

Sallen-Key러파기를 리용한 수자식다통로진폭분석기의 임펄스성형회로에 대한 연구

강호, 김철민, 박현

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《선진과학기술을 받아들이기 위한 사업을 적극적으로 벌려야 하겠습니다.》(《김정일선집》

증보판 제15권 499페이지)

에네르기스펙트르를 측정할 때 검출기에서 나온 임펄스신호의 진폭과 신호대잡음비는 모두 뒤단의 다통로진폭분석기의 요구를 충분히 만족시킬수 없다. 검출기출구임펄스진폭정보가 정확하게 다통로진폭분석기에 전달되도록 하기 위하여 보통 검출기와 분석기 사이에 스펙트르증폭기를 런던하고 해당한 기술을 적용하여 신호를 처리하여야 신호대잡음비를 높일수 있으며 뒤단회로가 신호에 대한 요구를 만족시킬수 있다.

론문에서는 검출기신호의 특성분석과 최량러파기설계의 기본원리를 결합하여 Sallen-Key러파기에 기초한 준가우스러파성형회로를 설계하고 회로모의를 통하여 최량화된 파라메터들을 얻었다.

1. 러파성형회로설계

회로는 예비증폭, 극령보상, 1단증폭과 Sallen-Key러파회로를 포함하고있다.(그림 1)

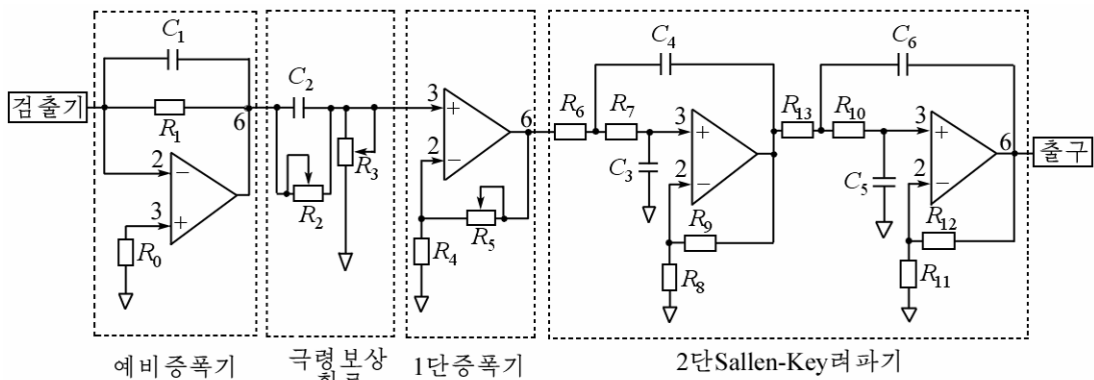


그림 1. 전체 회로원리도

1) 검출기 및 예비증폭기

검출기에서 나오는 전류임펄스 $I(s)$ 는 예비증폭기를 거친다. 그다음 얻어진 신호 $V_0(t)$ 는 장성시간이 매우 짧으며 하강시간이 비교적 긴 지수함수신호이다. 회로분석에서 검출기를 임펄스전류원천으로 등가시킬수 있다.

$$i(t) = Q\delta(t) \quad (1)$$

여기서 Q 는 전류임펄스의 전하량으로서 주파수대역에서 다음과 같이 표시할수 있다.

$$I(s) = Q \quad (2)$$

예비증폭기의 전달함수주파수대역을 다음과 같이 표시할수 있다.

$$H_2(s) = \frac{V_0(s)}{I(s)} = \frac{1}{C_2[s + (1/\tau_1)]} \quad (3)$$

여기서 $\tau_1 = R_1 C_1$ 이다.[1]

2) 극령보상회로

예비증폭기의 출구신호는 꼬리지연현상이 있으므로 신호임펄스중첩을 제거하기 위하여 신호폭이 좁도록 1단 CR 미분회로를 리용한다. 이때 나오는 신호의 앞면장성속도는 빠르지만 뒤면하강속도가 매우 느리므로 미분회로를 통과할 때 부극성신호를 발생시킬수 있다. 극령보상기술을 리용하여 그중에서 1개의 령점 혹은 극점과 다른 극점 혹은 령점을 서로 상쇄시켜 부극성신호가 생기는 현상을 제거할수 있다.[1, 3]

그림 1에서 CR는 간단한 미분회로로서 R_2 , R_3 을 적당한 값으로 조절하여 부극성신호가 생기는것을 제거할수 있다. 극령보상회로의 전달함수는 다음과 같다.

$$H_2(s) = \frac{s + (1/\tau_2)}{s + (1/\tau_3)} \quad (4)$$

여기서 $\tau_2 = R_2 C_2$, $\tau_3 = (R_2 // R_3) C_2$ 이다.

부극성신호가 생기는것을 제거하기 위해 $\tau_1 = \tau_2$ 로 한다. 극령보상후의 신호는

$$V_1(s) = I(s)H_1(s)H_2(s) = \frac{Q}{C_1} \frac{1}{s + (1/\tau_3)} \quad (5)$$

이다. 이때 시간대역표시는 다음과 같다.

$$v_1(t) = \frac{Q}{C} e^{-t/\tau_3} \quad (6)$$

3) 1단증폭회로

일반적으로 극령보상후의 신호진폭값이 몇십~몇백mV이면 뒤단회로의 요구를 만족시킬수 없으므로 그 진폭을 필요한만큼 증폭하여야 한다. 이로부터 1단증폭회로에서 신호의 진폭값을 0.5~5V로 증폭한다. 증폭회로는 그림 1에 표시한것과 같다.

4) 적분려파회로

극령보상후의 출구신호를 다통로진폭분석기에 직접 리용하지 않고 파형을 더 수정한다. 최량려파기의 리론적분석에 의하면 무한히 대칭이고 봉우리가 뽕족한 임펄스가 가장 좋은 신호대잡음비를 가지고있다. 가우스파형이 이러한 특성을 가지고있는데 봉우리가 평탄하고 탄도결손이 작다. 따라서 임펄스의 성형은 일반적으로 가우스형(또는 준가우스형)성형으로 한다. 적분려파회로는 2단Sallen-Key려파기들로 구성된 4단 RC 회로이며 회로의 주파수특성은 RC 파라메터에 의해 완전히 결정된다. 1단Sallen-Key려파기에 대하여 그 전달함수는 다음과 같다.

$$H_3(s) = \frac{K_p F_c^2}{s^2 + \frac{F_c}{Q}s + F_c^2} \quad (7)$$

여기서 K_p 는 전압증폭결수로서

$$K_p = \frac{R_8 + R_9}{R_8} \quad (8)$$

이고 F_c 는 려파기의 차단주파수로서

$$F_c = \frac{1}{2\Pi\sqrt{R_6R_7C_3C_4}} \quad (9)$$

(Π 는 신호대잡음비)이며 Q 는 품질인자로서

$$Q = \frac{\sqrt{R_6R_7C_3C_4}}{R_7C_3 + R_6C_3 + R_6C_4(1 - K_p)} \quad (10)$$

이다.

일반적으로 $K_p = 1$, $R_6 = mR_7 = mR$, $C_2 = nC_1 = nC$ 이다. 여기서 m 과 n 의 값을 확정하면 려파기의 파라메터를 결정할수 있다.

2. 모 의 결 과

Multisim10응용프로그램을 리용하여 우에서 서술한 회로에 대하여 모의를 진행하였다. 파형들을 비교하면 파형이 좋고 신호대잡음비가 작은 려파기파라메터는 $R_6 = R_7 = 20k\Omega$, $R_8 = 470\Omega$, $C_4 = 220pF$, $C_3 = 180pF$ 이다. 모의회로에서 검출기를 좁은 구형파전류원으로 등가시켰다. 이때 임펄스너비는 500ns이다.

극령보상회로에서 부극성신호의 파형과 부극성신호를 제거한 후의 파형은 그림 2와 같다. R_2 의 조절을 통하여 그림 2의 L)와 같은 파형을 얻을수 있다.

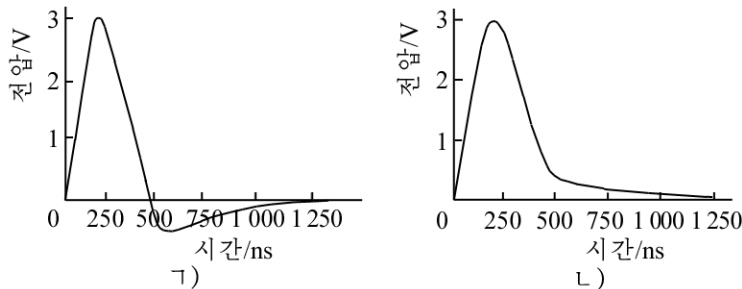


그림 2. 극령보상회로에서 부극성신호의 파형(Γ))과 부극성신호를 제거한 후의 파형(L))

1단Sallen-Key려파기의 출구파형과 2단Sallen-Key려파기의 출구파형은 그림 3과 같다.

그림 3에서 보는바와 같이 2단Sallen-Key려파기의 출구파형이 가우스파형으로 보다 더 접근한다는것을 알수 있다.[2] 이 임펄스성형회로에 연산증폭기 AD8045와 AD8039를 리용하였다. 이 연산증폭기들은 이지러짐과 잡음이 매우 작은 특성을 가지고있다.

신호측정은 임펄스성형회로와 검출기를 서로 련결하여 진행한다.(그림 4) 그림 4에서 보는바와 같이 파형 1은 검출기출구신호가 극령보상단을 지난 다음 출구파형으로서 진폭은 400mV보다 작지만 잡음을 세계 동반한다. 파형 2는 2단Sallen-Key려파기의 출구신호 파형으로서 최종성형파형이다. 그 진폭은 2.5V정도이고 비교적 높은 신호대잡음비를 가

지며 모의프로그램결과와 잘 일치한다.

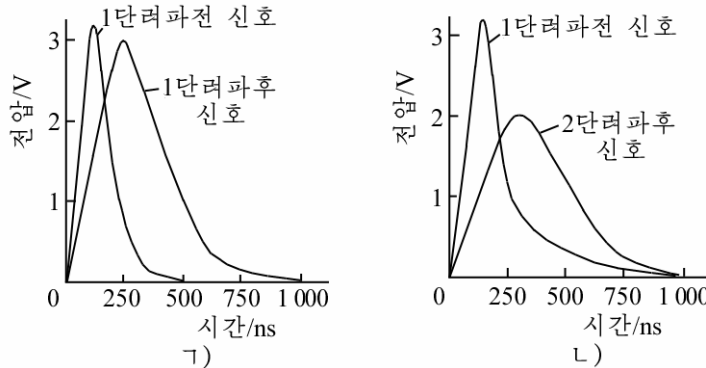


그림 3. 1단Sallen-Key러파기의 출구파형(ㄱ)과
2단Sallen-Key러파기의 출구파형(ㄴ)

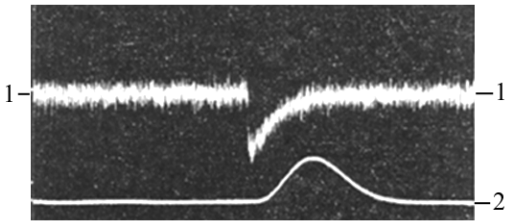


그림 4. 회로의 극정보상파형(1)과
최종성형파형(2)

맺는 말

1) Sallen-Key러파기를 리용하여 수자식다통로진폭분석기의 임펄스성형회로를 설계제작하였다.

2) Multisim10응용프로그램으로 설계한 회로에 대하여 모의를 진행하고 최량화된 러파기파라미터들을 확증하였다.

참고 문헌

- [1] J. Gaán et al.; IEEE Transactions on Nuclear Science, 61, 2, 844, 2014.
- [2] Pin Gong et al.; Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A 927, 301, 2019.
- [3] 周波 等; 四川理工学院学报, 18, 1, 42, 2005.

주체109(2020)년 9월 5일 원고접수

On the Impulse Shaping Circuit of DMCA Using Sallen-Key Filters

Kang Ho, Kim Chol Min and Pak Hyon

We designed and produced the impulse shaping circuit of DMCA by using Sallen-Key filters. We simulated the designed circuit and verified the optimized parameters of the filters by Multisim10 software.

Keywords: Sallen-Key filter, DMCA, impulse shaping