

## 단상 위상제어 정류회로

• 반파 (저항)  
 $\langle V_o \rangle = \frac{\sqrt{2}V}{2\pi} (1 + \cos \alpha)$ ,  $I_o = \frac{\sqrt{2}V}{2R} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{2\alpha}{\sin 2\pi}}$   
 • 전파 (저항)  
 $\langle V_o \rangle = \frac{\sqrt{2}V}{\pi} (1 + \cos \alpha)$ ,  $I_o = \frac{V}{R} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{2\alpha}{\sin 2\pi}}$   
 • 전파 (유도성,  $\frac{wL}{R} \gg 1$ )    • 전파 + 환류 (유도성,  $\frac{wL}{R} \gg 1$ )  
 $\langle V_o \rangle = \frac{2\sqrt{2}V}{\pi} \cos \alpha$      $\langle V_o \rangle = \frac{\sqrt{2}V}{\pi} (1 + \cos \alpha)$ ,  $\langle i_o \rangle = \frac{\alpha}{\pi} \langle i_o \rangle$

## 정전압 직류출력

• 인덕터 전류 연속모드  
 $\langle V_o \rangle = \frac{2\sqrt{2}V}{\pi} \cos \alpha$ ,  $L_c = \frac{R}{w} \tan \alpha$

## 역률 (안상)

• 저항부하 :  $PF = \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{2\alpha}{\sin 2\pi}}$   
 • 유도성부하 ( $\frac{wL}{R} \gg 1$ ) :  $PF = \frac{2\sqrt{2}V}{\pi} \cos \alpha$   
 • 공전압은 사분면 변압기 2차측 역률 :  $PF_2 = \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{2\alpha}{\sin 2\pi}}$

# 교조파

$$A_1 = \frac{\sqrt{2}I_s}{2\pi} (\cos 2\alpha - 1), \quad B_1 = \frac{\sqrt{2}I_s}{2\pi} (\sin 2\alpha + 2\pi - 2\alpha)$$

## 전원측 인덕턴스 $L_s$ 의 영향 (안상)

$$\cos(\alpha + u) = \cos \alpha - \frac{2wL_s I_o}{\sqrt{2}V}$$

$$\langle V_o \rangle = \frac{2\sqrt{2}V}{\pi} \cos \alpha - \frac{2wL_s I_o}{\pi}$$

## 3상 위상제어 정류회로

• 저항부하 ( $\frac{wL}{R}$ )  
 $\langle V_o \rangle = \begin{cases} \frac{3\sqrt{6}V}{2\pi} \cos \alpha & (0^\circ \leq \alpha < 30^\circ) \\ \frac{3\sqrt{2}V}{2\pi} (1 + \cos(\alpha + 30^\circ)) & (30^\circ \leq \alpha < 150^\circ) \\ 0 & (150^\circ \leq \alpha < 180^\circ) \end{cases}$   
 • 유도성부하 ( $\frac{wL}{R} \gg 1$ )  
 $\langle V_o \rangle = \frac{3\sqrt{6}V}{2\pi} \cos \alpha$  ( $0^\circ \leq \alpha < 180^\circ$ )  
 • 환류다이오드 : 저항부하와 같음,  $\langle i_o \rangle = \frac{\alpha - 30^\circ}{120^\circ} \langle i_o \rangle$   
 • 전파  
 $\langle V_o \rangle = \begin{cases} \frac{3\sqrt{2}V}{\pi} \cos \alpha & (0^\circ \leq \alpha < 60^\circ) \\ \frac{3\sqrt{2}V}{\pi} (1 + \cos(\alpha + 60^\circ)) & (60^\circ \leq \alpha < 120^\circ) \\ 0 & (120^\circ \leq \alpha < 180^\circ) \end{cases}$   
 \*  $R-L$ ,  $\frac{wL}{R} \gg 1$  이면  $\alpha$ 에 관계 없이  $\frac{3\sqrt{2}V}{\pi} \cos \alpha$  일.  
 • 전파 + 환류  
 $V_o = \begin{cases} \frac{3\sqrt{2}V}{\pi} \cos \alpha & (0^\circ \leq \alpha < 60^\circ) \\ \frac{3\sqrt{2}V}{\pi} (1 + \cos(\alpha + 60^\circ)) & (60^\circ \leq \alpha < 120^\circ) \\ 0 & (120^\circ \leq \alpha < 180^\circ) \end{cases}$

## 전원측 인덕턴스 $L_s$ 의 영향 (3상)

$$\langle V_o \rangle = \frac{3\sqrt{2}V}{\pi} \cos \alpha - \frac{3}{\pi} wL_s I_o$$

$$\cos(\alpha + u) = \cos \alpha - \frac{2wL_s I_o}{\sqrt{2}V}$$

## 듀얼 컨버터

$$\langle V_{o1} \rangle = \frac{3\sqrt{2}V}{\pi} \cos \alpha_1, \quad \langle V_{o2} \rangle = -\frac{3\sqrt{2}V}{\pi} \cos \alpha_2$$

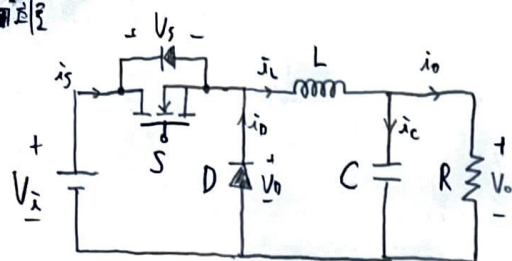
안상  $\langle V_{o1} \rangle = \langle V_{o2} \rangle$  이므로  $\alpha_2 = \pi - \alpha_1$  성립

## 역률 (3상)

$$PF = \begin{cases} \frac{3}{\pi} \cos \alpha & (\alpha \leq 60^\circ) \\ \frac{\sqrt{2}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{90^\circ}{120^\circ - \alpha}} \left( \sqrt{3} + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \alpha - \frac{3}{2} \sin \alpha \right) & (60^\circ \leq \alpha < 120^\circ) \end{cases}$$

## \* Buck 컨버터

회로

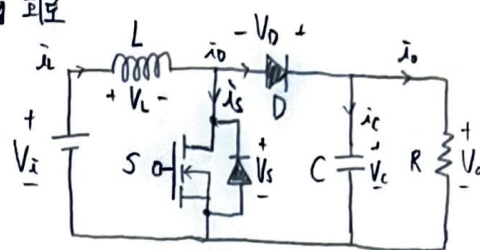


관련공식

- $\frac{V_o}{V_i} = D$
- $I_L = I_o$
- $I_{max} = I_L + \frac{V_i - V_o}{2L} DT$ ,  $I_{min} = I_L - \frac{V_i - V_o}{2L} DT$
- $\Delta i_L = \frac{V_o}{L} (1-D) T$
- $\Delta V_o = \frac{1}{C} \Delta i_L \cdot \frac{T}{8}$
- 전류 불연속 모드 ( $I_{min} < 0$ )  
 → 정상상태해석 •  $\frac{V_o}{V_i} = \frac{D}{D_A}$ 
  - $D_A = D + \frac{2LI_o}{DTV_i}$
  - $I_o = \frac{I_{max}}{2} \cdot D_A$

## \* Boost 컨버터

회로



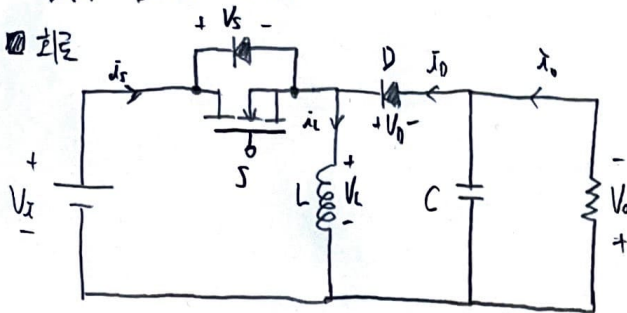
관련공식

- $\frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{1-D}$
- $I_L = \frac{I_o}{1-D}$
- $I_{max} = I_L + \frac{V_i}{2L} DT$ ,  $I_{min} = I_L - \frac{V_i}{2L} DT$
- $\Delta i_L = \frac{V_i}{L} DT$
- $\Delta V_o = \frac{1}{C} DT \cdot I_o$
- 전류 불연속 모드 ( $I_{min} < 0$ )  
 → 정상상태해석 •  $\frac{V_o}{V_i} = \frac{D_A}{D_A - D}$ 
  - $D_A = D + \frac{2LI_o}{DTV_i}$
  - $I_o = I_D = \frac{I_{max}}{2} (D_A - D)$

- $P_{in} = V_i \cdot I_L$
- $I_s = D \cdot I_L$
- $I_D = (1-D) \cdot I_L$

## \* Buck-Boost 컨버터

회로



관련공식

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{D}{1-D}$$

$$I_L = \frac{I_o}{1-D}$$

$$I_{max} = I_L + \frac{V_i}{2L}DT, \quad I_{min} = I_L - \frac{V_i}{2L}DT$$

$$\Delta i_L = \frac{V_i}{L}DT$$

$$\Delta V_o = \frac{1}{C}DT \cdot I_o$$

전류 불연속 모드 (\$I\_{min} < 0\$)

→ 정상상태해석 •  $\frac{V_o}{V_i} = \frac{D}{D_A - D}$

$$D_A = D + \sqrt{\frac{2LI_o}{TV_o}}$$

$$I_o = \frac{I_{max}}{2}(D_A - D)$$

↓  
출력 전류의 평균값

인덕터 전류의 최대값

## \* Half-Bridge Inverter

동작원리 특징

- 신호 종류  
기온파 (반송파)

- 진폭 변조 지수

$$M_a = \frac{\text{기온파의 진폭}}{\text{반송파의 진폭}}$$

- 주파수 변조 지수

$$M_f = \frac{\text{반송파의 주파수}}{\text{기온파의 주파수}}$$

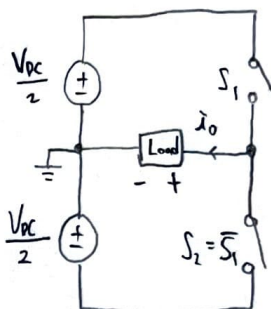
- 반송파의 한 주기동안 스위칭이 두번 발생하므로 인버터의 스위칭 주파수는 반송파 주파수와 같다.

- \$S\_1\$ 스위치

- 기온파가 높으면 ON
- 반송파가 높으면 OFF

- \$S\_2\$ 스위치

- 기온파가 높으면 OFF
- 반송파가 높으면 ON



## \* Full-Bridge Inverter

Unipolar Modulation

동작원리

- \$S\_1\$ 스위치

- 기온파 (\$V\_{ra}\$)가 높으면 ON
- 반송파가 높으면 OFF

- \$S\_2\$ 스위치

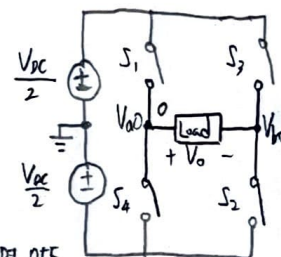
- 기온파 (\$V\_{ra}\$)가 높으면 ON
- 반송파가 높으면 OFF

- \$S\_3\$ 스위치

- 기온파 (\$V\_{rb}\$)가 높으면 OFF
- 반송파가 높으면 ON

- \$S\_4\$ 스위치

- 기온파 (\$V\_{ra}\$)가 높으면 OFF
- 반송파가 높으면 ON



특징

1. 기온파가 2개이다.

- sine wave 기온파 / sine wave 기온파를 0으로 같은 반전한 또 다른 기온파

2. 두개 중 하나의 기온파는 다른 기온파보다 반주기동안 항상 크다.

- 즉, 다른 하나를 더 오래 커놓기 때문에 편스가 2개 생긴다.

3. 고조파 차수가 2배 올라간다.

Bipolar Modulation

- \$S\_1, S\_2\$ 스위치

- 기온파가 높으면 ON
- 반송파가 높으면 OFF

- \$S\_3, S\_4\$ 스위치

- 기온파가 높으면 OFF
- 반송파가 높으면 ON

