

## 이득-제어 가능한 정밀 전파 정류기에 관한 연구

°이 주찬\*, 박 동권\*\*, 차 형우\*\*\*

\*청주대학교 전자공학과, \*\*텔레테크, \*\*\*청주대학교 전자·정보통신·반도체 공학부  
360-764 충북 청주시 상당구 내덕동 36번지

\*\*360-732 충북 청주시 흥덕구 송정동 27-14번지

### A study for gain-controllable precision full-wave rectifier

°Ju-Chan Lee\*, Dong-Kwon Park\*\*, Hyeong-Woo Cha\*\*\*

\*Dept. of Electronic Eng., Chongju Univ.

\*\*Teleteck, 27-14 Songjeong-dong, hungduk-gu, chongju-shi, 360-732

\*\*\*School of Electronic, Information & Communication, Semiconductor Eng., Chongju Univ.

36 Naedok-dong, Sangdang-gu, Chongju-shi, 360-764

Tel : (0431) 229-8441, E-mail : hwcha@chongju.ac.kr

#### Abstract

A gain controllable precision full-wave rectifier for the measurements of small-signal voltage is presented. It consists of gain controllable inverter superdiode and noninverter superdiode. The results of simulation with PSpice and experiment on breadboard show that the proposed rectifier has the characteristic of precise rectification and amplification for small signal voltage.

#### I. 서론

교류 전압을 직류로 변환시키는 직류 전력 공급기(DC power supply)에는 정류기 회로가 필수적으로 요구되며, 가장 많이 사용되는 정류 회로는 브리지 다이오드 정류기이다. 이 경우, 정류될 전압들이 통상적으로 다이오드 전압 강하보다 훨씬 크기 때문에, 다이오드 전압 강하의 정확한 값(약 0.7 V)이 정류기들의 적당한 동작에 별로 중요치 않았다. 그러나, 정류될 신호의 진폭이 매우 작을 경우(예, 0.7 V 이하의 전압) 종래의 정류기 회로들을 사용하는 것이 불가능하다[1].

따라서, 저전압의 교류 신호를 정류하기 위해, 또는 계측 응용에 이용하기 위해서는 매우 정밀한 전달 특성을 갖는 정류 회로들이 필요하다. 이러한 정밀 정류기를 실현하는 방법에는 크게 연산 증폭기(operational

amplifier : op amp)와 다이오드로 구성된 슈퍼 다이오드(super diode)를 이용하는 것과, 전류 컨베이어(current conveyor : CCI)와 다이오드를 이용하는 방법이 있다[2]-[3]. 전자의 방법은 정밀한 정류 특성을 얻을 수 있지만 2개의 공급 전원이 요구되고 정류기의 이득을 제어하기가 어려운 문제점이 있다[4]. 후자의 방법은 2개의 공급 전원이 요구되지만 증류기의 이득을 제어하기가 간단하다. 그러나 정밀도를 높이기 위해서 별도의 바이어스 회로가 요구된다[5]. 따라서, 이러한 정밀 정류기의 회로들은 저전력 고성능의 계측 시스템에 적용하기에 어려움이 있다.

본 연구에서는 저전력 고성능의 계측 시스템에 적용할 목적으로 새로운 구성의 정밀 정류기를 제안한다. 제안한 정류기는 슈퍼 다이오드를 이용하여 설계될 것이다. 또한, 이 정류기는 단일 전원을 사용하며 이득-제어가 쉽게 이루어질 것이다. 본 절에 이어 본문에서는 회로 구성과 동작원리를 논의하며, 실험 결과에서 PSPICE 시뮬레이션과 브레드보드 실험을 통해 동작원리와 그 성능을 확인할 것이다. 끝으로, 결론에서 본 논문에 대한 최종 정리를 할 것이다.

#### II. 회로구성 및 동작 원리

##### II-1. 종래의 전파 정류기

종래의 전파 정류기의 기본 블록도와 입·출력 파형을 그림 1과 2에 나타냈다.

회로는 비반전 반파 정류를 하는 다이오드  $D_A$ 와, 입력 신호를 반전시키는 단위 이득 증폭기, 반전된 신호

이 연구는 98'년도 산·학·연 지역컨소시엄의 지원을 받아 이루어 졌음.

를 정류하는 다이오드  $D_B$ , 그리고 부하 저항  $R_L$ 로 구성된다. 입력 신호가 플러스(+) 반주기일 때  $D_A$ 를 통해  $R_L$ 에 입력 신호가 나타나고, 마이너스(-) 반주기일 때  $D_A$ 는 차단되고(역바이어스 상태) 반전 증폭기에 의해 (-)반주기 입력이 (+)로 바뀌고, 이 전압은  $D_B$ 를 통해  $R_L$ 에 걸린다. 따라서 부하  $R_L$ 에는 입력의 (+)주기와 (-)주기일 때 항상 같은 방향의 전압이 나타나게 되어 정류된 출력파형을 얻을 수 있다. 각각의 마디(node)에 대한 파형을 그림 2에 나타냈다. 이 그림에서 왼쪽 부분은 정형파에 대한 것이고 오른쪽은 구형파에 대한 각 마디 전압이다.

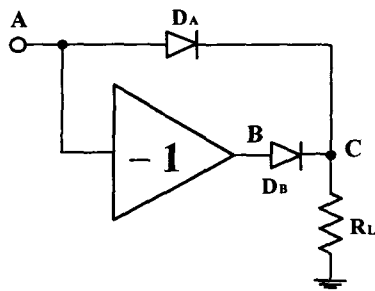


그림 1. 종래의 전파 정류기의 기본 블록도

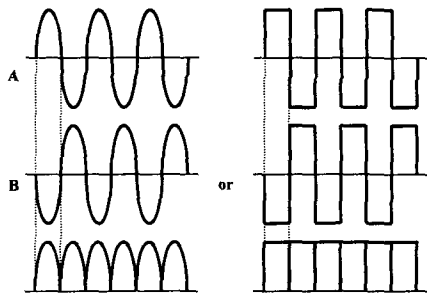


그림 2. 그림 1에 대한 입력 및 출력 전압 파형

이 회로의 단점은 이득을 제어할 수 없다는 것이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해, 본 연구에서는 이득 제어가 가능한 개선된 회로 구성을 제안한다. 제안한 회로 구성에서는, 이득 제어를 위해 (+)입력 신호에 대해서는 비반전 증폭기와 다이오드를, (-)입력 신호에 대해서는 반전 증폭기와 다이오드를 사용하여 증폭 및 정류를 한 다음, 이 두개의 출력 전압을 가산시킬 것이다.

## II-2. 제안한 이득-제어 정밀 전파 정류기

제안된 이득-제어 가능한 정밀 전파 정류기를 그림 3에 나타냈다. 이 회로에서  $A_1$ ,  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $R_1$ 과  $R_2$ 는 반전 반파 이득-제어 정류기를 구성하고,  $A_2$ ,  $D_2$ ,  $R_3$ 과  $R_4$ 는 비반전 반파 이득-제어정류기를 구성한다. 회로의 동작은 다음과 같다.

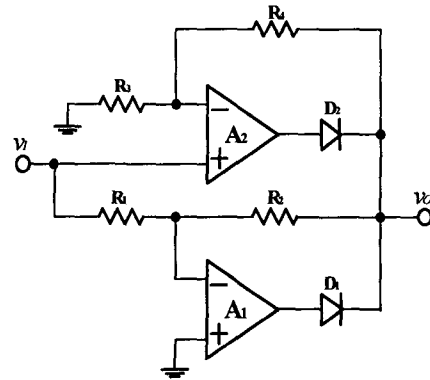


그림 3. 제안된 이득-제어 정밀 전파 정류기

### 1. 입력 전압 $v_I$ 가 플러스 반주기일 때 :

연산 증폭기  $A_2$ 의 출력 전압이 다이오드  $D_2$ 를 순방향으로 바이어스 시킬 것이다. 이 바이어스에 의해 다이오드가 도통되기 때문에 연산 증폭기  $A_2$ 에 귀환 루프가 형성된다. 따라서, 출력전압  $v_{o1}$ 은 다음과 같이 얻어진다.

$$v_{o1} = \left(1 + \frac{R_4}{R_2}\right)v_I \quad (1)$$

이에 반해,  $A_1$ 에 가해진 플러스 전압은 반전입력 단자에 가해지므로 단일 전원으로 구동되는  $A_1$ 의 출력 전압은 0V에 가깝게 된다. 따라서, 다이오드  $D_1$ 은 차단되고 결국 출력 전압  $v_o$ 은 소신호인 입력 전압  $v_I$ 을 따라 갈 것이다.

### 2 입력 전압 $v_I$ 이 마이너스 반주기일 때 :

$A_1$ 의 반전 입력 단자에 마이너스 전압이 나타나기 쉽고, 이 마이너스 전압이  $A_1$ 의 출력 전압을 상승시켜 다이오드  $D_1$ 을 순방향으로 바이어스 시킬 것이다. 이 바이어스에 의해  $D_1$ 이 도통되고, 이로 인하여 연산 증폭기  $A_1$ 에 귀환 루프가 형성될 것이다. 따라서, 출력 전압  $v_{o2}$ 는 다음과 같이 얻어진다.

$$v_{o2} = -\frac{R_2}{R_1} v_1 \quad (2)$$

반면에,  $A_2$ 에 인가된 마이너스 전압은 비반전 입력 단자에 가해지므로 단일 전원으로 구동되는  $A_2$ 의 출력 전압은 0V에 가깝게 된다. 따라서 다이오드  $D_2$ 는 차단 되고 출력 전압은 접지에 연결되어 0V가 된다. 따라서, 출력 단자  $v_o$  마다에 나타나는 전압은 그림 2에 나타낸바와 같이 입력 신호의 극성에 관계없이 항상 플러스(+) 전압만 나타날 것이다.

결과적으로, 이 정류기는 전파 정류기의 기능을 함과 동시에 그 이득이 식(1)과 (2)로 주어진다는 것을 알 수 있다.

정밀 전파 정류기를 실현하기 위해서는 두 증폭기의 이득이 같아야 한다. 이 조건을 맞추기 위해

$$\left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) = \frac{R_2}{R_1} \equiv A_v \quad (3)$$

의 조건에서  $R_3 = R_1 = R$ 로 설정한 다음  $R_4$ 와  $R_2$ 의 관계를 구하면 다음과 같이 주어진다.

$$R_4 = \left(1 - \frac{1}{A}\right)R_2 \quad (\text{단, } A \geq 2) \quad (4)$$

예를 들어,  $A = 10$ ,  $R_3 = R_1 = 1\text{ k}\Omega$  일 경우 식 (4)을 이용하여,  $R_4 = 0.9R_2$ 의 조건을 맞추면 되고 이때  $R_2 = 10\text{ k}\Omega$ 로 하면  $R_4 = 9\text{ k}\Omega$ 를 사용하면 된다.

따라서, 제안한 회로는 종래의 이득-제어 전파 정류기[4]보다 이득을 쉽게 제어할 수 있을뿐만 아니라 단일 전원을 사용한다는 점에서 종래의 그것들보다 다른 점이다. 또한, 제안한 이득-제어 정밀 전파 정류기의 출력단에 여파용 커패시터(filter capacitor)를 연결하면 정밀 피크 정류기를 설계할 수 있다.

### III. 실험 결과 및 고찰

그림 3에 보인 회로를 브레드보드 상에서 실험하여 그 동작 원리와 성능을 확인했다. 연산 증폭기  $A_1$ ,  $A_2$ 는 LM358이 사용되었고 바이어스 전압은 단일 전원  $V_{CC} = 5V$ 를 사용했다. 다이오드  $D_1$ ,  $D_2$ 는 1N4003을 이용하였다.  $R_2 = 10\text{ k}\Omega$ ,  $R_4 = 9\text{ k}\Omega$ ,

$R_1 = R_3 = 1\text{ k}\Omega$ 을 사용하여 전체 이득을 10으로 설정하였다.

$v_1 = 0.1 \sin 2\pi 1000t$  [V]로 설정한 다음, 그림 3에

나타낸 회로의 입·출력 파형을 관측한 결과를 그림 4에 나타냈다. 이 결과로부터, 입력 전압의 플러스 부분에서 이득이 마이너스 부분과는 다르게, 조금 증가하는 것을 볼 수 있는데, 이는 이득 조절을 위한 저항비가 반전 증폭단의 저항에 영향을 받기 때문으로 사료된다. 이 부

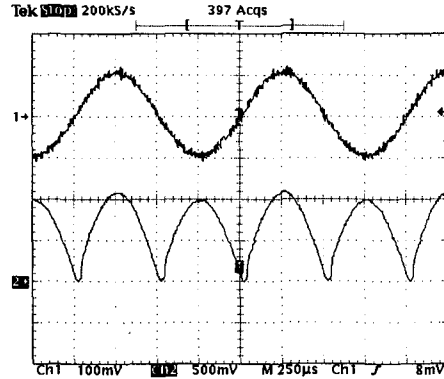


그림 4. 이득-제어 정밀 전파 정류기의 입력 및 출력 파형

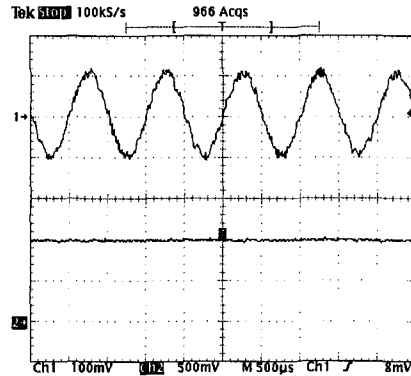


그림 5

### 5. 이득-제어 정밀 피크 정류기의 입력 및 출력 전압특성

본은 정밀 가변 저항을 이용하여 이득을 조절함으로써 반전과 비반전 출력 전압이 일치하도록 할 수 있을 것이다.

그림 3에 나타낸 회로의 출력 단자에 여파용 커패시터  $C = 47\mu\text{F}$ 을 연결하여 피크 정류기를 실현한 다음, 피크 정류기의 입·출력 파형을 측정된 결과를 그림 5에 나타냈다. 이 결과로부터 0.1 V의 정현파가 이득 10으로 증폭 및 전파 정류되어 피크 전압이 1 V가

된 것을 알 수 있다.

그림 3의 회로에 대한 직류 특성을 PSPICE 시뮬레이션과 브레드 보드상에서 실험한 결과를 그림 5에 나타냈다. 이 그림으로부터 -0.4 V에서 +0.4 V까지의 소신호 전압에 대해서는 이론치와 같은 이득 10의 기울기를 가지고 선형적으로 변화되는 것을 알 수 있다.

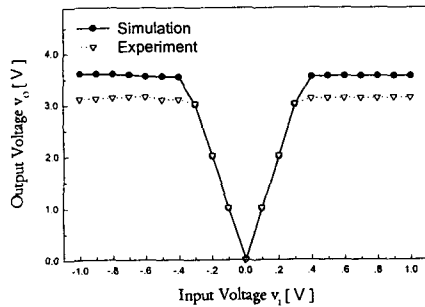


그림 5. 입력 전압  $v_i$  대 출력 전압  $v_o$ 의 특성 비교

#### IV. 결 론

이득-제어 정밀 전파 정류기를 제안하였고 그 동작 원리와 성능을 컴퓨터 시뮬레이션과 브레드보드 실험으로 확인했다. 제안한 회로는 단일 전원을 사용하며 소신호에서 정확한 정류와 증폭 기능을 갖는다는 것을 알 수 있었다. 따라서, 본 회로는 용량 및 저항 변화가 아주 작은 센서의 신호 처리 회로에 유용하게 사용될 것으로 기대된다. 특히, 미역한 전력 검출을 하기 위해 사용되는 전류 센서(current sensor)의 인터페이스(interface) 회로로써 아주 유용할 것으로 기대된다.

#### 참고 문헌

- [1] A. S Serda and K. C. Smith, *Microelectronic circuits*, Oxford Univ. Press, ch. 2, 1998
- [2] A. S Serda and K. C. Smith, *Microelectronic circuits*, Oxford Univ. Press, ch. 12, 1998
- [3] C. Toumazou, N. Battersby, and S. Porta, *Circuits & systems, tutorials*, IEEE ISCAS'94, ch.10, 1994
- [4] A. J. Peyton and V. Walsh, *Analog electronic with op amps : A source book of practical circuits*, Cambridge Univ. Press, ch. 12, 1993
- [5] C. Toumazou, F. J. Lidgley, and S. Chattong, "High frequency current-conveyor precision full-wave", *Electron. Lett.*, 13(10), 1994.