

EOMJI WORLD

[전기기기] 요점 정리

1장. 직류기

2장. 동기기

3장. 변압기

4장. 유도기

5장. 정류기 ✓

네이버 블로그
EOMJI WORLD



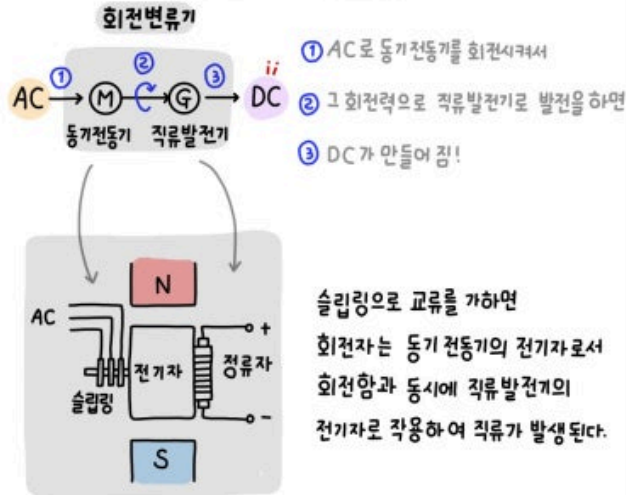
EOMJI WORLD

AC → DC

① 회전변류기

(1) 원리

동기전동기와 직류발전기를 조합한 것



입력인 AC 전압을 조정하여 출력 DC 전압을 조절 가능

HOW?

(2) 전압조정방법

- ① 직렬리액터
- ② 부하시 전압조정 변압기 (탭 전압 조정)
- ③ 유도전압 조정기
- ④ 동기승압기

(3) 회전변류기의 난조



[REVIEW] 난조 : 동기속도 주변에서 전동하는 현상



1. 브러쉬의 위치가 중성축 보다 늦은 위치에 있을 때
2. 직류측에 걸린 부하가 급변하는 경우
3. 교류측(입력)에서 주파수가 변동할 때
4. 역률이 저하되었을 때
5. 전기자 회로의 저항 > 리액턴스 일 때

② 대책

1. 난조 방지! 제동권선!
2. 전기자 회로의 저항보다 리액턴스를 크게 할 것
3. 자극수를 적게하여 기하학적 각도와 전기각의 차이를 적게 한다.

[전기각 / 기계각]

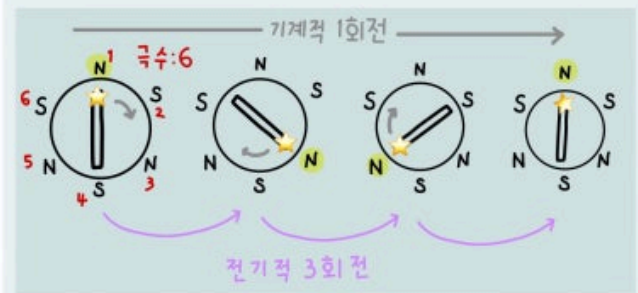
$$\text{전기각} = \text{기계각} \times \frac{P}{2}$$

기계각 : 모터가 눈으로 봤을 때 한 바퀴 돈 것

전기각 : 전기적으로 1바퀴 돈 것

($n \rightarrow S \rightarrow n$ 같이 극이 되돌아온게 1바퀴)

ex) 6극이면 기계적으로 1회전 할 때, 전기적으로 3회전해



※ 사실 유도전동기는 자계가 회전하지만 이해가 쉽도록 극을 고정하였음

[예제]

Q. 4극 고정자 횡수 48인 3상 유도전동기의 홈 간격의 전기각은?

Sol. $P = 4$

$$\text{홈 간격의 기계각} = \frac{360^\circ}{\text{홈수}} = \frac{360^\circ}{48} = \frac{15}{2}$$

$$\therefore \text{전기각} = \text{기계각} \times \frac{P}{2} = \frac{15}{2} \times \frac{4}{2} = 15^\circ$$

blog.naver.com/thumb-jw

회전변류기

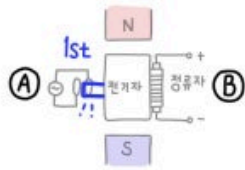
원리 전압조정방법 회전변류기 난조 난조발생 원인 전기각 기계각

EOMJI WORLD

동기전동기는 기동토크가 너무 작아서 스스로 기동 못해서
 ① 제동권선을 이용한 자기기동, ② 유도전동기를 통한 기동등으로
 기동토크를 구했음 (전기기기 필기 32p 참고)
 회전변류기는 동기전동기의 원리를 이용해야 하므로
 마찬가지로 기동방법이 필요함

(4) 회전 변류기의 기동

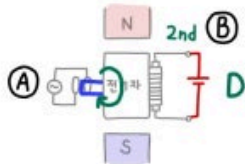
① 직류측 기동법



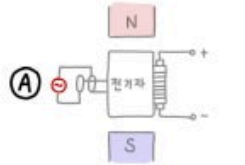
1st. ① 축을 단락 한다

2nd. ② 축에 DC를 흘려보낸다

→ 이때 직류 전동기로 동작하며
 A축이 회전함 (기동토크!)

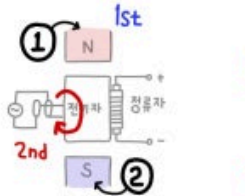


3rd. A축이 동기속도 까지 충분히
 올라가면 DC를 떼고
 여기까지 기동!



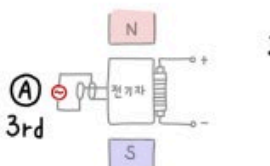
4th. A축에 AC 전원을 공급한다.

② 교류측 기동법



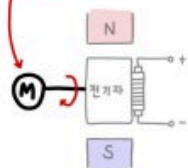
1st. ①과 ②에 교류전압을 걸어준다
 → 고정자

2nd. 유도전동기 처럼 동작하며,
 회전자가 따라 돈다!



3rd. A축이 동기속도 까지 충분히
 올라가면 (기동이 끝나면)
 AC 전원을 공급한다.

③ 기동전동기에 의한 기동법



그냥 전동기 새로 하나 달아서 기동 ~

blog.naver.com/thumb_jw

(5) 전압비, 전류비

① 전압비

$$\frac{\text{교류전압}}{\text{직류전압}} = \frac{E_A}{E_D} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sin \frac{\pi}{m}$$

(m : 상 수)

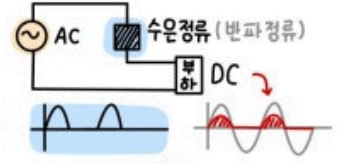
3φ, 6φ 할때 상

② 전류비

$$\frac{\text{교류전류}}{\text{직류전류}} = \frac{I_A}{I_D} = \frac{2\sqrt{2}}{m \cos \theta}$$

진공도가 높은 윤기 속의 수은증기 안에서
 마그네트론을 일으켜 정류를 하는 것

② 수은 정류기



(1) 수은 정류기의 역호 ☹

① 역호 : 어떠한 원인으로 음극점이 형성되어
 정류기의 밸브작용이 상실되는 현상
 → 한 방향으로만 전류를 흘릴 수 있게 하는 작용

② 발생원인

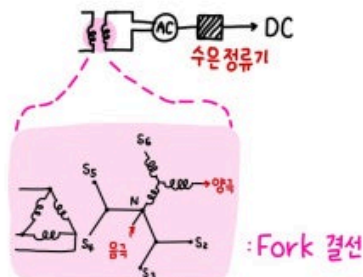
1. 과부하 전류 및 전압
2. 내부 잔존 가스의 압력 상승
3. 양극의 수은방울 부착 및 불순물 부착

③ 방지대책

1. 과열/과냉각 금지
2. 정류기의 과부하 방지
3. 진공도를 충분히 높게 한다.

$$(2) \text{ 효율 } \eta = \frac{100}{1 + \frac{E_a}{E_d}} (\%)$$

* 변압기의 결선 중 3φ를 6상으로 변화시킬 때
 FORK 결선을 쓰는데, 이때 부하가 수은정류기임!



EOMJI WORLD

산업 전류미 구는 정류기 역오

EOMJI WORLD

[3] 전력용 반도체 소자 (역스위칭에 의한 정류)

(1) 반도체 소자의 분류

① ON, OFF 에 의한 분류

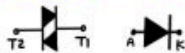
- ON, OFF 불가능 : 다이오드
- ON 가능, OFF 불가능 : SCR, TRIAC 등
- ON, OFF 가능 : GTO, BJT, MOSFET, IGBT

② 방향성에 의한 분류

- 단방향성 소자
: 다이오드, SCR, GTO, BJT, MOSFET, IGBT 등
- 양방향성 소자
TRIAC 등

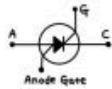
③ 단자에 의한 분류 : 3단자는 많으므로 2, 4단자 주로 암기

- 2단자 DIAC, 다이오드 등



- 3단자 SCR, LASCR, GTO, TRIAC, TR 등

- 4단자 SCS 등



blog.naver.com/thumb_jw

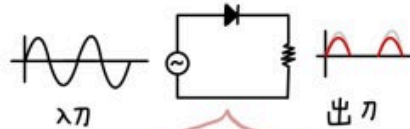
① 특성 : 전류를 한 방향으로만 흐르게 함

② 기호



A: Anode (양극)
K: Cathode (음극)

③ 특징



반파 정류 회로

(3) 트랜지스터

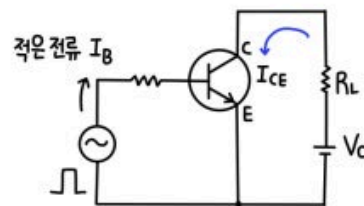
① 기호



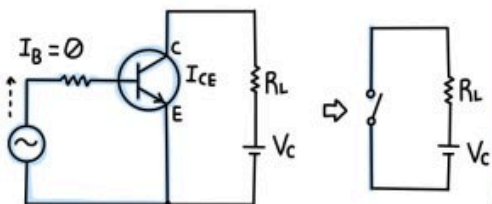
② 특징

1. 증폭작용 * 적운전류 I_B 만으로 큰 I_{CE} 가 흐르게 함
2. 스위칭작용 * I_B 가 흘러야 I_{CE} 가 도통됨
3. ON, OFF 제어

case1 I_B 가 흐를 때 : 스위치 ON



case2 I_B 가 안 흐를 때 : 스위치 OFF



EOMJI WORLD

(4) 사이리스터 (SCR) * 가장 널리 사용됨

Silicon Controlled Rectifier

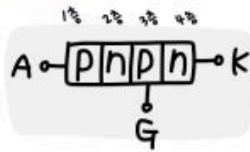
[그림기호]



* 일반적인 다이오드 정류기에 제어단자인 게이트 (Gate) 단자를 부착한 3단자 실리콘 반도체 정류기

[구성]

* 실리콘 PNPN 4층구조 (접합부는 3개)



A (Anode) : 양극
K (cathode) : 음극
G (Gate) : 게이트

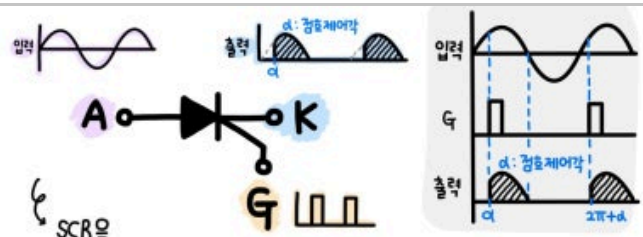
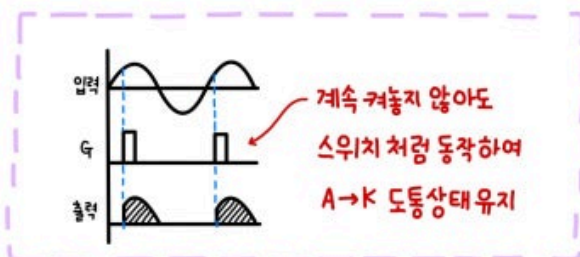
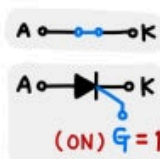
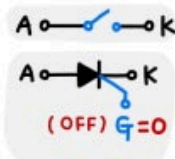
[용어]

- (1) 턴 온 (Turn-On) : SCR 이 OFF 상태에서 ON 상태로 도통
- (2) 래칭전류 : SCR 이 턴 온 되기 위한 게이트 최소전류
- (3) 유지전류 : SCR 이 턴 온된 후 게이트에 전류가 흐르지 않아도 Turn On 상태를 유지하는 A→K 의 최소전류
- (4) 턴 온 시간 : 게이트 신호 인가 후 도통 되는데 걸리는 시간

[기능]

Gate 가 이 기능을 다함

(1) 스위칭 ON / OFF 기능



SCR을
위상제어소자 라고 부르기도 함!

[TURN ON, OFF 조건]

(1) TURN ON 조건

- ① 애노드와 캐소드의 전압강하 (브레이크 오버전압) 보다 높은 전위차를 발생시켜야 한다
- ② 게이트에 래칭 전류 이상으로 전류를 흘려준다

(2) TURN OFF 조건 게이트 건드려도 소용X

- A와 K 간의 전류를 유지전류 이하가 되게 한다
- 애노드 전압을 0 or (-)가 되게 한다 (역방향 bias)

[특징]

- ① 아크가 생기지 않으므로 열 발생이 적다
- ② 대전류용 이고 동작시간이 짧다
- ③ 작은 게이트 신호로 대전력을 제어할 수 있다
- ④ 교류 및 직류 모두를 제어할 수 있다
- ⑤ 역방향 내전압이 가장 크다
- ⑥ 과전압에 약하다
- ⑦ 열용량이 적어 고온에 약하다
- ⑧ 게이트 신호 인가 → 도통 하는데의 시간이 짧다
- ⑨ 역률각 이하에서는 제어가 되지 않는다
- ⑩ 전류가 흐르고 있을 때 양극의 전압강하가 작다
- ⑪ 위상제어의 최대 조절범위는 $0^\circ \sim 180^\circ$ 이다

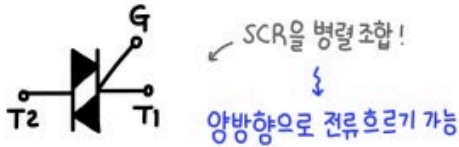
blog.naver.com/thumb-jw

사이리스터 기호 기능 특징 스위칭 위상각 제어
턴온 래칭전류 유지전류 턴온 시간

EOMJI WORLD

: 양방향성 3단자 사이리스터

① 기호



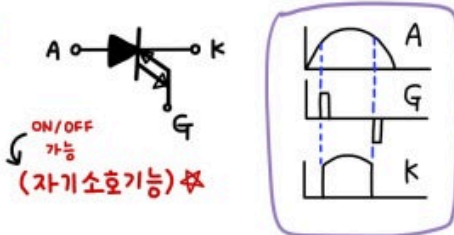
② 특징

1. 쌍방향 모두 Gate 전류로 제어
2. Gate 전류 인가시 Turn - ON
유지전류 이하일 경우 Turn - off
3. AC/DC 모두 사용 가능 → AC 기기 제어에 널리 사용
4. NPNPN 5층 구조

(6) GTO (Gate turn off thyristor)

: 단방향성 소자로서 ON, OFF 둘 다 가능

① 기호

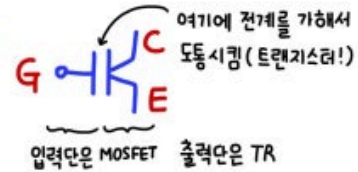


② 특징

SCR은 게이트로 턴-온 밖에 못했잖아
근데 애는 게이트로 턴 오프도 가능함!

blog.naver.com/thumb_jw

① 기호



- * 게이트(G), 애노드(A), 캐소드(K) : SCR
- * 베이스(B), 컬렉터(C), 이미터(E) : TR
- 게이트(G), 컬렉터(C), 이미터(E) : IGBT

② 특징

MOSFET/BJT/GTO 의 장점이 다 있음

	MOSFET	BJT	GTO
😊	속도 빠름	용량 큼 (대전류)	ON, OFF 가능
☹	용량 적음	속도 느림	

1. 단방향성 소자임
2. 전압제어 소자임! (게이트의 신호를 전압으로 제어)
3. BJT 보다 구동이 쉽고
4. MOSFET보다 큰 전류를 흘림
→ MOSFET 보다 병렬 운전에 더 유리함
5. 고전압 스위칭 가능 → 산업용 인버터에 주로 쓰임
6. GTO 처럼 게이트로 ON-OFF 가능, 자기소호능력
7. TURN ON, OFF 시 높은 전압 발생
8. 절연게이트를 가지고 있어서 정전 대책 필요

③ 응용분야

- 전력 전자에 많이 사용!
- 직·교류 전동기의 구동
- 지하철 차량 구동 전동기
- 무정전 전원공급 장치 (UPS)
- 전자접촉기, 반도체 릴레이 등



EOMJI WORLD

① 제너 다이오드 : 일정한 전압을 얻는 회로 ★

* 대표적인 정전압 다이오드



② SSS (Silicon Symmetrical(대칭) Switch)

양방향성 대칭형

스위치

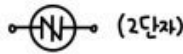
* 역저지 3단자 사이리스트를 역병렬 접속

* 게이트 없음

→ 브레이크 오버 전압 이상의 펄스로 도통시킴

* 장점 : 과전압에 강함

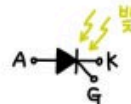
* 용도 : 교류 제어용 SW, 조광장치등



③ LASCR (Light Active Semiconductor Controlled rectifier)

빛으로 동작하는 SCR

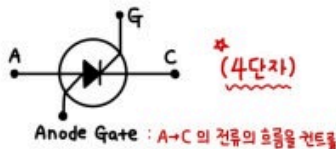
* 용도 : 광스위치, 클레이카운터 회로 등에 사용



(3단자)

④ SCS Silicon Controlled Switch

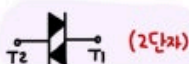
* 역저지 4단자 사이리스터



* (4단자)

⑤ DIAC

Diode Alternating Current



(2단자)

* 양단의 전압이 breakover 전압 이상이면 도통

* 도통 최소전류 이상의 전류가 흐르면 계속 도통

* SCR이나 TRIAC 게이트에 트리거신호를 인가해서

AC 전압을 제어하는데 사용됨

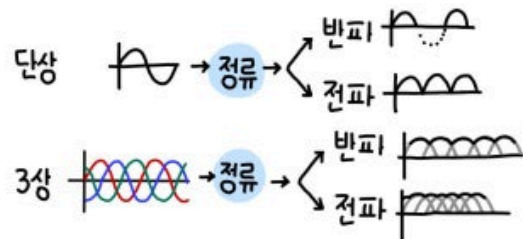
* 2극 쌍방향 소자로서 대칭적 부성저항을 나타냄

제너 항복 특성 이용

PN 접합의 역방향 전류에 대해 어느 일정한 값 이상의 역전압을 가하면 제너 효과에 의해 급격히 증가하여 동작 저항이 거의 0이 되는 현상



어디에서? 정류할 때!



다이오드 or SCR 을 이용

blog.naver.com/thumb_jw

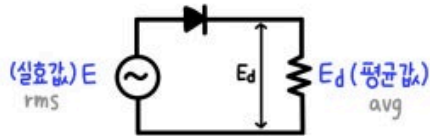
제너 다이오드 sss lascr scs diac 제너 항복 특성

EOMJI WORLD

4 다이오드 정류 회로

의 단방향성을 이용한

(1) 단상반파 정류 회로



① 출력전압

$$E_d = \frac{1}{\pi} V_m = \frac{\sqrt{2}}{\pi} E = 0.45 E$$

$V_m = \sqrt{2} V_{rms}$

② PIV (역제지 전압)

: 다이오드에 역방향으로 걸리는 전압

$$PIV = \sqrt{2} E = V_m \quad \text{: 최대 값이 걸림}$$

③ 정류효율 $\eta = \frac{\text{입력측 전력}}{\text{출력측 전력}}$

$$\eta = 40.6 [\%]$$

④ 입력 주파수와 출력 주파수의 관계

$$f_{OUT} = f_{IN}$$

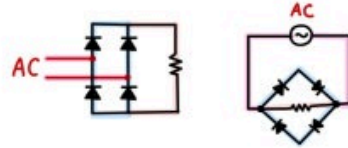
⑤ 맥동률 = $\frac{\text{교류분}}{\text{직류분}} = \frac{\text{교류실효값}^2 - \text{직류실효값}^2}{\text{직류분}}$

$$\text{맥동률} = 121 [\%]$$

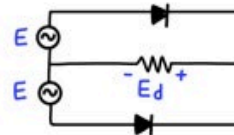
blog.naver.com/thumb_jw

(2) 단상전파 정류 회로

Type 1) 브릿지 회로 : 다이오드 4개



Type 2) 일반 회로 : 다이오드 2개



① 출력전압

$$E_d = \frac{2}{\pi} V_m = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} E = 0.9 E \quad \leftarrow \text{반파정류회로의 2배}$$

$V_m = \sqrt{2} V_{rms}$

② PIV (역제지 전압)

: 다이오드에 역방향으로 걸리는 전압

Type 1) 브릿지 회로

$$PIV = \sqrt{2} E = V_m \quad \text{: 최대 값이 걸림}$$

Type 2) 일반 회로

$$PIV = 2 \sqrt{2} E = 2 V_m$$

: 최대 값의 2배가 걸림

③ 정류효율 $\eta = \frac{\text{입력측 전력}}{\text{출력측 전력}}$

$$\eta = 81.2 [\%] \quad \leftarrow \text{반파정류회로의 2배}$$

④ 입력 주파수와 출력 주파수의 관계

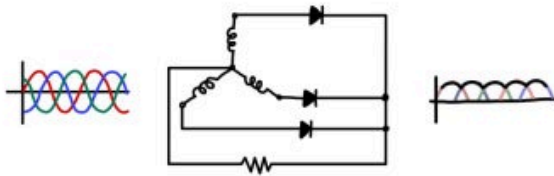
$$f_{OUT} = 2 f_{IN}$$

⑤ 맥동률 = $\frac{\text{교류분}}{\text{직류분}} = \frac{\text{교류실효값}^2 - \text{직류실효값}^2}{\text{직류분}}$

$$\text{맥동률} = 48 [\%]$$

EOMJI WORLD

(3) 3상반파 정류회로



① 출력전압 $E_d = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} E = 1.17 E$

$E_d = \frac{1}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{5\pi}{6}} \sin\theta d\theta$

[유도]

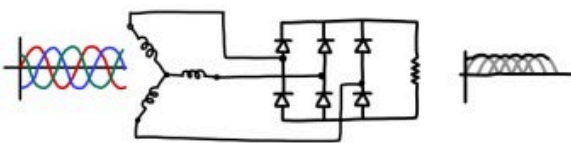
$$E_d = \sqrt{2} \frac{\sin \frac{\pi}{m}}{\frac{\pi}{m}} \times E = \sqrt{2} \frac{\sin \frac{\pi}{3}}{\frac{\pi}{3}} \times E \quad (m=3)$$

$$= \sqrt{2} \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{\pi}{3}} \times E = \sqrt{2} \times \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} \times E = 1.17 E$$

② 입력 주파수와 출력 주파수의 관계 $f_{OUT} = 3 f_{IN}$

③ 맥동률 = $\frac{\text{교류분}}{\text{직류분}} = 17 [\%]$

(4) 3상전파 정류회로



① 출력전압 $E_d = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} E = 2.34 E = 1.35 E_d$

[유도]

$$E_d = 2\sqrt{2} \frac{\sin \frac{\pi}{m}}{\frac{\pi}{m}} \times E = 2\sqrt{2} \frac{\sin \frac{\pi}{3}}{\frac{\pi}{3}} \times E \quad (m=3)$$

$$= 2\sqrt{2} \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{\pi}{3}} \times E = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} \times E = 2.34 E$$

② 입력 주파수와 출력 주파수의 관계 $f_{OUT} = 6 f_{IN}$

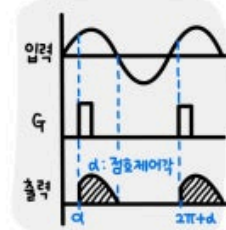
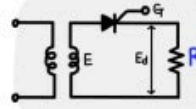
③ 맥동률 = $\frac{\text{교류분}}{\text{직류분}} = 4 [\%]$

⑤ SCR 정류회로

E: 입력(실효값) : 상전압 E_d : 출력(평균값) α : 점화제어각

(1) 단상반파 정류회로

[R만의 부하]



① 출력전압

$$E_d = \frac{\sqrt{2}}{\pi} E \left(\frac{1 + \cos \alpha}{2} \right) = 0.45 E \left(\frac{1 + \cos \alpha}{2} \right)$$

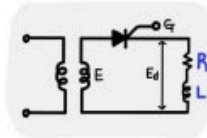
α 가 0 일때 최대값 : 제어각이 작을수록 부하에 흐르는 전류 도통각이 커짐

[유도]

E: 입력(실효값) / E_d : 출력(평균값) 이라 하면 $E_m = \sqrt{2} E$

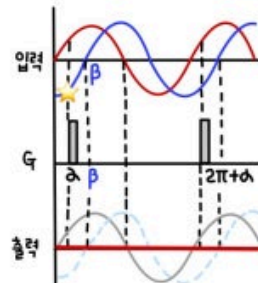
$$E_d = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \sqrt{2} E \cdot \sin \theta d\theta$$

$$= \frac{\sqrt{2} E}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \sin \theta d\theta = \frac{\sqrt{2} E}{2\pi} [-\cos \theta]_{\alpha}^{\pi} = \frac{\sqrt{2} E}{2\pi} (1 + \cos \alpha)$$

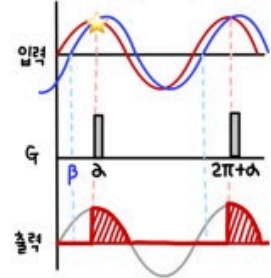
[L고려 부하] E_d 와 I의 위상차 β 가 발생

① 출력전압 $E_d = \frac{\sqrt{2}}{\pi} E \frac{\cos \alpha + \cos \beta}{2} = 0.45 E \frac{\cos \alpha + \cos \beta}{2}$

* 위상각 α 의 도통조건 : $\alpha > \beta$ ($0 < \alpha < \beta$ 에서 제어불가능)

Case I $\alpha < \beta$ 

게이트 신호가 인가 되어도
전류의 방향이 반대 (☆)
이므로 도통되지 않음

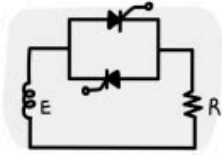
Case II $\alpha > \beta$ 

게이트 신호가 인가 됐을 때
전류의 방향이 동일 (☆)
하므로 제어 가능 범위

EOMJI WORLD

(2) 단상전파 정류회로

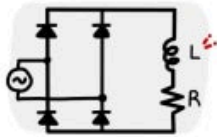
case1 저항만의 부하 → $\frac{1+\cos\alpha}{2}$



① 출력전압

$$E_d = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} E \left(\frac{1+\cos\alpha}{2} \right) = 0.9 E \left(\frac{1+\cos\alpha}{2} \right)$$

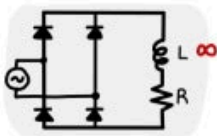
case2 유도성부하도 있긴 한데 별말x → $\frac{1+\cos\alpha}{2}$



① 출력전압

$$E_d = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} E \left(\frac{1+\cos\alpha}{2} \right) = 0.9 E \left(\frac{1+\cos\alpha}{2} \right)$$

case3 유도성부하 L이 ∞ 일때 → $\cos\alpha$



① 출력전압

$$E_d = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} E \cos\alpha = 0.9 E \cos\alpha$$

(3) 3상반파 정류회로

① 출력전압

$$E_d = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} E \cos\alpha = 1.17 E \cos\alpha$$

(4) 3상전파 정류회로

$$E_d = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} E_p \cos\alpha = 2.34 E_p \cos\alpha \quad (E_p: \text{상전압})$$

① 출력전압

$$E_d = 1.35 E \cos\alpha \quad (E: \text{선간전압})$$

$$\left(\because 2.34 \frac{E}{\sqrt{3}} \cos\alpha \right) : \gamma \text{결선 선간전압} = \sqrt{3} \times \text{상전압} \text{이므로}$$

[다이오드 정류회로]

다이오드	E_d (직류출력)	PIV	η [%]	맥동률	f
단상 반파	$E_d = \frac{\sqrt{2}}{\pi} E = 0.45 E$	$\sqrt{2} E$	40.6	121	$f_o = f_i$
단상 전파	$E_d = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} E = 0.9 E$	$\sqrt{2} E$ (브릿지) $2\sqrt{2} E$ (일반)	81.2	48.2	$f_o = 2f_i$
3상 반파	$E_d = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} E = 1.17 E$	커질수록 나빠다	96.8	18.3	$f_o = 3f_i$
3상 전파	$E_d = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} E = 1.35 E$		99.8	4.2	$f_o = 6f_i$

E: 실효값, E_d : 평균값, 3상전파에서 E는 선간전압임

[SCR 정류회로]

SCR	E_d (직류출력)
단상 반파	$E_d = 0.45 E \left(\frac{1+\cos\alpha}{2} \right) : R \text{만의 부하}$
	$E_d = 0.45 E \left(\frac{\cos\alpha + \cos\beta}{2} \right) : R, L \text{의 부하}$
단상 전파	$E_d = 0.9 E \left(\frac{1+\cos\alpha}{2} \right) : R \text{만의 부하 (전류단속)}$
	$E_d = 0.9 E \cos\alpha : R, L \text{의 부하 (전류연속)}$
3상 반파	$E_d = 1.17 E \cos\alpha$
3상 전파	$E_d = 1.35 E \cos\alpha$

E: 실효값, E_d : 평균값, α : 점화제어각

3상전파에서 E는 선간전압임

blog.naver.com/thumb_jw