

初段管 G1 の雑音レベルと S メータ指示値

1.はじめに

同調無信号時、S メータ (150 μA フルスケール) が、初段管の第一グリッド G1 の雑音電圧レベルである 4.43 μV (Signal level 2 相当) を指示することについて説明する。

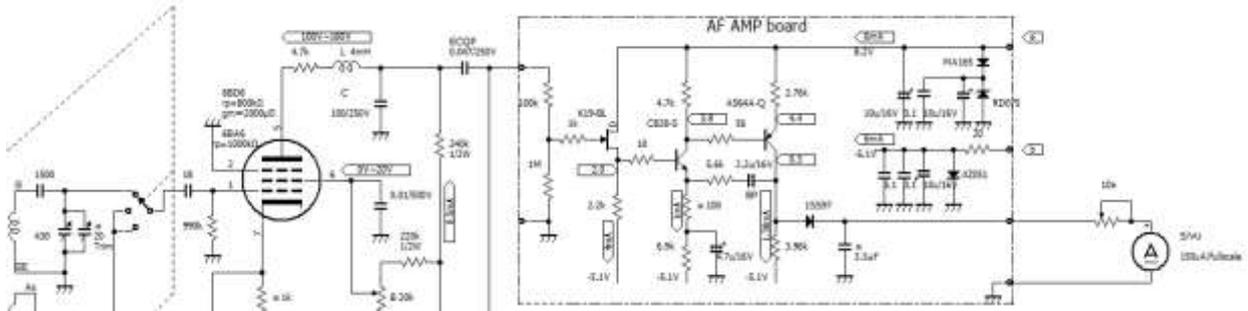


Fig.1-1 初段 6BD6 から S メータまでの回路

2.6BD6 G1 の雑音レベル

本 HP 内 資料「同調回路と初段 6BD6 の雑音計算」の一部を以下に引用する。

【熱雑音電圧】

$$E_n = \sqrt{4KTRnBw} \quad (V) \quad \dots \dots \dots 11-1$$

K ; ボルツマン定数 1.3806×10^{-23} , T ; $273+t$ (°C), Bw ; 等価帯域幅 (Hz)

【同調回路の雑音⇒共振インピーダンス Rn の雑音】

$$R_n = 2\pi f Q L \quad (\Omega) \quad \dots \dots \dots 11-2$$

f ; 受信周波数 (Hz), L ; インダクタンス (H), $Q \approx 100$

【五極管の等価グリッド抵抗 Rt】

$$R_t = \frac{I_p}{I_p + I_{sg}} \left(\frac{2.5}{g_m} + \frac{20 \times I_{sg}}{g_m^2} \right) \quad (\Omega) \quad \dots \dots \dots 11-3$$

以上から、 $t=25^\circ\text{C}$, $Bw=10\text{ kHz}$, $f=810\text{ kHz}$, $L=200\text{ }\mu\text{H}$ とすると、

$$R_n = 2 \times \pi \times 810 \times 10^3 \times 100 \times 200 \times 10^{-6} = 101.79\text{ k}\Omega$$

$$E_{nc} = \sqrt{4 \times 1.3806 \times 10^{-23} \times 298 \times 101.79 \times 10^3 \times 10 \times 10^3} = 4.093 \times 10^{-6} = 4.093\text{ }\mu\text{V} \quad \dots \quad \textcircled{1}$$

また、 I_p と I_{sg} は $E_p=250\text{ V}$, $E_{c2}=100\text{ V}$ ($I_p=9\text{ mA}$, $I_{sg}=3\text{ mA}$) の条件から

$$R_t = \frac{9 \times 10^{-3}}{9 \times 10^{-3} + 3 \times 10^{-3}} \left(\frac{2.5}{2 \times 10^{-3}} + \frac{20 \times 3 \times 10^{-3}}{(2 \times 10^{-3})^2} \right) = 12.19\text{ k}\Omega$$

$$E_{nv} = \sqrt{4 \times 1.3806 \times 10^{-23} \times 298 \times 12.19 \times 10^3 \times 10 \times 10^3} = 1.416 \times 10^{-6} = 1.416\text{ }\mu\text{V} \quad \dots \quad \textcircled{2}$$

よって、相乗平均をとると

$$E_n = \sqrt{E_{nc}^2 + E_{nv}^2} = \sqrt{(4.093 \times 10^{-6})^2 + (1.416 \times 10^{-6})^2} = 4.331 \times 10^{-6} = 4.33\text{ }\mu\text{V} \quad \dots \quad \textcircled{3}$$

結果、同調部だけで“S2”レベル (4.43 μV; 12.93 dB, 1 μV=0 dB) の雑音信号が発生している。

加えて S メータまでの増幅度を計算すると以下のようになる。

3.増幅度の計算

3-1.6BD6 増幅度

よく知られているように 5 極管の増幅度は式 3-1 で表される (0.95 ; r_p 起因の増幅度低下係数)。

$$A_5 = 0.95 \times g_m \times \frac{r_p \times Z_p}{r_p + Z_p}, \quad Z_p; \text{負荷抵抗 (次段グリッド抵抗込)}, \quad r_p; \text{5 極管内部抵抗} \quad \dots \quad 3-1$$

6BD6 の $g_m = 2\,000 \mu\text{S}$, 内部抵抗 $r_p = 800 \text{ k}\Omega$, 負荷抵抗 $Z_p = 240 \text{ k}\Omega$ とすると

$$A_5 = 0.95 \times 2\,000 \times 10^{-6} \times \frac{800 \times 10^3 \times 240 \times 10^3}{800 \times 10^3 + 240 \times 10^3} = 350.77 \text{ 倍} \rightarrow 50.9 \text{ dB} \quad \dots \quad 3-2$$

よって、プレート側には

$$V_1 = 4.33 \times 10^{-6} \times 350.77 = 0.001\,519 = 1.52 \text{ mV} \quad \dots \quad 3-3$$

が出力される。

3-2.音声信号増幅回路 (AF AMP)

3-2-1.FET 段

$$100 \text{ k}\Omega \text{ 及び } 1 \text{ M}\Omega \text{ 並びにソースホロワにより, 増幅度 } 0.864 \text{ 倍} \rightarrow -1.27 \text{ dB} \quad \dots \quad 3-4$$

3-2-2.トランジスタ増幅段

【初段】

$$G_1 = h_{fe1} \times R_{L1} / \{ r_{bb1} + r_{be1} + (1 + h_{fe1}) \times | R_{E1} | \}, \quad r_{be1} = 26 \times h_{fe1} / I_{E1} \\ = 100 \times 4\,700 / \{ 22 + (26 \times 100 / 1) + (1 + 100) \times (100 + 9) \} \doteq 34.48 \rightarrow 30.75 \text{ dB}$$

【次段】

$$G_2 = h_{fe2} \times R_{L2} / \{ r_{bb2} + r_{be2} + (1 + h_{fe2}) R_{E2} \}, \quad r_{be2} = 26 \times h_{fe2} / I_{E2} \\ = 100 \times 3\,960 / \{ 22 + (26 \times 100 / 1.38) + (1 + 100) \times 2\,760 \} \doteq 1.41 \rightarrow 2.98 \text{ dB}$$

$$\text{開ループゲイン } A = 34.48 \times 1.41 = 48.62 \rightarrow 33.73 \text{ dB}$$

【フィードバック量】

$$\beta = R_{E1} / (R_f + R_{E1}) = 109 / (5\,618 + 109) = 0.019$$

【総合増幅度 G】

$$G = A / (1 + \beta \cdot A) = 48.62 / (1 + 0.019 \times 48.62) \doteq 25.27 \rightarrow 28.05 \text{ dB} \quad \dots \quad 3-5$$

よって、3-3 及び 3-4 並びに 3-5 を掛算して

$$V_2 = 1.52 \times 10^{-3} \times 0.864 \times 25.27 = 0.033\,2 \text{ V} = 33.2 \text{ mV} \quad \dots \quad 3-6$$

3-3. S メータ (150 $\mu\text{A}/\text{FS}$)

メータは S1~S9, 10, 20, 30 dB 目盛の他に 10 等分割目盛があり, S2 は 1.5 目盛相当で

$$I_m \doteq 150 \times 10^{-6} \times \frac{1.5}{10} = 2.25 \times 10^{-5} = 22.5 \mu\text{A} \quad \dots \quad 3-7$$

メータに直列挿入されている感度調節抵抗とメータ直流抵抗値の直列実測値は, 約 1.6 k Ω なので
必要な電圧は

$$V_d = 22.5 \mu\text{A} \times 1.6 \text{ k}\Omega = 0.036 \text{ V} = 36 \text{ mV} \quad \dots \quad 3-8$$

となる。

したがって、3-6 と 3-8 はほぼ一致し, “Signal level 2 を指示する” のが分かる。