地震 第2輯
第21巻(1968)151-153頁

微小地震計測用増幅器 について

東京大学理学部地球物理学教室

岡田 義 光

(昭和43年5月22日受理)

An Amplifier for Observation of
Microearthquakes

Yoshimitsu OKADA

Geophysical Institute, Faculty of Science
University of Tokyo

(Received May 22, 1968)

微小地震の観測に用いる増幅器としては、次のような諸条件を満たすものが要求される。

1. Gain 換振器として、出力 1 V/cm/sec 程度のものを使用すると、90 db あれば、国内では殆んど全ての場合に十分。
2. f 特性 2~100 cps 位 (遠震まで目的とする時は、0.1~100 cps)
3. Noise 上の周波数帯域で、入力換算、 $0.5 \mu V_{pp}$ 位ならほぼ十分 (特別に静かな場所では、 $0.2 \sim 0.3 \mu V_{pp}$ が望ましいこともある。)
4. Dynamic Range 60~80 db
5. Input ハムの混入等を防ぐため、平衡型とし、CMR (同相分除去比) は高い方が望ましい。入力抵抗は、地震計の damping 調整を容易にするため、高い方が良いが、20 k Ω 程度で十分。
6. Output 低 Impedance の負荷に対しても、十分な linearity のとれることが必要 (2~3 k Ω つないで $5 V_{pp}$ 位)
7. Stability 温度変化 ($-20 \sim +40^\circ\text{C}$) や、電源電圧変化に対し、Gain が変動せぬことが望ましい。
8. Power 長期間観測を目的とすることが多いので、出来るだけ少ない方がよい (蓄電池 12 V, 数 mA 以下)
9. Size あまり大きく、重量が大でない方が良

い。

これらの条件に叶うアンプはそう存在しないが、例えば LASA で用いている Low Frequency Parametric Amplifier は、次のごとく、かなり優秀なものといえる。

1. Gain 100 db
2. f 特性 0.1~200 cps
3. Noise $< 0.15 \mu V_{pp}$ (0.8~10 cps)
4. Dynamic Range 74 db (Gain 80 db 時)
5. Input 平衡, 入力抵抗 15 M Ω
6. Output 平衡, linearity $14 V_{pp}$
7. Power D. C. 18 V, 8 mA
8. Size $63.5 \times 152.4 \times 114.3$ (mm)

ただ、難は高価な点であり、米国等で用いられている標準的なトランジスター・アンプ (帯域 12.5 cps で入力換算 Noise $0.3 \mu V_{pp}$) が、フィルター付きで、約 \$800 となつていますが、その更に2倍半である。

国内で市販されているアンプでは、この Gain, この帯域で、希望するような低 Noise のものはないので、自分で設計せねばならない。その際、気をつけねばならぬことは、初段付近で feedback を使うべきではないということである。それは、feedback 回路を使用すると、Gain の安定化、入力抵抗増大等の利点はあるが、地震計測用には好ましくない弊害も現われるからであり、その一つは、初段からの Noise の増大である。また Audio の時には、周波数特性で落した部分は情報源として全く用いられないが、地震の場合には、その特性曲線の下つている所まで必要とするので、帯域の両端における位相特性は単純なほど良い。従つて、地震計測に用いるアンプとしては、むしろ単純な回路を用い、部品を厳選し、揃わせた方がよい。最近では、増幅率が高く、Noise の少ない、そして温度変化に強いシリコントランジスターが安価で手に入るようになったので、最初に述べた諸条件に叶うアンプに近いものも、比較的容易に自作出来るようになった。次に、その一例と特性を示す。

1. Gain $> 90 \text{ db}$
2. f 特性 0.5~100 cps (filter の 0.002μ をとると、0.5~50 kc)
3. Noise $< 1 \mu V_{pp}$ (2~100 cps)

回 路 図

4. Dynamic Range >50 db (Gain 80 db, 負荷 5 k Ω 時)

5. Input 平衡, 入力抵抗 20 k Ω , CMR 40 db

6. Output 不平衡, linearity 5 V_{pp} (負荷 5 k Ω 時)

7. Stability 温度変化, -20~+60°C で一定.
電源電圧は stabilize する必要あり, パルス性過大入力に対する応答時間約 3 sec.

8. Power D.C. 12 V, 4.8 mA

9. Size 40×90×70 (mm)

このアンプは、従来使われているプリアンプとメインアンプを一つにまとめた型であり、地震計から数十米シールド線を張つて入力させ、出力は、Direct Analogue Recorder, または、FM Data Recorder につなぐ目的で設計したものである。Gain は約 90 db であるが、例外的に静かな所、及

び数百米以上線を張る場合には、補助のプリアンプが必要であろう。（後者の場合、プリアンプは地震計の傍に置く）。不平衡型に比し、平衡型は、シリコントランジスター固有の短周期 Noise に加え、アンバランス分による長周期 Noise を出し易く、

石を選ばないと、 $1\mu V_{pp}$ を切ることはやや困難であるが、本論の増幅器のごとく地震計より数十米以上離す場合には、不平衡型は用いることが出来ない。