

CHAPTER 3

DIODE APPLICATION

TOPICS COVERED
IN THIS CHAPTER

3.1 Rectifier Circuits

- 다이오드는 한 방향으로 전류를 흘리고 다른 방향으로 전류를 차단하는 기능이 있기 때문에 교류전압을 직류전압으로 변환하는 정류회로에 사용한다. 이러한 정류기는 교류 전압으로 동작하는 모든 직류전원 공급장치에서 쉽게 찾아볼 수 있다. 전원은 간단한 회로에서 복잡한 전자시스템의 각 부분에 이르기까지 필수적인 것이다. 이 단원에서는 반파정류회로와 전파정류회로에 대해 알아본다.

1. 직류 전원장치(DC Power Supply)

- 전류를 공급하는 방법에는 배터리를 이용하는 방법과 일반적으로 사용하는 발전소로부터 공급되는 상용전원 두가지로 나눌 수가 있다. 전기 기기를 사용할 때 다수는 직류 전원 장치를 이용하여 콘센트에서 표준 교류전압(220V,110V),60Hz로 들어오는 전원을 일정한 직류전압으로 바꾸어 사용한다. 직류전압은 여러 가지 형태의 전자회로를 이용하는 기기 전원으로 사용된다.

※ 정류기의 종류 : 반파 정류기, 전파정류기

직류전원의 블록다이어그램

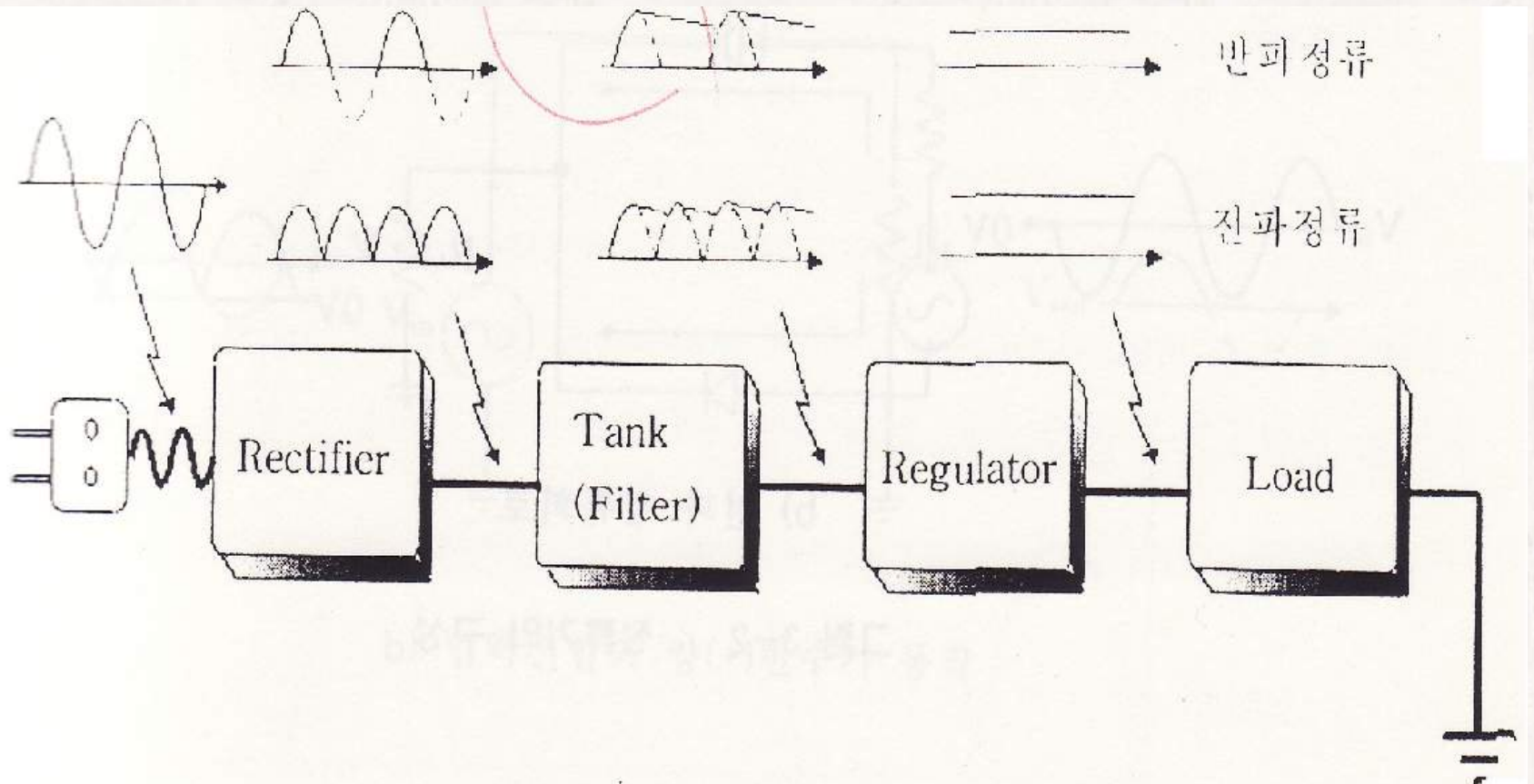


그림 3-1 · 직류전원의 블록다이어그램

- 흔히 교류를 직류로 변환하기 위해서 다이오드를 이용하여 먼저 교류를 맥류로 변환하게 되며 이를 정류작용이라 한다. 정류작용에 핵심이 되는 소자가 다이오드이고 입력전류의 극성에 따라 전류를 한쪽 방향으로만 흐르게 하는 방향성의 원인은 PN접합의 특성에 있다. PN접합의 양극에 교류전압을 공급하면 P형에(+)가 걸리고 N형에(-)가 걸리는 기간에 한해서만 전류가 흐르므로 P형에서 N형쪽으로 방향성의 맥류전류가 흐르게 된다.

2. 반파 정류기(Half-Wave Rectifier)

- 교류 전류에서 플러스에 해당하는 주기의 파동만 정류하여 직류 전류를 얻는 장치.
- ★(맥동전류) : 흐르는 방향은 일정하지만 그 크기가 시간에 따라 맥박 뛰듯이 변화하는 전류. 정류기에 의해서 정류된 반파 정류 전류와 전파 정류 전류, 그리고 직류에 교류가 겹친 전류 따위가 있다.

3. 변압기를 사용한 반파 정류기 (Half-Wave Rectifiers with Transformer)

- 변압기는 전원으로부터 정류기회로의 교류 입력전압을 알맞게 공급하기 위해서 사용된다. 변압기의 결합은 전원전압을 필요한 만큼 올리거나 낮출 수 있으며, 교류전원을 정류기회로로부터 전기적으로 분리시킬 수 있어 충격에 의한 손상을 줄일 수 있다.

3. 변압기를 사용한 반파 정류기 (Half-Wave Rectifiers with Transformer)

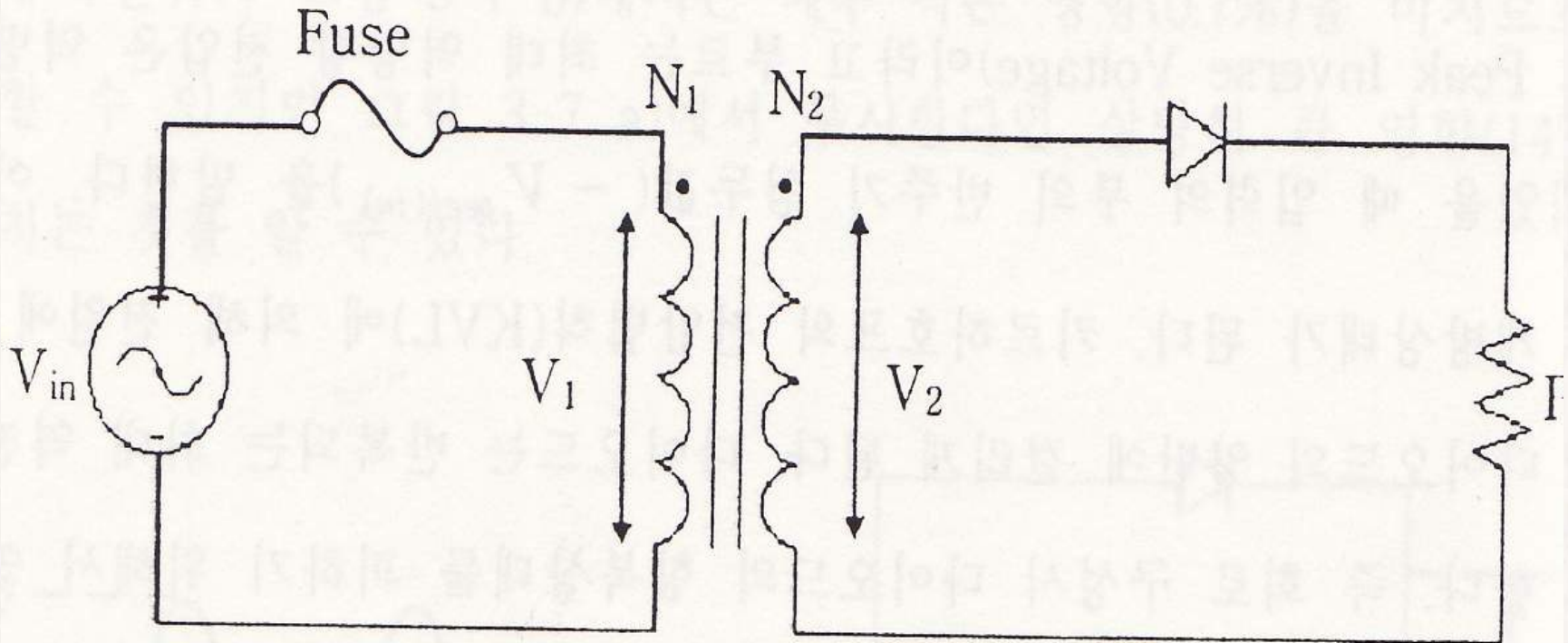


그림 3-9 · 변압기를 사용한 반파정류기

4. 전파정류기(Full-Wave Rectifiers)

● 충전기등에 반파정류기가 일부 응용되기는 하지만 직류전원으로
는 주로 전파정류기가 사용된다. 전파정류와 반파정류의 차이점
은 전파정류기는 입력의 전주기 360도 동안 부하에 한 방향으로
전류가 흐르게 하지만 반파정류기는 단지 반주기 동안만 전류가
흐르게 한다. 따라서 입력의 반주기마다 맥동하는 교류 출력전압
이 나타난다. 전파정류된 전압이 만든 (+)맥류파의 주파수가 같은
시간 동안 만든 반파의 2배이기 때문에 전파정류된 정현파 전압
의 평균값은 반파의 2배가 되고 주파수는 2배가 된다.



1) 변압기를 사용한 전파정류기

변압기를 사용한 전파정류기 회로는 중간 탭 변압기의 2차측에 두 개의 다이오드를 연결하여 사용한다. 입력신호는 변압기를 통해 중간탭의 2차측에 결합된다. 2차 전압의 반이 중간 탭과 2차권선의 양끝에 나타난다.

2) 변압기 권선비의 영향

변압기의 권선비가 1이면, 정류된 출력전압의 첨두값은 그림 3-12와 같이 1차 전압의 첨두값의 반보다 장벽전위 만큼 적은 것이 된다. 이것은 입력전압이 2차권선의 중간탭에서 양분되기 때문이다.

3) 최대 역전압

정류관이나 방전관이 견딜 수 있는 순간 역전압의 최대값.

★ 최대 역전압이란 일반적으로 항복전압을 말한다.

- 
- 다이오드의 최대 역전압이 100V인 경우 그 다이오드는 역방향전압이 100V 정도내에서만 사용할 수 있음을 뜻하는 것이다.

하지만 100V이상의 전압이 인가 되었다고해서 소자가 완전히 작동불능이 되지는 않는다.

전압 용량이 최대 역전압 범위내로 내려갈 경우 다시 본 특성을 나타내게 된다.

소자가 완전히 사용 불가능하게 되는 것은 항복현상이 아닌 파괴현상으로 일반적으로 사용불능 상태를 failure되었다고 한다.

단순히 항복이 일어난 소자는 전압을 낮춰주면 사용이 가능하지만 fail이 된 소자는 새것으로 교체를 하여야 한다.

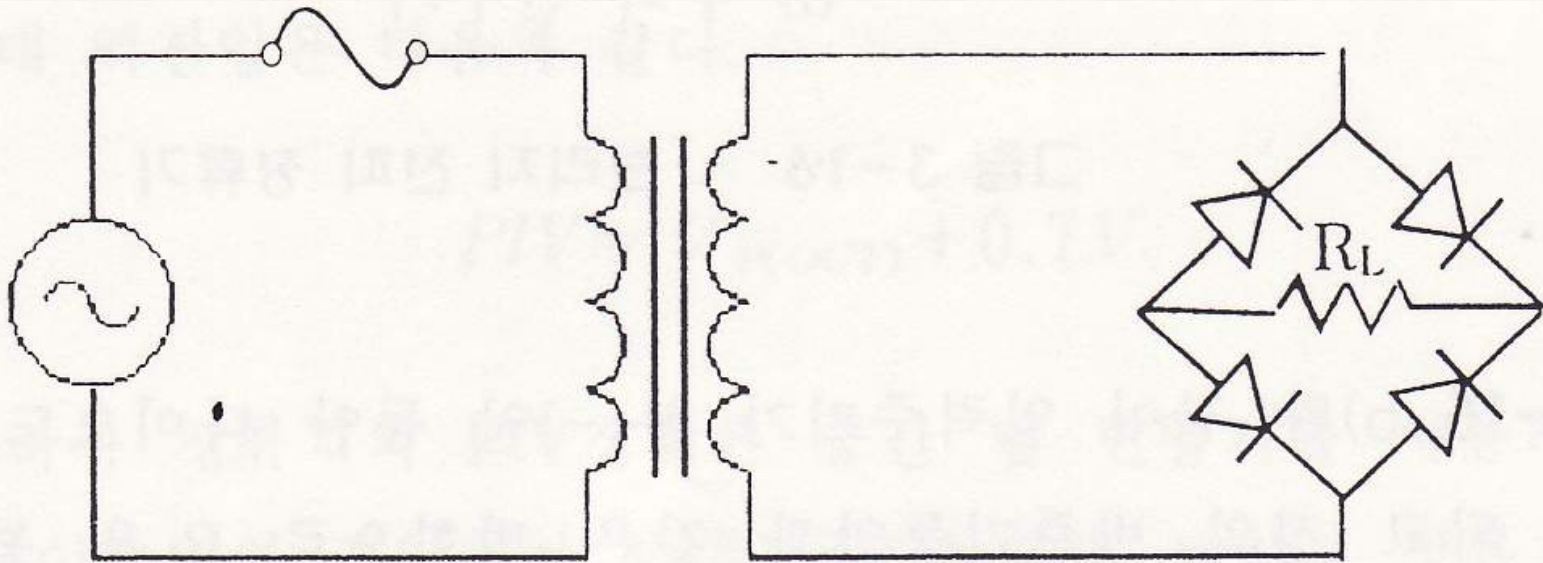
3. 브리지 정류 회로 (Bridge Rectifiers)

다이오드는 항복전압이라는 수치를 가지고 있다.

즉, 역전압이 일정수준 이상 걸리면 다이오드가 깨지게 되고 더이상 다이오드의 역할을 하지 못한다. 때문에 다이오드를 이용한 정류(브릿지회로)를 하려면 어쩔 수 없이 전압이 역전압이 걸리는 시점이 존재하는데 이때 큰 전압이 다이오드에 역으로 걸리면 정류 작용을 하지 못한다.

그래서 다이오드가 견딜 수 있는 수준의 전압으로 강하시켜 정류하는 것이다.

3. 브리지 정류 회로 (Bridge Rectifiers)



a) 브리지 정류기 회로

3.2 Power Supply Filters

- 전원장치의 필터는 반파 또는 전파정류기의 출력전압의 교번적인 영향을 줄여서 거의 일정 레벨의 직류전압을 만드는 것이다. 전자회로가 적절히 동작하도록 바이어스와 전력을 만들어주기 위해서는 일정한 직류 전압원과 전류원이 필요하기 때문에 이것을 만들기 위해 필터가 필요하다. 이 장에서는 정류회로의 평활회로와 필터에 대해 배우게 될 것이다.



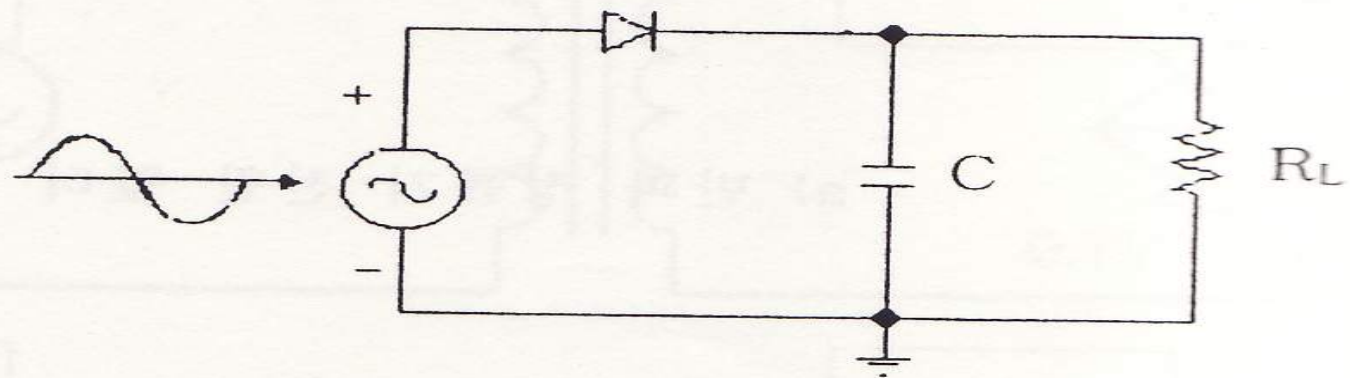
많은 응용분야에서 60Hz 표준 교류전압을 안정된 직류 전압으로 변환하여 이용한다. 반파정류된 60Hz 맥류 혹은 전파정류된 120Hz 맥류에서 큰 전압변동을 완전히 제거하기 위해서는 정류형 필터를 사용하여야 한다.

1)콘덴서 필터 (Capacitor Filter)

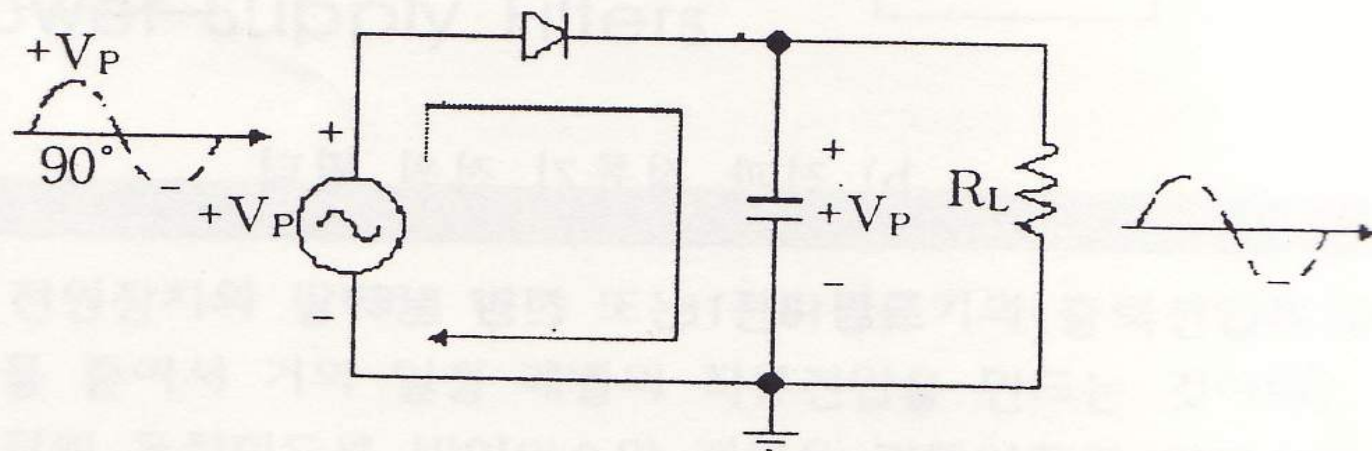
정류회로 바로뒤에 콘덴서를 병렬로 접속한 형식의 회로

※ **특징** : 초크 일력형 필터보다 큰 직류전압 출력 전압을 얻을 수 있으나, 부하 전류 변화에 대한 출력 전압의 변동이 비교적 크다.

(반파필터,전파필터)



a) 콘덴서 필터 회로



b) 정의 peak



● 서지 전류(Surge Current)

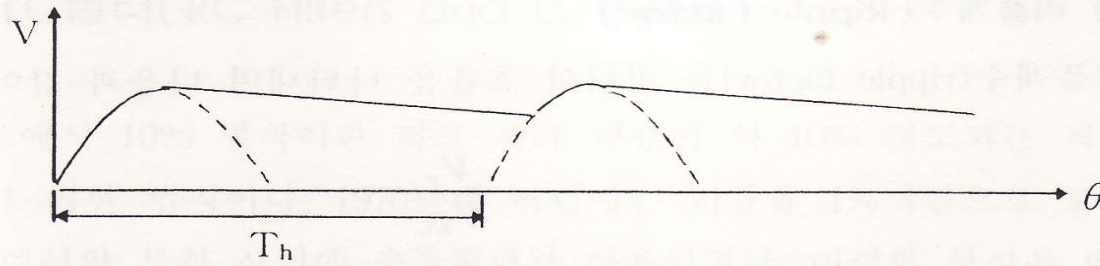
전원 스위치를 켜기 전에는 필터의 콘덴서가 충전되지 않다가 스위치를 켜는 순간 콘덴서는 과도기 특성에 의해서 단락회로와 같이 된다. 그러므로 초기 충전전류는 매우 크다. 이 갑작스런 전류를 서지 전류라 한다.

2. 리플 전압 (Ripple Voltage)

커패시터는 한 주기의 초기에 급격히 충전되고 정의 첨두값에 다다른 후 다이오드가 역방향 바이어스될 때 서서히 방전된다. 충전과 방전으로 인한 출력전압의 변동을 리플 전압(ripple voltage)이라고 한다. 리플이 적으면 적을수록 필터 작용이 더 효율적이다.

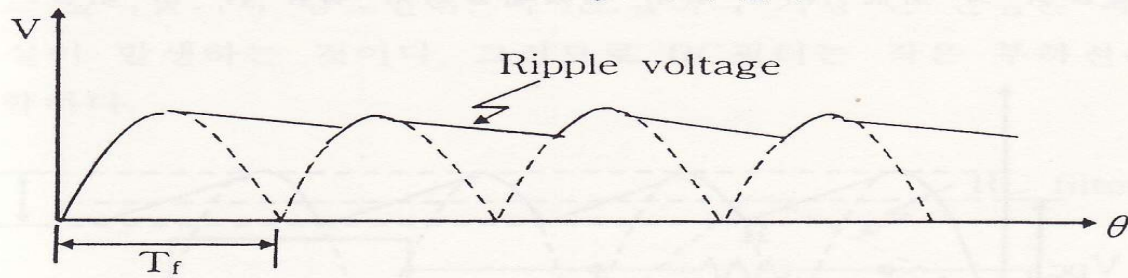


● 일반적으로 리플이라 함은 교류전원을 정류하여 직류로 만들때 완벽하게 직류가 되지 않고 교류신호가 일부 남아 있는데 이 신호를 리플전압이라 한다. 보통 아답터나 전자제품의 전원장치는 220V -> 트랜스 -> 정류회로(다이오드) -> 콘덴서(평활회로)이렇게 구성이 되어 있다. 이때 콘덴서의 용량이 부족하다든지, 소비전류가 많은 경우 리플전압이 높아지게 된다. 이러한 리플전압이 높은 경우 오디오 장치의 경우 "부~~웅"하는 험노이즈가 발생하고 영상의 경우 화면이 흔들리는듯한 느낌을 줍니다. 이러한 리플전압을 감소시키는 방법은 콘덴서용량을 키우는 방법과 레귤레이터 IC등을 이용해 정전압으로 전압을 안정화시켜주는 장치를 이용하면 된다.



$$f_h = \frac{1}{T_h}$$

그림 3-21 · 반파정류기의 필터



$$T_f = \frac{T_h}{2}$$

$$f_f = \frac{1}{T_f} = 2 \left(\frac{1}{T_h} \right) = 2f_h$$

그림 3-22 · 전파 정류기의 필터



▶ 리플계수(Ripple Factor) : 리플계수필터의 직류 전압의 평균값으로 리플계수가 낮으면 낮을수록 더 좋은 필터가 된다. 리플계수는 부하 저항을 증가시키거나 커패시터값을 크게 하면 낮아진다.

3. RC와 LC필터(RC Filters and LC Filters)

정류 회로에서 10% 법칙이란 피크-피크 리플이 약 10% 정도되는 직류 부하전압을 얻기 위한 법칙이다. 1970년대 이전에는 리플을 1%미만으로 줄이기 위해 필터 콘덴서와 부하 사이에 수동필터가 사용되었다. 이러한 착상은 배터리에서와 같은 완전한 직류전압을 얻기 위한 것이다.

1) RC필터 (RC Filter)

RC 필터는 주로 저역통과 필터로 사용되며, 저항 R과 커패시터 C를 신호원에 직렬로 연결하고 C의 양단에서 출력을 뽑는 방법으로 사용한다. 이 경우의 출력신호/입력신호의 전달함수는 $1/(1+jwRC)$ 가 되는데, 여기서 j는 루트(-1)의 복소수를 나타내는 기호이고 w는 라디안/초로 나타낸 주파수이다. 이 전달함수의 크기가 필터의 이득에 해당하며, $1/\text{루트}(1+w^2 \cdot R^2 \cdot C^2)$ 과 같이 구해지는데, 이 식을 보면 주파수 w가 증가함에 따라 분모가 점점 커지면서 이득이 줄어들게 된다.

2) LC필터 (LC Filters)

부하전류가 클 때는 LC필터가 RC필터보다 유리하다. 한때는 LC필터가 상당히 널리 쓰였으나 이제는 인덕터의 크기와 가격 때문에 잘 사용되지 않으므로 낮은 전압-전력 공급기에서는 LC필터가 능동 필터인 IC전압조정기로 대체되었다.

★ (RC필터와 LC필터의 차이)

● LC필터는 공진하는 필터. 특정 주파수에서 주파수선택적 특성을 가진다는 뜻이다. 정확히 공진하게 되는 주파수는 $1/\{(LC)^{(0.5)}\}$ Radian 으로 나타나게 된다. 이것을 어디에 써먹느냐 하면 특정한 주파수를 통과시키거나 반대로 막을 수 있기 때문에 필터로 사용되는 것이다. 특수한 주파수는 우수하게 차단할 수 있지만 범위가 좁기 때문에 넓은 대역을 커버하지 못한다.

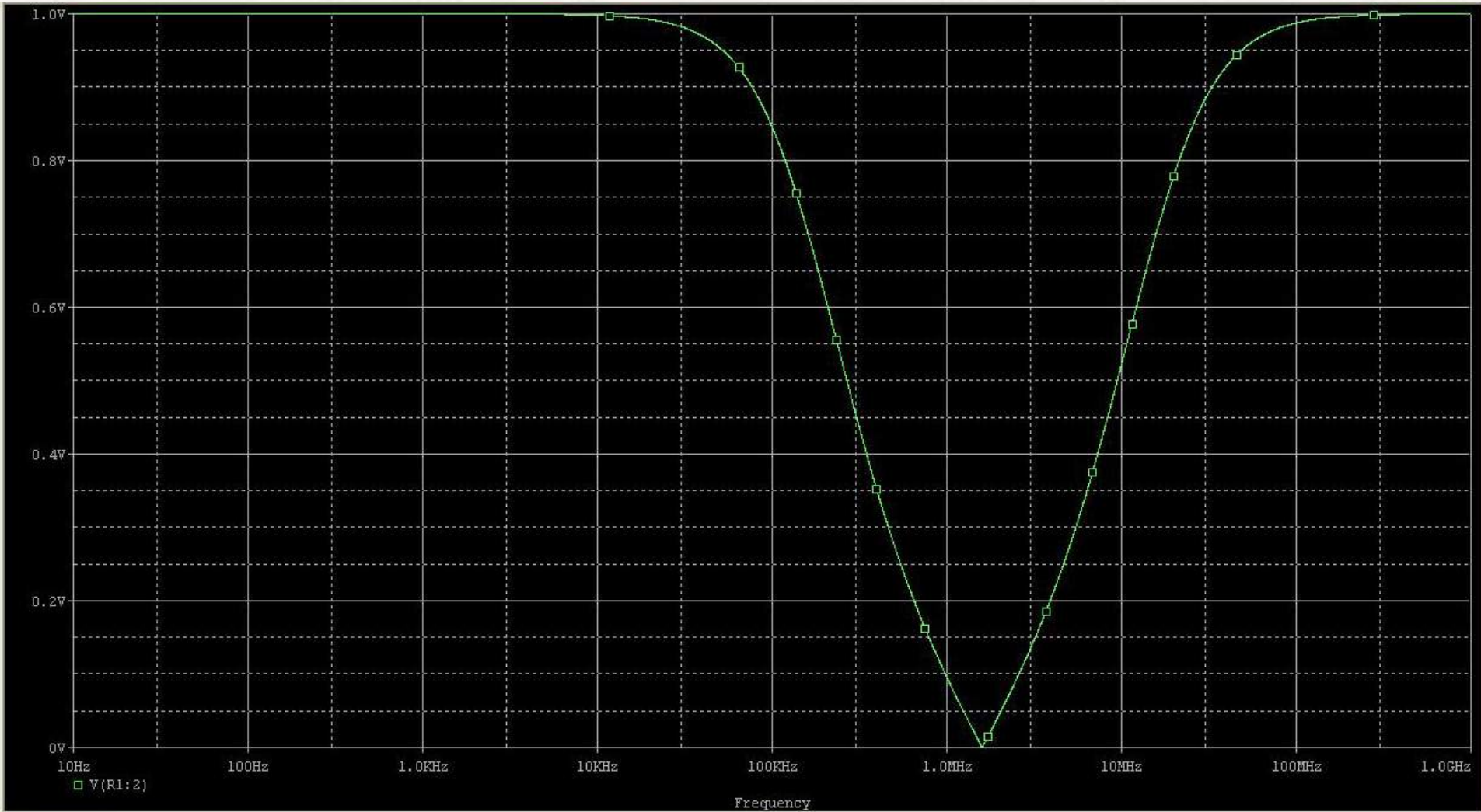


● 반면 RC필터는 어디에 로드를 거느냐에 따라 LPF 또는 HPF로 사용이 가능하다. RC필터는 전반적으로 필터링을 해준다. 이에 반해서 LC필터는 밴드패스 필터의 특성을 가지게 된다.

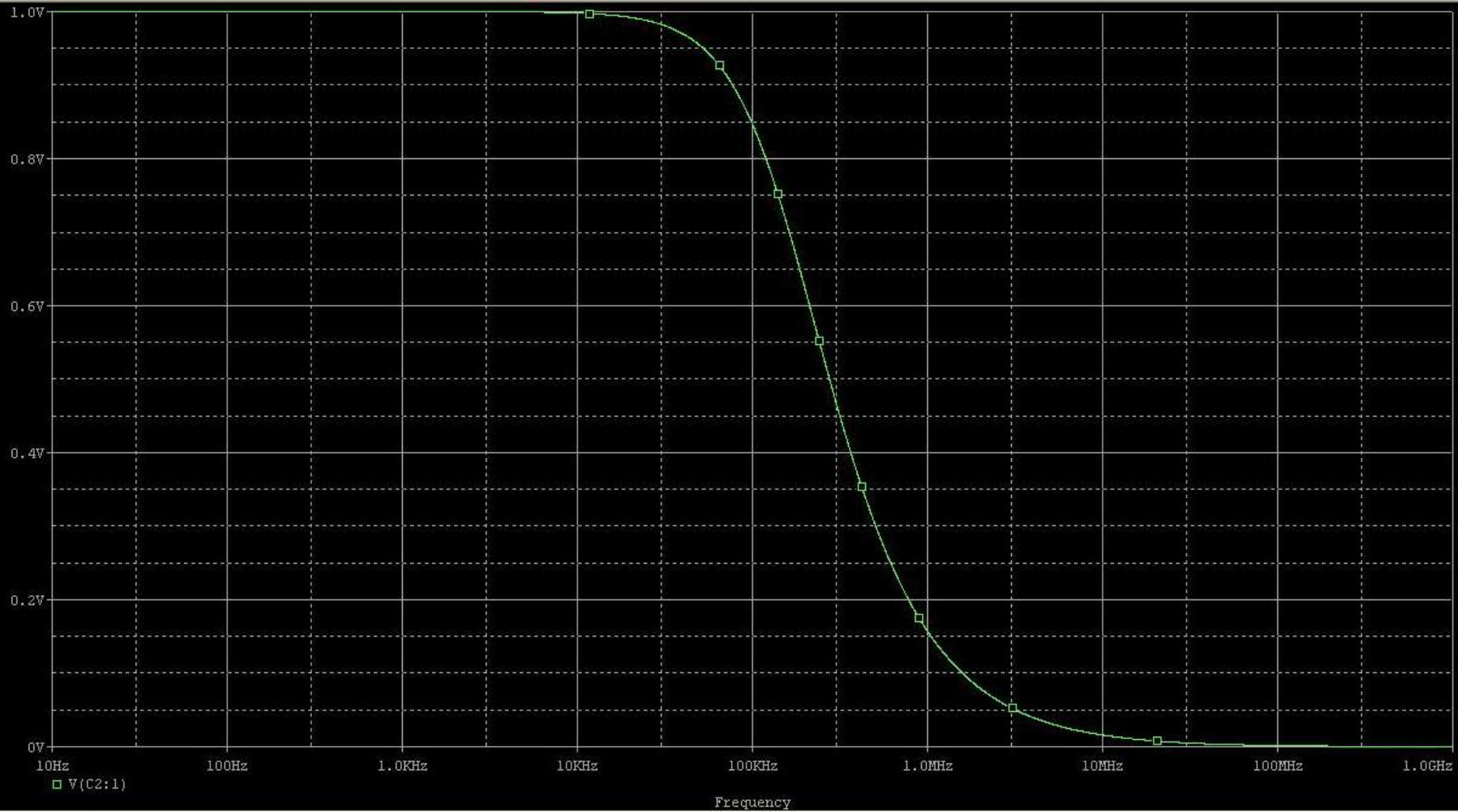
우리가 라디오를 듣는다는 것은 수많은 전파중에서 우리가 필요로 하는 주파수만 선택해서 듣는 것이다. 이때 LC필터 같은 밴드패스 필터가 있다고 해본다면,,

99.1Mhz의 주파수만 선택하고 싶다면 99.1Mhz만 통과시키는 LC필터를 설계하면 된다. 그럼 다른 주파수는 다 막힐 것이다. 이제 RC 필터의 활용을 생각해 보자. 100Mhz 이상의 모든 주파수는 차단하고 싶다고 가정한다면. LPF를 이용해서 실현이 가능할 것이다.

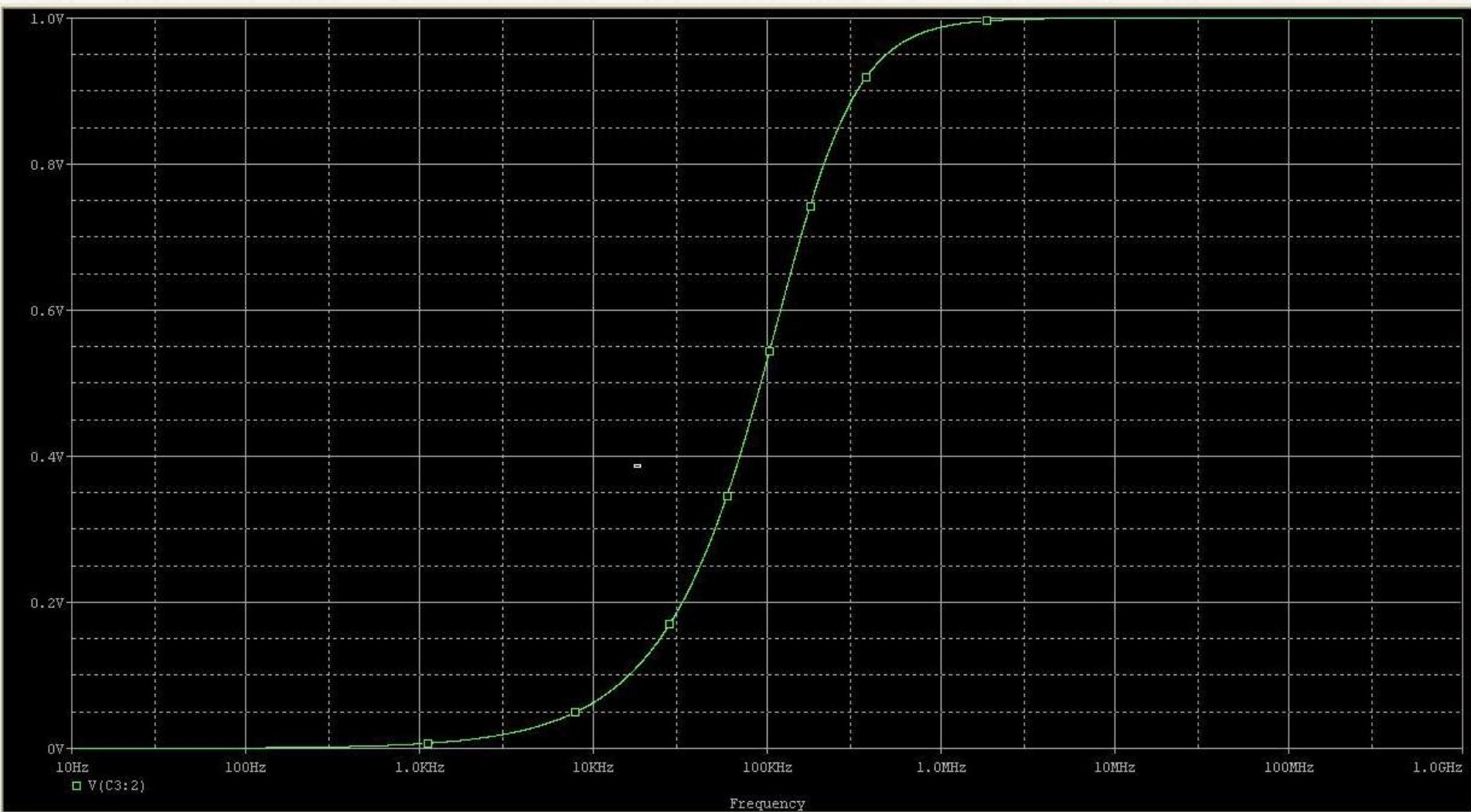
LC필터



LPF



HPF



3.3 Voltage Regulators

전압조정기

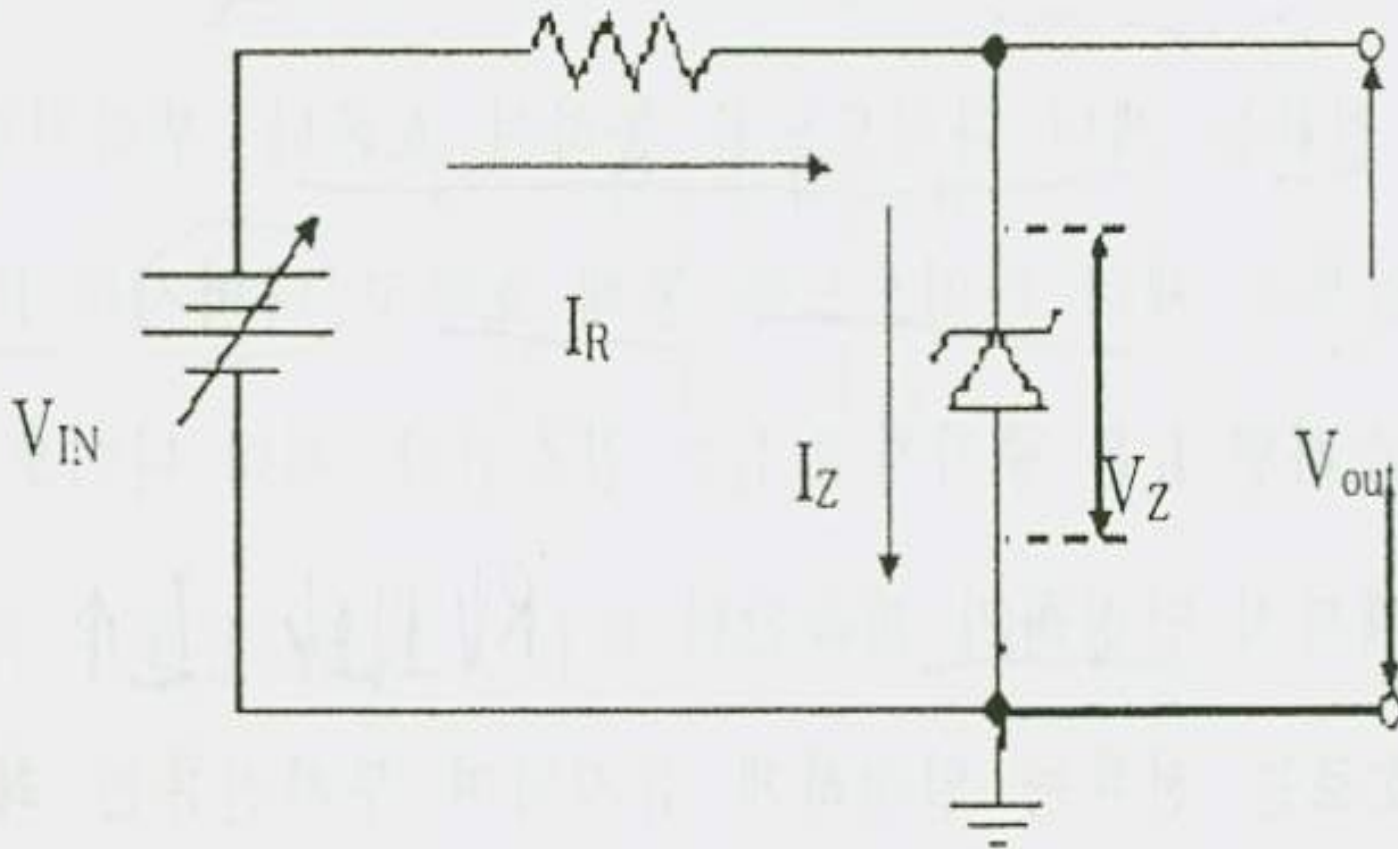
단원에서

- 전압안정화의 개념
- 전압 안정화의 형태
- 입력전압의 변화에 따른 안정화

1. 입력전압의 변화에 따른 제너 안정화 (Zener Regulation with a Varying Voltage)

역방향 전압을 가해 점차 높여가면 어느 전압까지는 전류가 흐르지 않지만 특정 전압을 넘으면 전류가 급격히 흘러, 전류는 증가해도 전압은 거의 일정하게 유지되도록 만들어진 다이오드

입력전압의 변화에 따른 제너 안정화



단일 루프 회로 이므로 제너 전류 $I_Z = I_R$

제너 다이오드의 정상적인 동작

- 항복 현상 발생
- 전원전압(V_{in}) > 제너 항복전압(V_z)
- 정격전류 > R



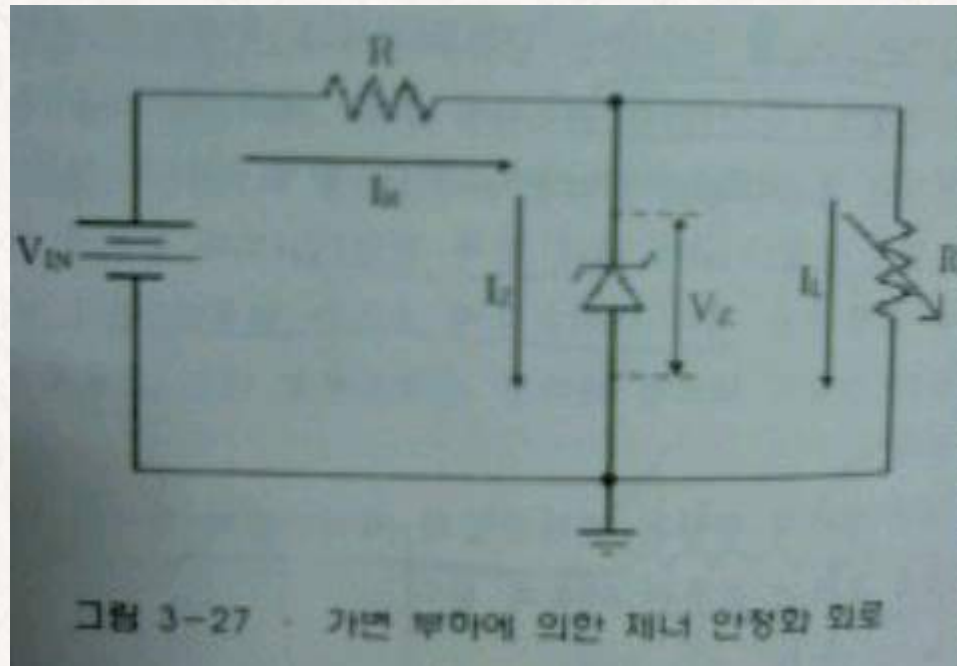
I_R : 저항을 흐르는 전류

V_{IN} 전원전압

V_Z 제너항복전압

$$I_R = \frac{V_{IN} - V_Z}{R}$$

2. 가변 부하에 의한 전압 안정화 (Zener Regulation with a Varying Load)

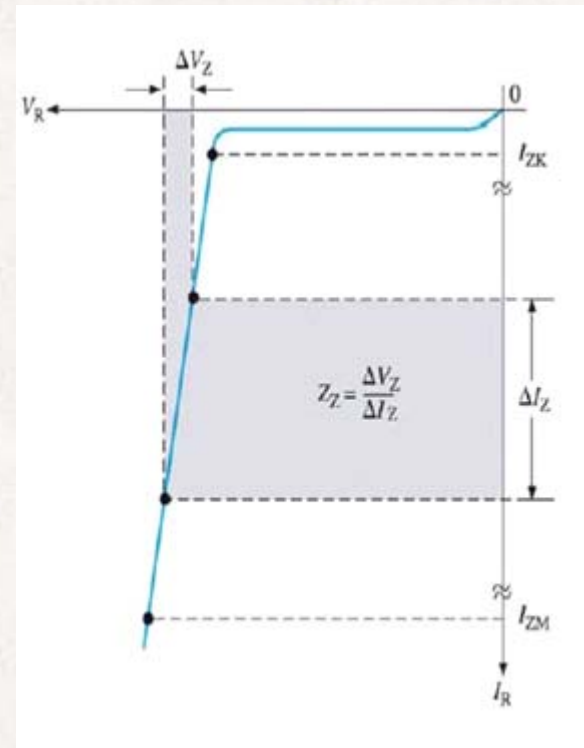




● 전압의 안정화

- :항상 정전압 다이오드에 전류가 흐르도록 하면 부하에 가해지는 전압 즉 출력 전압은 일정하게 됨

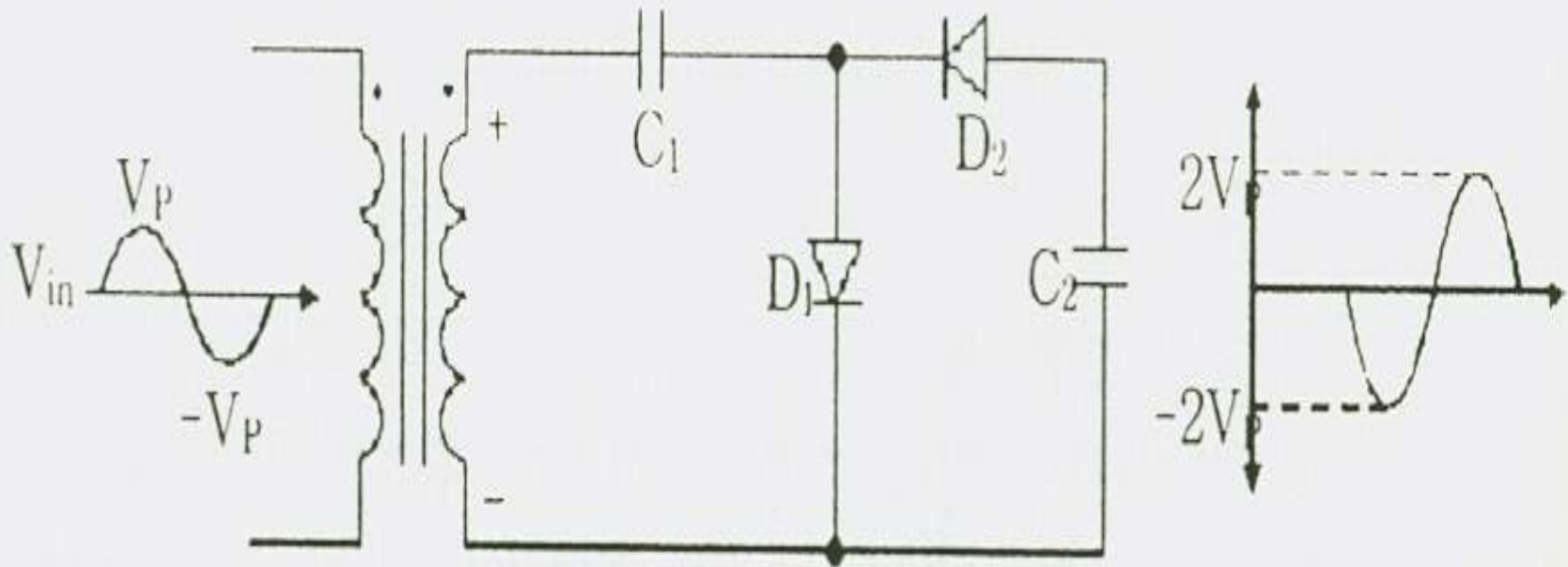
- 다이오드는 I_{ZK} 보다 크고 I_{ZM} 보다 작은 제너 전류 범위에서 R_L 양단에 일정한 전압을 유지한다.



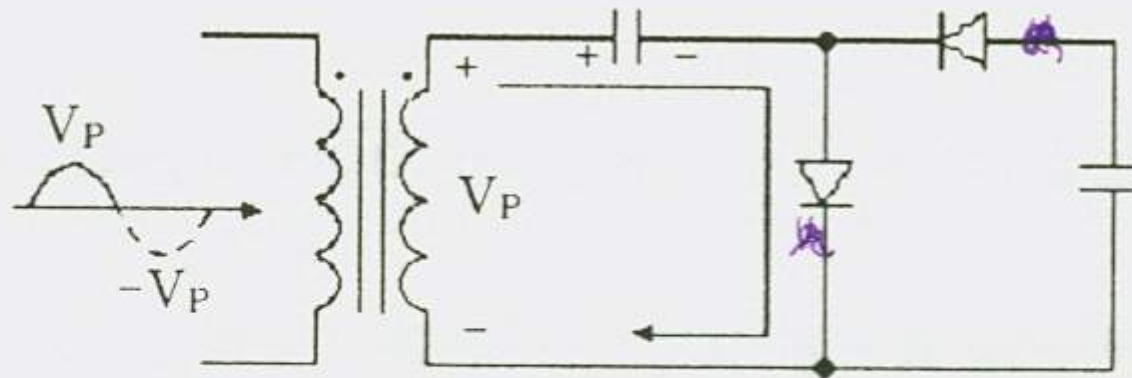
3.4 Voltage Multipliers

- 전압체배는 변압기의 정격입력 전압을 증가시키지 않고 정류된 침두 전압을 증가시키는 클램핑 작용을 이용한다.
- 일반적으로 사용되는 체배수는 2배, 3배, 4배이다.
- 전압체배기: TV수상기, 오실로스코프, CRT(cathod-try tube)와 같이 고전압, 저전류의 응용에 사용

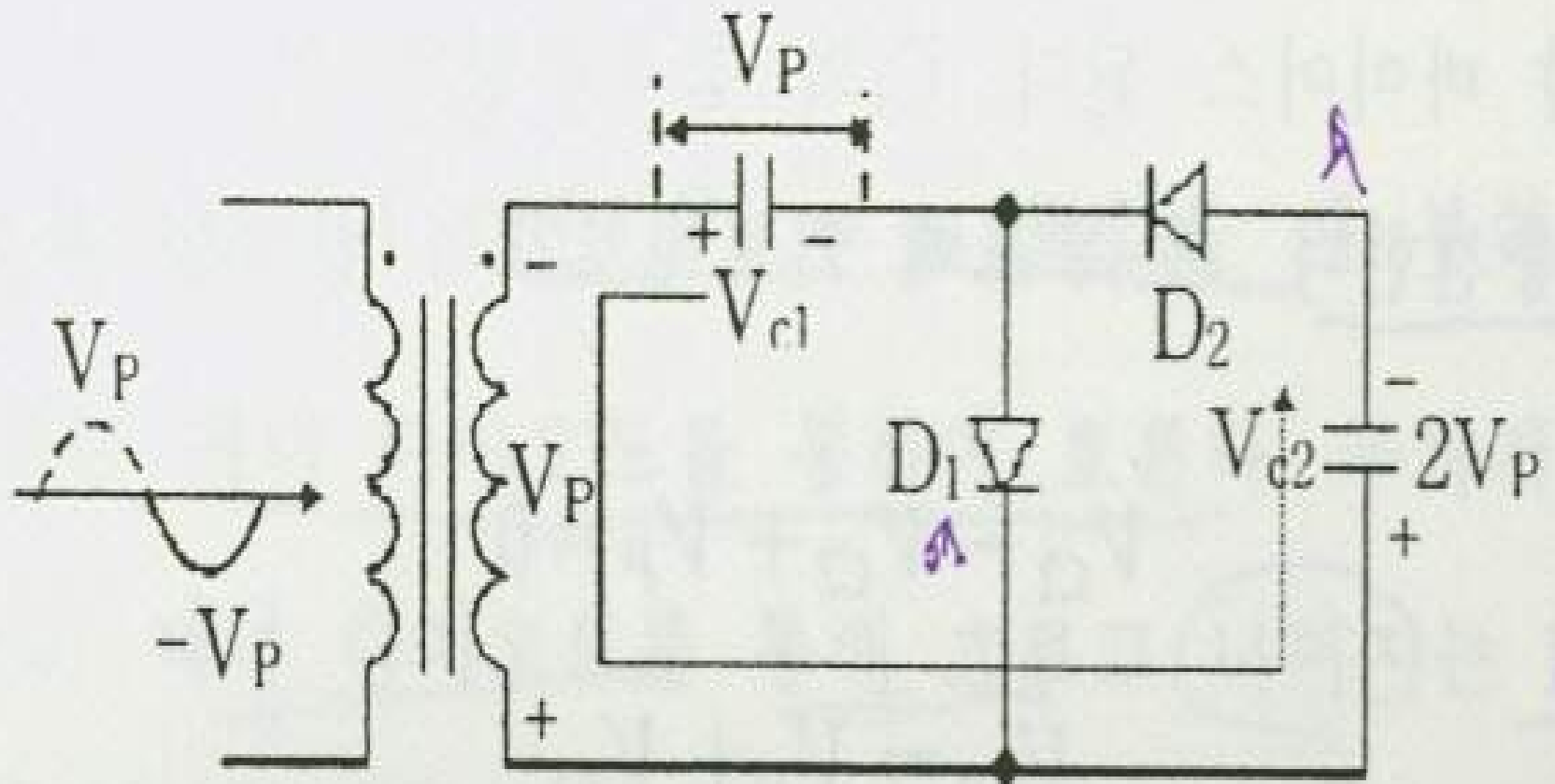
1. 반파 배전압기 (Half-Wave voltage Doubler)



a) 배 전압기

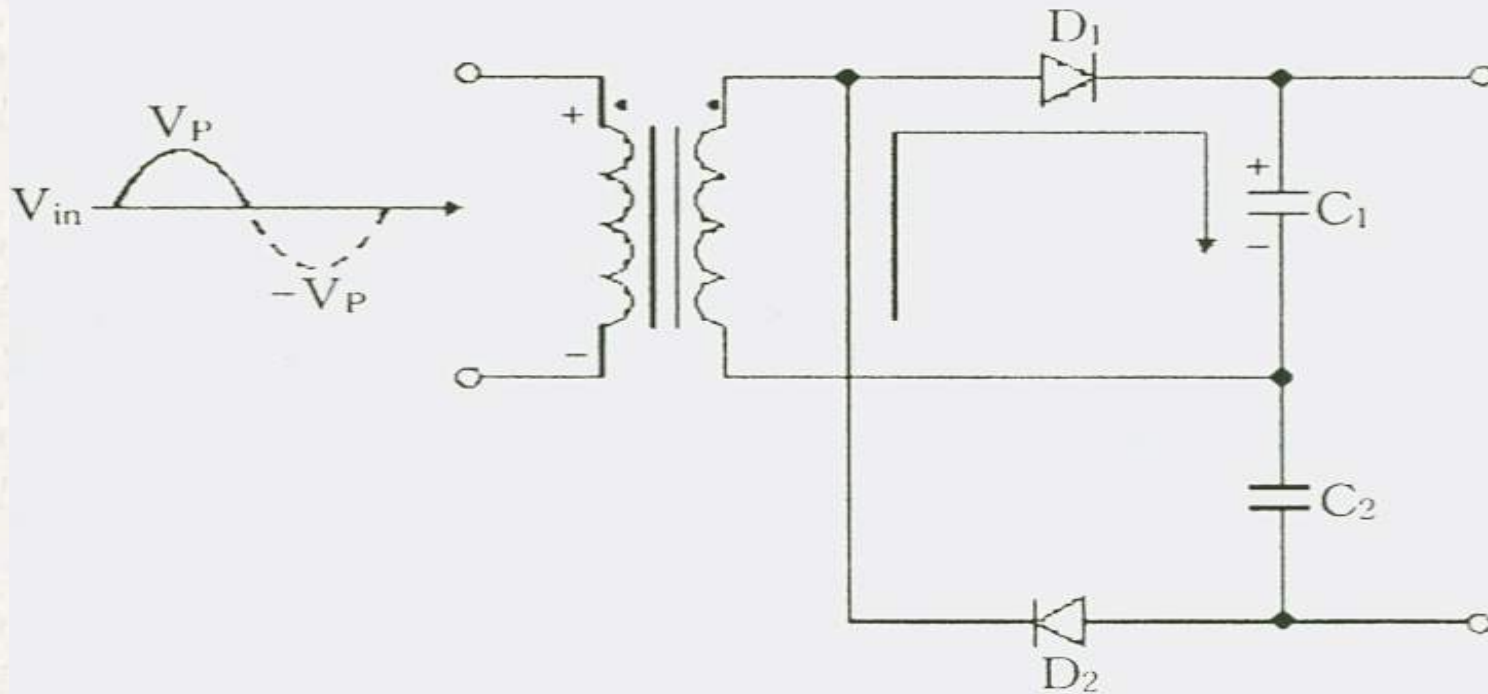


b) 양의 반주기(D_1 순 방향 바이어스 C_1 은 V_P 로 충전)

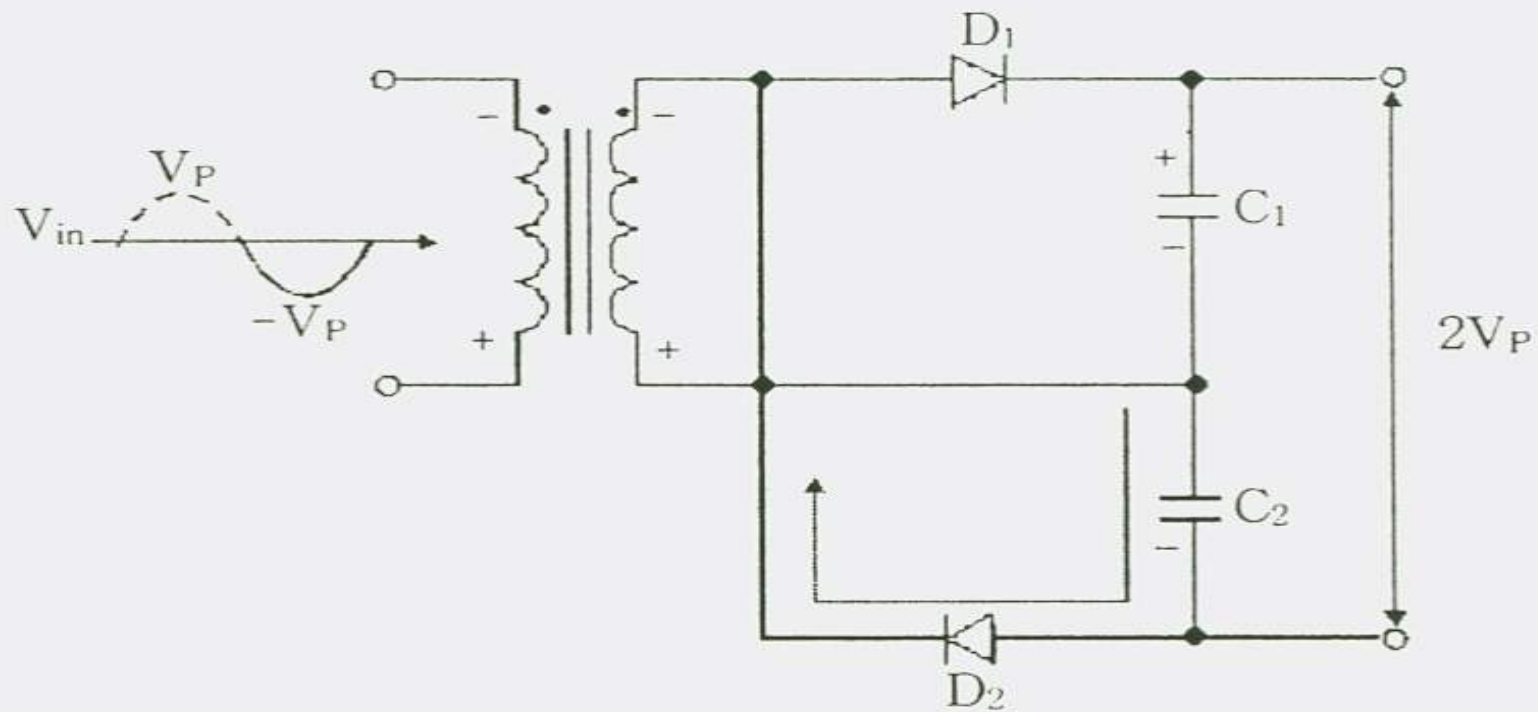


음의 반주기(D_2 순 방향 바이어스 C_2 는 $2V_P$ 로 충전)

2.전파 배전압기 (Full-Wave Voltage Doubler)



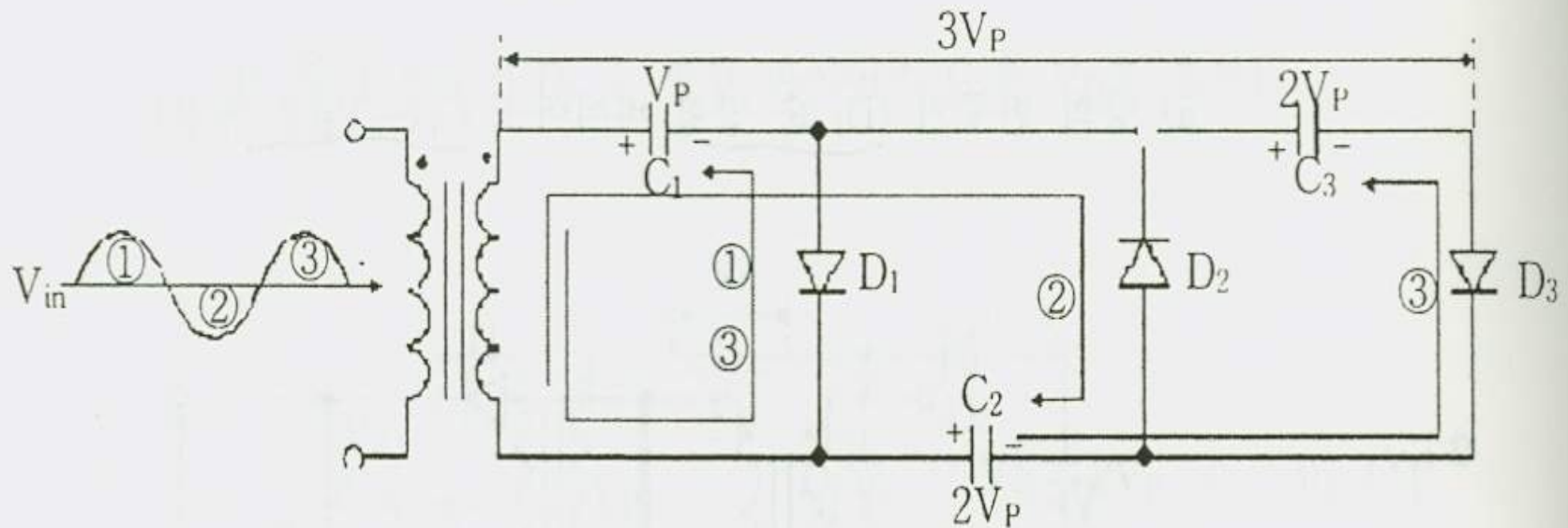
a) 양의 반주기 (D_1 순 방향 바이어스 C_1 은 V_P 로 충전)



b) 음의 반주기(D_2 순 방향 바이어스 C_2 은 V_P 로 충전)

그림 3-29 · 전파 배전압기

3. 3배 전압기 (Voltage Tripler)



2, 그림 3-30 · 3배 전압기

4. 4배 전압기(Voltage Quadrupler)

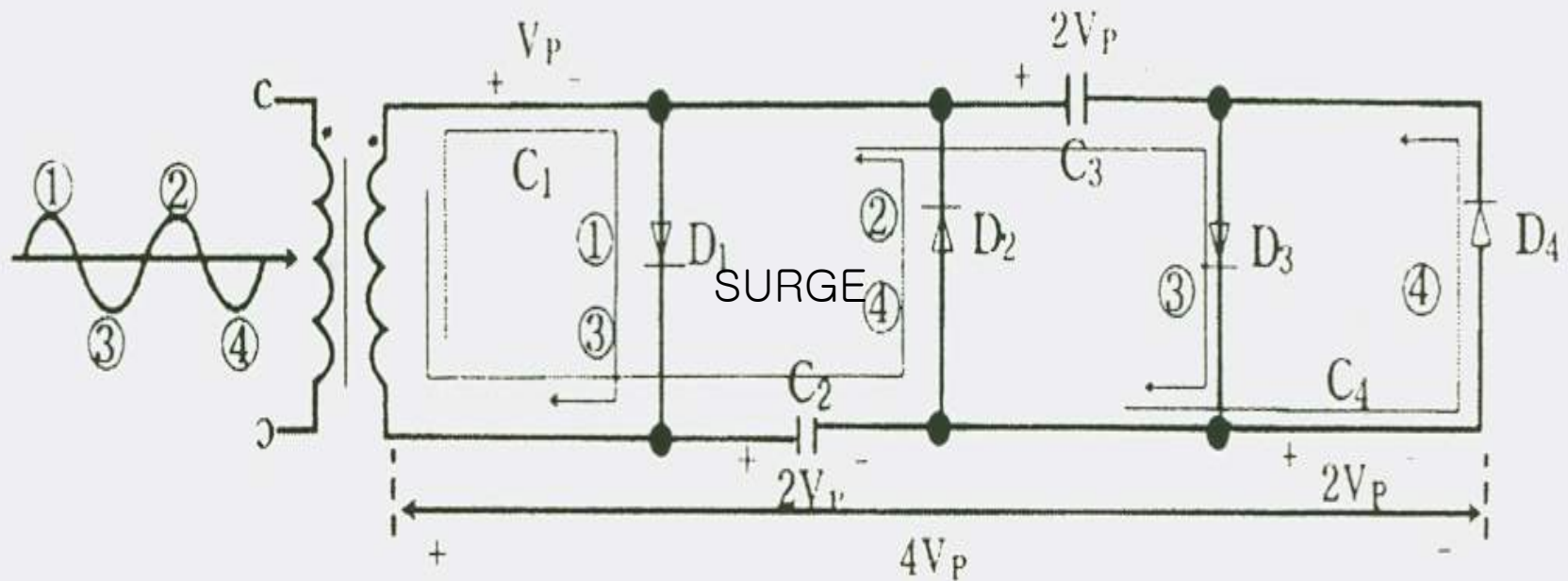


그림 3-31 · 4배 전압기

· Limiters and Clampers

· 리미터 (Limiter)

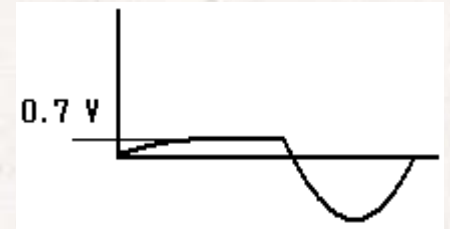
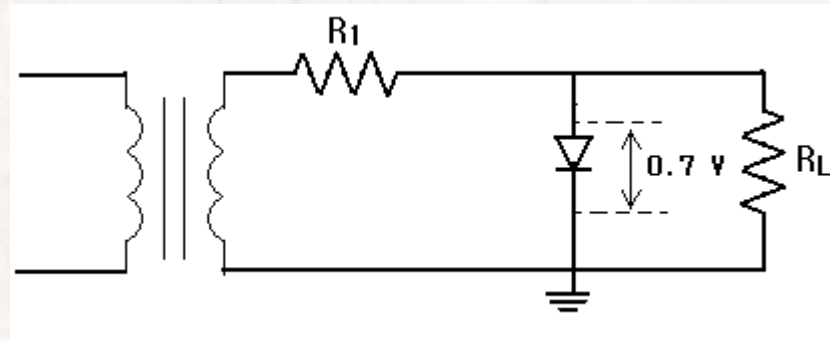
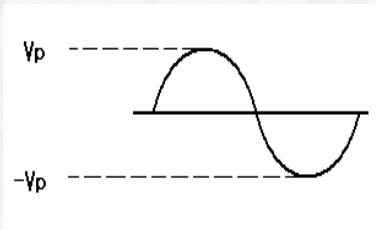
- ① 소신호 회로에서 어떤 기준 값 이상 또는 이하의 신호 전압을 제한하는데 사용되는 회로
- ② 파형 변경과 회로 내 과도 현상 보호에 사용

· 클램퍼 (Clamper)

- ① 입력파형을 전기신호의 직류레벨에 고정시키는 회로이며 입력파형을 변화시키지 않는다.
- ② TV수상기에서 직류 재생회로로 사용

1. 다이오드 리미터

· 반주기 제한 리미터



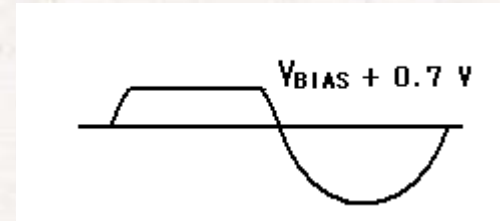
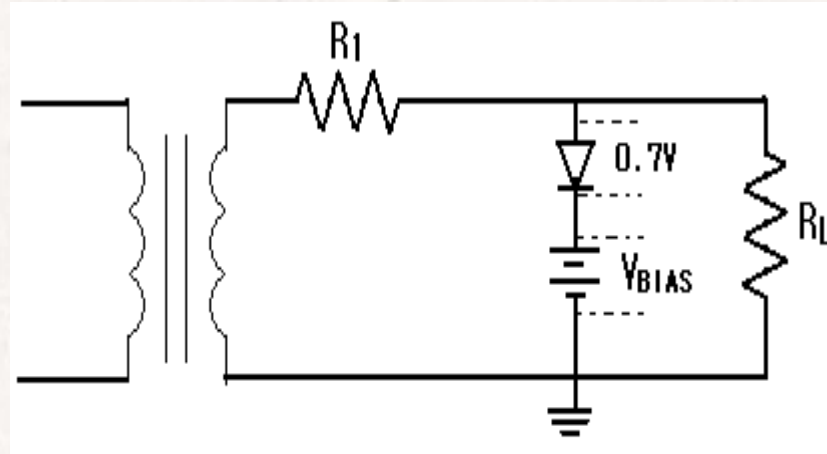
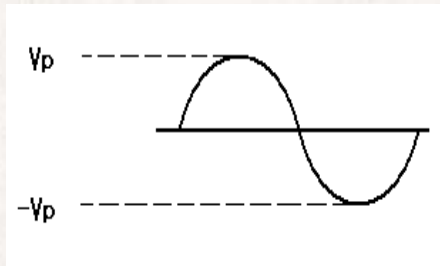
· 정(+)의 반주기 제한 회로

- 입력이 0.7V 이상일 때 출력은 $+0.7\text{V}$ 로 제한
- 입력이 0.7V 이하일 때 개방상태가 되어 출력은 입력전압의 부의 반주기와 같고 크기는 전압 분배에 의해 결정된다.

· 음(+)의 반주기 제한 회로

- 입력이 0.7V 이하일 때 출력은 -0.7V 로 제한
- 입력이 -0.7V 이상일 때 개방상태가 되어 출력은 입력전압의 정의 반주기와 같고 크기는 전압 분배에 의해 결정된다.

2. 바이어스 리미터

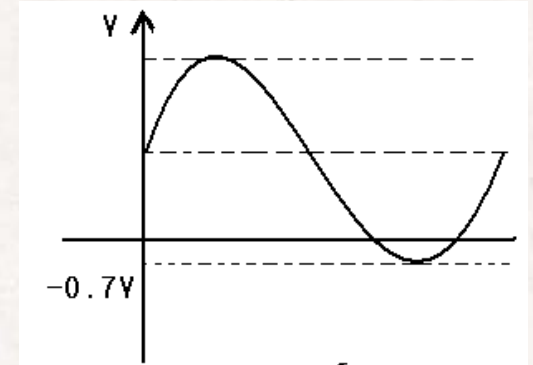
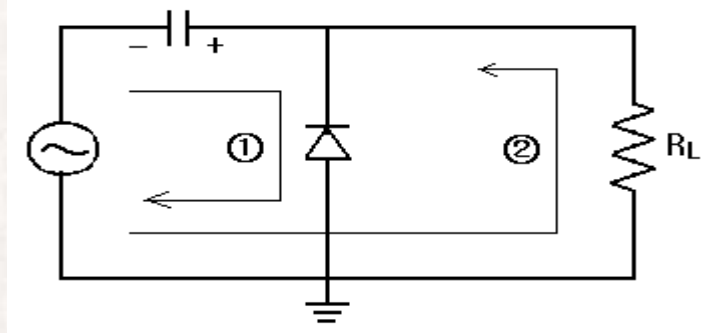
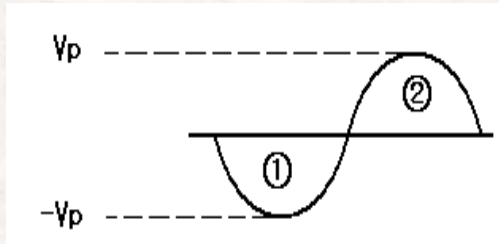


특징 : 다이오드와 직렬로 바이어스 전압을 인가하여 제한레벨을 조정할수 있다.

위와 같은 그림에서

- ① 다이오드방향만 바꿀 경우 양(+)의 리미터가 되고
- ② 바이어스 전압방향을 바꿀 경우 음(-)의 리미터가 된다.

3. 양/음 의 클램퍼



기능 : 교류신호에 직류 레벨을 더함.

①번의 음의 반주기 동안 콘덴서는 음의 피크 값에서 V_p 까지 충전하게 된다.

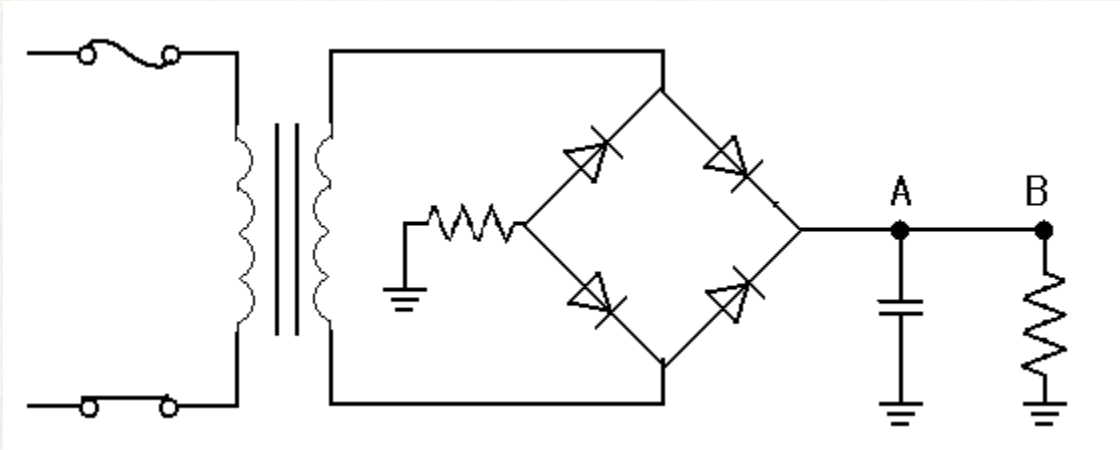
②번의 양의 반주기 동안에는 콘덴서에 충전된 전압(V_p)가 건전지 처럼 동작하여 양의 클램퍼 된 신호를 나타낸다.

※ 다이오드가 도통되면 $0.7V$ 에 전압강하가 나타나므로 콘덴서 전압은 $V_p - 0.7V$ 의 전압을 클램핑 하여 음의 피크가 $-0.7V$ 가 되어 출력된다.

RC시정수는 입력신호의 주기보다 훨씬 커야만 콘덴서가 충분한 충전을 할수 있어 좋은 클램핑 동작을 얻을 수 있다.

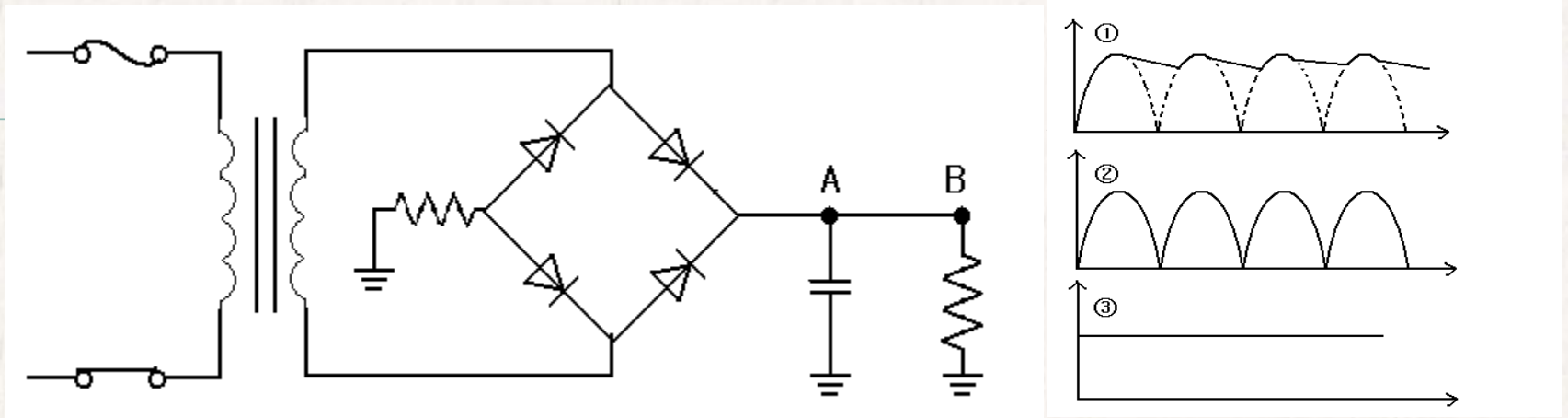
4. 직류 전원 장치

목적 : 교류를 직류로 변환시키는 정류작용과 110V나 200V의 상용전압을 5V나 원하는 낮은 전압으로 조정한다.



- 1차측에 입력 전압이 인가되고 2차측에서 출력전압이 나타난다.
- 정류용 다이오드로 이루어진 정류회로는 일정한 방향의 전류만을 흐르게 하고 그 반대 방향은 차단한다.

5. 브리지 다이오드



- 저항과 콘덴서로 이루어진 필터회로는 콘덴서의 특성으로 직류는 통과시키지 않고 시정수에 맞는 교류성분만 통과시켜 바이패스 시킨다.(①번 그래프)
- A점을 OPEN 시킬 경우 필터를 거치지 않은 것이 되므로 정류회로로 부터 나온 평활되지 않은 전압이 B점에 나타난다.(②번 그래프)
- B점을 OPEN 시킬 경우 부하저항이 없어서 콘덴서에 충전된 전류가 방전되지 않아 직류 파형이 나타난다.(③번 그래프)
- A와 B점 모두 OPEN 시킬 경우 부하전류가 없어서 다이오드의 전위장벽을 넘지 못하기 때문에 이상 파형이 나타난다.

6. 파라미터 정의

파라미터	용어	의미
V_F	Forward Voltage Drop	정류기에 규정한 전류를 순방향으로 흘릴때 정류기의 내부특성에 의해 감소하는 전압치
V_{RRM}	Max. Recurrent Peak Reverse Voltage	정류기에 반복적으로 인가할수 있는 역방향 전압의 최대치
V_{RSM}	Max. Non-Repeaitive Reverse Voltage	정류기가 규정된 횟수안에서 허용할수있는 반복적인 TRANSIENT성전압을 포함한 최대 전압, 단 반복하지 않는 TRANSIENT성 전압 제외. TRANSIENT와 SURGE는 8.3mili Sec를 기준으로 짧으면 TRANSIENT, 길면 SURGE로 구분.
I_R	Reverse Current	반도체 다이오드의 역방향으로 흐르는 전류
I_c	Output current	반도체에 순방향으로 흘릴수있는 평균 전류의 규정치로 I_F 와 비슷한 의미이나 50/60Hz sine-wave중의 180도 부분에 대한 평균값으로 특별히 규정.
I_{FSM}	Max. Forward Surge current	반복되지 않는 TRANSIENT성 전류를 포함해서 순방향으로 흘릴수 있는 전류의 최대치, 단 반복적인 과도성 전류 제외