

## AD8004를 리용한 전류수감예비증폭기설계의 한가지 방법

강호, 송용혁

일반적으로 전압수감예비증폭기와 전하수감예비증폭기로 에너지를 스펙트럼을 측정할 때 전류신호를 적분하므로 장성시간이 느리고 비교적 긴 꼬리를 가지며 신호접침이 생기기 쉽기때문에 비교적 빠른 계수속도를 보장하기 힘들다. 원자로중성자측정에서는 시간분해능에 대한 요구가 비교적 높으므로 입구신호에 대하여 응답속도가 빠른 예비증폭기를 리용하여야 한다.

지금까지 장성속도가 수백  $V/\mu s$  이상인 집적회로연산증폭기를 리용하여 전류수감예비증폭기를 구성한 연구결과는 발표된것이 없다.

우리는 고속집적회로연산증폭기 AD8004를 리용한 전류수감예비증폭기를 설계하여 ns 대역의 실시간측정을 실현하였다.

### 1. 회로 설계

AD8004는 통과대역이 넓고 분산 및 전원에 대한 신호요동이 적은 고속전류귀환증폭기의 한가지 계열이다. AD8004가 넓은 동특성대역을 가지는것은 보충적인 고속쌍극성처리공정과 새로운 구조로 설계되어있기때문이다. 즉 AD8004는 이전보다 더 좋은 전류대동 특성비를 가지며 장성속도와 전력대역이 좋다. 또한 부하저항에 대한 분산을 크게 감소시킨다. AD8004는  $+4 \sim +12V$ 의 단일전원에서 동작하며  $50mA$ 까지의 부하에 견딜수 있다.

인쇄기판에서 접지통로의 완전저항을 낮추기 위하여 기판요소면의 리용되지 않는 부분을 모두 접지판으로 하며 분포용량을 감소시키기 위하여 접지판을 AD8004의 입구와 가까이 놓이지 않게 하였다. 또한 전원러파에 콘덴사들을 리용하는데 이때 한끝은 접지시키고 다른 끝은 매개 전원단자에서 될수록 가깝게 연결하였다. 보충적으로 탄탈 전해콘덴사( $4.7 \sim 10\mu F$ )를 병렬로 연결하였다. 귀환저항은 분포용량을 최소로 하기 위하여 반전입구가 가까이 설치하였다.

반전입구에서 입구용량이  $1pF$ 보다 큰 경우 비반전증폭결수가 작을 때 회로를 고속화할수 있다.

전통적인 연산증폭기회로에서 직류단긴고리증폭결수는 다음과 같이 정의된다.

$$A_V = G = 1 + \frac{R_F}{R_N} \text{ (비반전)} \quad (1)$$

$$A_V = G = -\frac{R_F}{R_N} \text{ (반전)} \quad (2)$$

열린고리증폭결수오차를 고려하면 다음과 같다.

$$A_V = \frac{G}{1 + (1 - G) / A_O(s) + R_F / T_O(s)} \quad (\text{반전, } G \text{는 } -) \quad (3)$$

$$A_V = \frac{G}{1 + G / A_O(s) + R_F / T_O(s)} \quad (\text{비반전, } G \text{는 } +) \quad (4)$$

열린고리전압증폭결수( $A_O(s)$ )는 전압과 전류귀환증폭기들에 대하여 모두 같은 출구전압대미분입구전압의 비이다. 열린고리완전저항증폭결수( $T_O(s)$ )는 출구전압대반전입구전류의 비로서 전류귀환증폭기들에 적용할수 있다.

닫긴고리증폭결수가 작을 때  $R_F/T_O(s)$ 가 주파수응답특성에서 기본역할을 한다. 즉 통과대역이 증폭결수에 따라 일정하므로 전류귀환증폭기특성이 좋아진다. 식들에서 보는바와 같이 닫긴고리증폭결수가 클 때  $R_F$ 를 감소시키면 닫긴고리통과대역이 증가한다.

여러가지 증폭결수들에 대한 리상적인 저항값들은 표 1과 같다.

표 1. 여러가지 증폭결수들에 대한 리상적인 저항값

증폭결수	-10	-2	-1	+1	+2	+10
$R_F/\Omega$	499	698	649	$1.21 \cdot 10^3$	$1.10 \cdot 10^3$	499
$R_G/\Omega$	49.9	348	649	—	$1.10 \cdot 10^3$	54.9
$R_T/\Omega$	—	57.6	53.6	50	50	50

$R_2$ 는 직렬앞단입구저항,  $R_3$ 는 전압병렬부귀환회로저항,  $R_4$ 는 예비증폭기출구저항이다.

고압전원과 검출기, 예비증폭기는 1개의 신호선으로 연결되어 있으므로 고압동축차폐선을 반드시 리용하여야 한다.

검출기직류고압전원을 예비증폭기와 같은 위치에 설치하였다.

비례계수관의 전류임펄스폭

( $T_W$ )은 전자수집시간  $T_-$ 와 양이온수집시간  $T_+$ 로 되어있으며  $T_-$ 는  $\mu s$ ,  $T_+$ 는 ms대역이다. 검출기출구회로시상수  $RC$ 는 검출기전류임펄스폭  $T_W$ 보다 매우 작고 검출기출구회로의 출구전압신호진폭과 장성시간이 모두 작으므로 계수속도를 높이는데 유리하다.

전류수감예비증폭기의 출구전압에 대한 리상적인 공식은 다음과 같다.

$$V_0(t) = I_D(t) \cdot R_3 \quad (5)$$

식 (5)에서 보는바와 같이 리상적인 경우 전류수감예비증폭기의 출구전압  $V_0(t)$ 와 검출기전류  $I_D(t)$ 는 정비례한다.  $R_3$ 는 전류수감예비증폭기의 출구전압진폭에 영향을 주므로  $R_3$ 을 조절하여 전류수감예비증폭기출구전압을 신호전달에 유리하게 선택한다.[1, 2]

집적회로연산증폭기는 회로의 핵심부분이므로 그것의 특성은 회로의 성능과 직접 관련된다.

고속집적회로연산증폭기 AD8004 (장성속도  $3\,000V/\mu s$ )를 리용한 전류수감예비증폭기회로도에는 그림 1과 같다.

회로는 전압병렬부귀환구조를 리용하였다. 회로에서  $R_1$ 은 검출기고압편기저항,  $C_1$ 은 직류차단교류결합고압콘덴서,

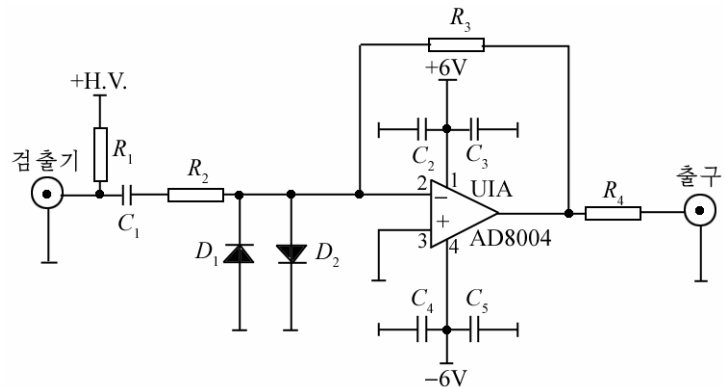


그림 1. 전류수감예비증폭기회로도

주파수와 증폭결수에 따르는 주파수응답비는 그림 2와 같다.

전류수감예비증폭기를 비례계수관과 연결하여야 하므로  $10M\Omega$ 의 저항과  $4700pF$ 의 고압콘덴서를 선택하였다.

집적회로량끝의 러파콘덴서의 용량은 각각  $10, 0.1\mu F$ 이다.

입출구단을 정합시키기 위하여  $51\Omega$ 의 저항을 리용하였다.

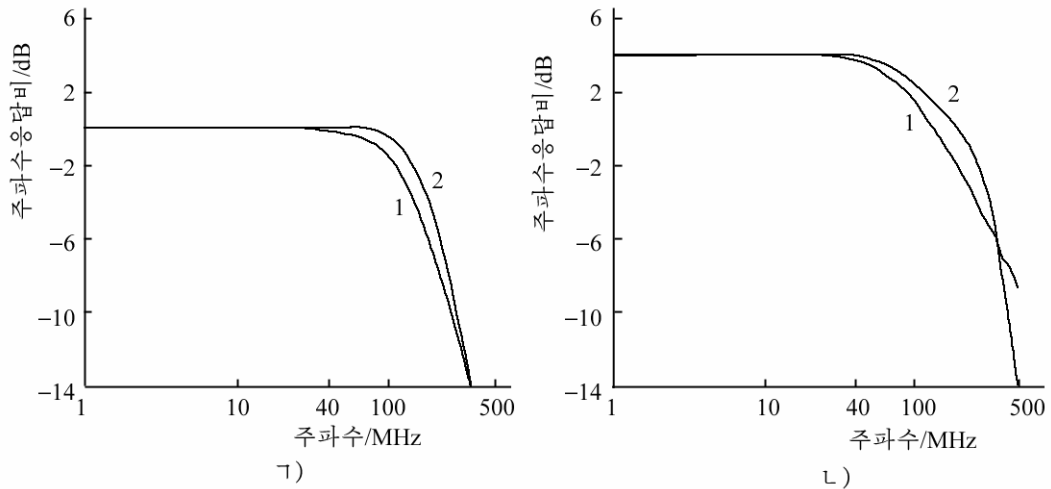


그림 2. 집용량에 따르는 주파수응답특성

ㄱ), ㄴ)는  $G$ 가 각각  $-2, +2$ 인 경우

1, 2는  $C_L$ 이 각각  $0, 10pF$ 인 경우

## 2. 회로조종에 미치는 인자들의 영향

출구전압파형에 미치는 검출기출구회로시상수의 영향 검출기출구회로시상수가 검출기전류 임펄스폭보다 매우 작을 때 검출기출구회로의 출구전압신호폭과 장성시간폭이 모두 좁으므로 검출기출구회로의 출구전압파형과 전류파형이 비슷할뿐아니라 폭도 매우 작다.

직류차단교류결합고압콘덴서의 영향 일반적으로 직류차단교류결합고압콘덴서  $C_1 \gg C_s$ 인 경우 그것의 영향을 무시할수 있다.[3, 4]

검출기와 예비증폭기사이의 거리가  $1 \sim 10m$ 일 때 출구전압신호에 미치는  $C_1$ 의 영향이 뚜렷하지 않으므로 고려하지 않아도 된다.

전송선길이가 전류수감예비증폭기출력에 미치는 영향 각이한 길이의 신호선( $1.29\Omega/m, 110pF/m$ )들이 전류수감예비증폭기출력에 미치는 영향은 표 2와 같다.

표 2에서 보는바와 같이 신호선길이가 길어짐에 따라 진폭은 감소하며 장성시간과 하강시간은 길어진다.

검출기와 전류수감예비증폭기사이의 신호선길이가  $10m$ 일 때 출구신호진폭은  $15mV$ , 장성시간은  $85ns$ , 하강시간은  $210ns$ 이다.

표 2. 신호선길이가 전류수감예비 증폭기출력에 미치는 영향

신호선길이/m	진폭/mV	장성시간/ns	하강시간/ns
0.1	26	70	160
1	24	75	170
10	15	85	210

## 맺는말

고속집적회로연산증폭소자 AD8004를 전류수감예비증폭기에 리용하여 원자로의 중성자속을 종전의  $10^3 \sim 10^4$ 개/s로부터  $10^5 \sim 10^6$ 개/s까지 측정할수 있게 하였다.

## 참고문헌

- [1] A. Pullia et al.; IEEE Transactions on Nuclear Science, **57**, 2, 732, 2010.
- [2] A. Pullia et al.; IEEE Transactions on Nuclear Science, **55**, 1, 591, 2008.
- [3] 田阳 等; 核电子学与探测技术, **29**, 2, 396, 2009.
- [4] 赵修良 等; 核技术, **28**, 6, 469, 2005.

주체105(2016)년 3월 5일 원고접수

**A Design Method of Current Sensitive Preamplifier using AD8004**

*Kang Ho, Song Yong Hyok*

We can measure the neutron flux of the nuclear reactor up to  $10^5 \sim 10^6$  n/s from  $10^3 \sim 10^4$  n/s using the high rate integrated operational amplifier AD8004 applied to the current sensitive preamplifier.

Key words: current sensitive preamplifier, neutron flux measurement, proportional counter