

KSTAR용 원거리 자속측정을 위한 Pre-amplifier 제작

가은미*, 손대락
 한남대학교 물리학과

1. 서론

핵융합로에서 플라즈마 전류를 측정하기 위해서는 전류 주위에서 자기장을 측정하여야 되며 이를 위하여 탐지코일과 전자적분기가 사용된다.[1,2] 이 경우 탐지코일은 고주파의 전자파에 노출되어 있고 적분기와 탐지코일 사이의 거리가 멀기 때문에 긴 전선으로 연결되어 있다. 따라서 적분기의 성능을 발휘하기 위해서는 적분기 앞단에서 고주파의 전자파에 의하여 유도되는 전압을 가능한 차단하여야 된다. 길이가 긴 입력 전선의 ground loop에 의한 적분기의 드리프트를 줄이기 위해서 입력을 차등 증폭기로 사용하여야 하며, 또한 도선의 저항에 의한 측정 오차를 줄이기 위해서는 탐지코일의 가까운 부분에서 impedance buffering을 하는 증폭기를 사용하여야 된다. 따라서 본 연구에서는 다른 나라의 Tokamak에서 연구한 것과 같이 전자적분기의 탐지코일사이의 거리가 멀기 때문에 발생하는 ground loop의 영향에 의한 적분기 특성의 감소를 최소화하기 위하여 impedance buffering 하는 차등 출력 증폭기와 차등전압을 받아서 적분기에 보내는 차등증폭기를 설계, 제작하여 그 특성을 측정하였다.

2. Pre-amp. 제작 및 실험 방법

Common mode에서는 V_i 라는 입력 전압을 주었을 때, 선 저항에 의한 전압차이 ΔV_L 과 ground 차이에 의한 전압차이가 ΔV_G 만큼 발생한다. 이 값들이 입력전압에 더해져서 입력전압과 출력 전압이 $\Delta V_L + \Delta V_G$ 만큼 달라지므로 신호전달시 오차가 커지게 된다. 반면 differential mode는 차등 증폭기를 이용하여 차등전압 $V_1 - V_2$ 을 입력해주면 길이가 긴 입력 전선의 ground loop에 의해서 발생하는 $V_1 + \Delta V_L + \Delta V_G$ 와 $V_2 + \Delta V_L + \Delta V_G$ 의 전압을 차등 전압 출력 $V_1 + \Delta V_L + \Delta V_G - (V_2 + \Delta V_L + \Delta V_G) = V_1 - V_2$ 해주므로 이 값을 적분기에 보내주게 되면 입력 신호가 긴 전선을 거쳐 적분기에서 받는 신호의 오차를 없애 줄 수 있게 된다.

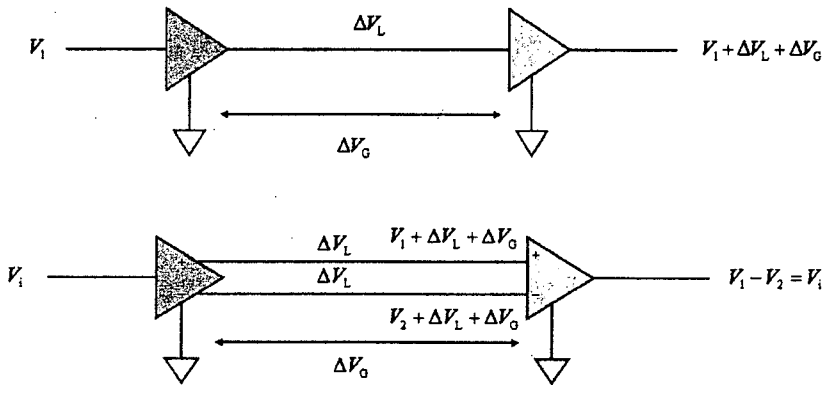


Fig. 1. Schematic diagram of amplifier mode.

3. 실험결과

제작된 Pre-amp.의 평가를 위해서 적분기 앞단에 pre-amp를 연결하였을 때와 연결하지 않았을 때를 비교 측정 보았다. 전자적분기의 Miller 적분기에 $R = 10 \text{ k}\Omega$, $C = 0.1 \mu\text{F}$ 를 사용하여 시간상수 1 ms로 구현하였다. 이 전자적분기의 full scale은 $\pm 10 \text{ V}$ 일 때 측정범위가 $\pm 10^{-2} \text{ Wb}$ 이다. 자속계의 출력 드리프트를 측정한 결과는 100초 동안 10 mV이하로 변화되었으며 이는 $1 \times 10^{-5} \text{ V/s}$ 즉 $1 \times 10^{-7} \text{ Wb/s}$ 이하였다.

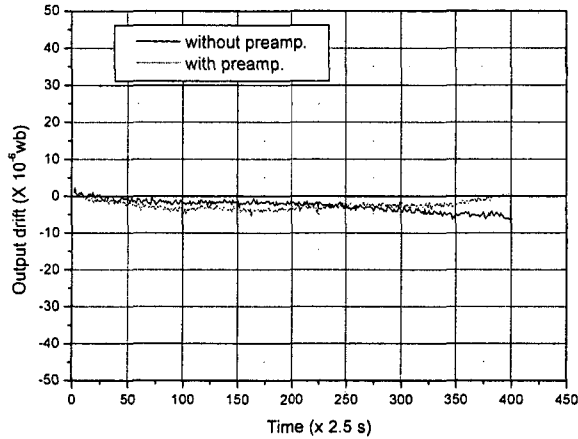


Fig. 2. Output voltage drift depending on time

4. 결론

본 연구에서는 차등 증폭기를 제작하였으며 성능평가를 위해 시간 상수는 1 ms 인 4-channel 드리프트 자체 보상형 자속계와 연결하여 특성 측정을 하였으며 자속계의 드리프트는 $1 \times 10^{-7} \text{ Wb/s}$ 이었다.

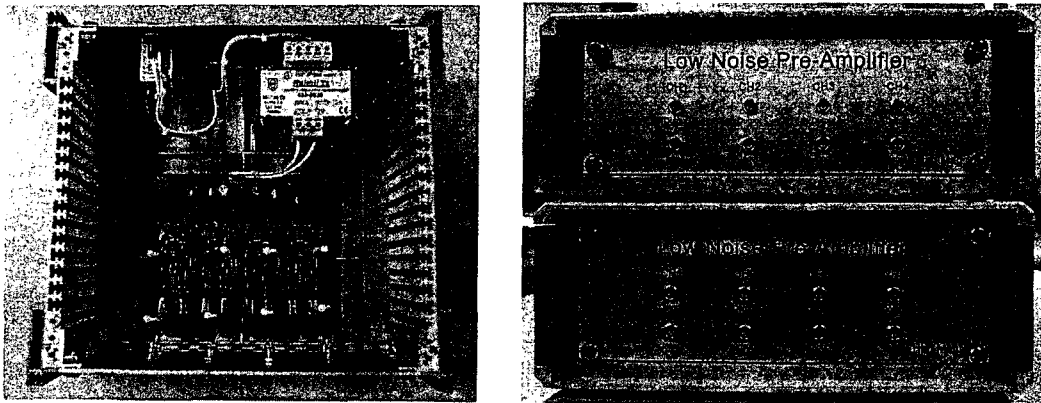


Fig. 3. Photograph of the differential amplifier type Pre-Amplifier.

5. Reference

- [1] E.T.Strait et al., Rev. Sci. Instrum. 68(1), 381(1997)
- [2] K. Kurihara and Y. kawamata, 17th IEEE/NPSS Symposium on Fusion Engineering, San Diego California(1997).