

1. 12AX7(電圧増幅)+6AR5(電力増幅)の周波数特性

Fig.1-1 に示す 12AX7(電圧増幅)+6AR5(電力増幅)回路の周波数特性を測定する。

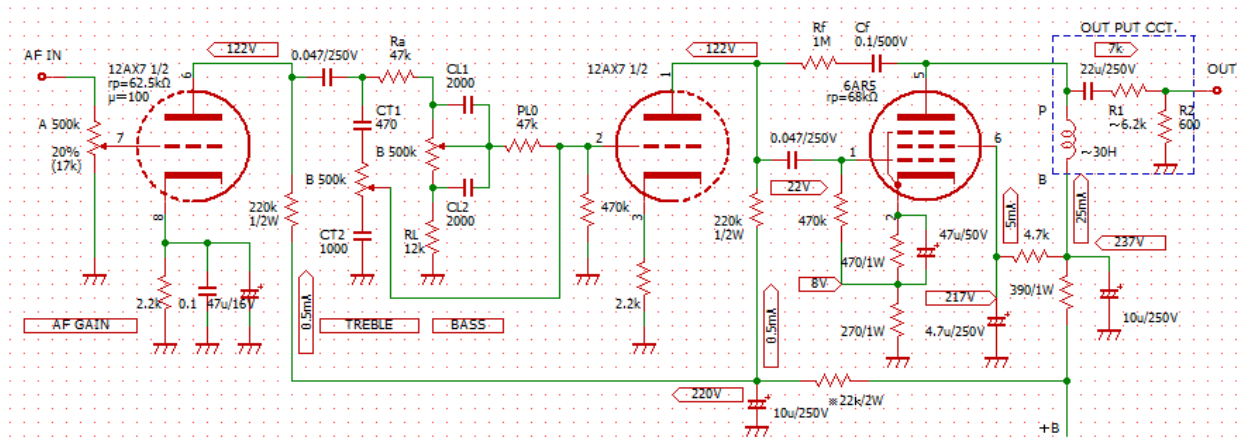


Fig.1-1 12AX7-6AR5 低周波電圧・電力増幅回路

AF IN に 12AX7 が低歪みとなる入力信号 (～0.1 V) を印加し, OUT を電子電圧計で測定する。OUTPUT CCT.は所定の測定用回路構成で, 6AR5 の最適負荷 7kΩになるよう R1 で調節する (R1 は 6.2 kΩ, R2 は 600 Ω固定)。また, 直流阻止と負荷効果低減のため 22 μF/250 V をつけた。

1-1.ゲイン計算

- 1) AF GAIN 500 kΩ → スケールプレート 20%の位置で約 17 kΩ → 0.034 倍 (-29.37 dB) . . . ①
- 2) 初段 12AX7 1/2 ゲイン

$$A1 = \mu \frac{RL}{rp+RL} \cong 100 \cdot \frac{95 \times 10^3}{62.5 \times 10^3 + 95 \times 10^3} = 100 \cdot 0.6032 = 60.32 \text{ 倍}(35.61 \text{ dB}) \quad \dots \dots \dots \text{②}$$

※RL 95 kΩは負荷抵抗 220 kΩ及び Bass・Treble 回路(1kHz)並びに 470 kΩの並列値
 ※カソード抵抗 2.2 kΩがあるが, キャパシタがあり電流フィードバックがかからない。

- 3) トーンコントロール部 → 0.32 倍 (-10 dB) ③
- 4) 次段 12AX7 1/2 ゲイン

$$A2 = \mu \frac{RL}{rp+RL+(1+\mu)Rk} \cong 100 \cdot \frac{\frac{220 \times 10^3 \times 470 \times 10^3}{220 \times 10^3 + 470 \times 10^3}}{62.5 \times 10^3 + \frac{220 \times 10^3 \times 470 \times 10^3}{220 \times 10^3 + 470 \times 10^3} + (1+100) \times 2.2 \times 10^3} = 34.48 \text{ 倍}(30.75 \text{ dB}) \quad \dots \dots \dots \text{④}$$

※RL は 220 kΩと 6AR5 入力インピーダンス 470 kΩの並列値

- 5) 6AR5 (gm=2 300, rp=68 kΩ → 計算上 μ=156 だが, 別記事同様 100 とする)

$$\text{電流帰還込のゲイン } A5 = \mu \frac{RL}{rp+RL+(1+\mu)Rk} \cong 100 \cdot \frac{6.8 \times 10^3}{68 \times 10^3 + 6.8 \times 10^3 + (1+100) \times 270} = 6.66 \text{ 倍}(16.47 \text{ dB}) \quad \text{⑤}$$

・電圧帰還量 Rf=1 MΩ, Cf=0.1 μF (1.59 kΩ at 1 kHz), Rg≐638.65 kΩ (別途計算)

$$RL3' = \frac{RL3 \times Rg}{(RL3+Rg)} = \frac{220 \times 10^3 \times 638.65 \times 10^3}{220 \times 10^3 + 638.65 \times 10^3} = 163.63 \text{ k}\Omega$$

$$R = \frac{RL3' \times rp}{(RL3'+rp)} = \frac{163.63 \times 10^3 \times 68 \times 10^3}{163.63 \times 10^3 + 68 \times 10^3} = 48.04 \text{ k}\Omega$$

・フィードバック率 β = R/(R+Rf) = 48.03/(48.03+1 001.6) = 0.045 8

・フィードバック量 F = 20log (1 + β・A5) = 20log(1 + 0.045 8 × 6.66) = 2.26 dB

$$\text{電圧帰還後のゲイン } A = A5 / (1 + \beta \cdot A5) = 6.66 / (1 + 0.045 8 \times 6.66) = 5.1 \text{ 倍}(14.15 \text{ dB}) \quad \dots \dots \dots \text{⑥}$$

6) 測定用出力回路 OUT PUT CCT.

抵抗比 = $600 / (6\,200 + 600) = 0.0882$ 倍 (−21.09 dB) ⑦

以上から、総合ゲインは

$A \cong -29.37 + 35.61 + (-10) + 30.75 + 14.15 + (-21.09) = 20.0$ dB (10 倍) ⑧

となる。

結果、0.1 V を AF IN へ印加すると OUT には 1 V が出力される。Fig.1-4 で Bass・Treble 中央時 1 kHz の出力値と近接する (実測約 70 mV 不足) ので、全体としての把握はほぼ正しいであろう。

1-2. 周波数特性測定方法

1) Fig.1-2 のように構成する。

被測定回路は適切にヒートランしておく。

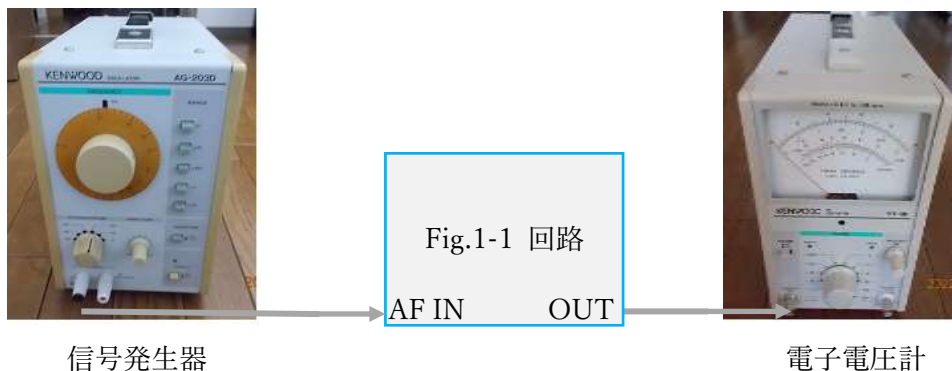


Fig.1-2 周波数特性測定系

2) 信号発生器から正弦波 0.1 Vrms (予め電子電圧計で確認, 周波数; 50 Hz~20 kHz) を出力し, Fig.1-1 被測定回路の AF IN に印加する。

3) 電子電圧計で OUT からの出力電圧を測定する。データは「Word」を利用し, 「挿入」→「グラフ」→「離散図」で数値入力, 「軸」を「対数」に変更して「目盛」間隔を適宜調節する。

表 1-1 周波数特性 (入力-出力 特性)

F(Hz)	入力	出力	F(Hz)	入力	出力
10	0.1		2 000	0.1	
20			3 000		
30			5 000		
50			7 000		
70			10 000		
100			20 000	↓	
200					
300					
500					
700					
1 000	↓				

Fig.1-3 に設計時の周波数特性, Fig.1-4 には改良後を示す。

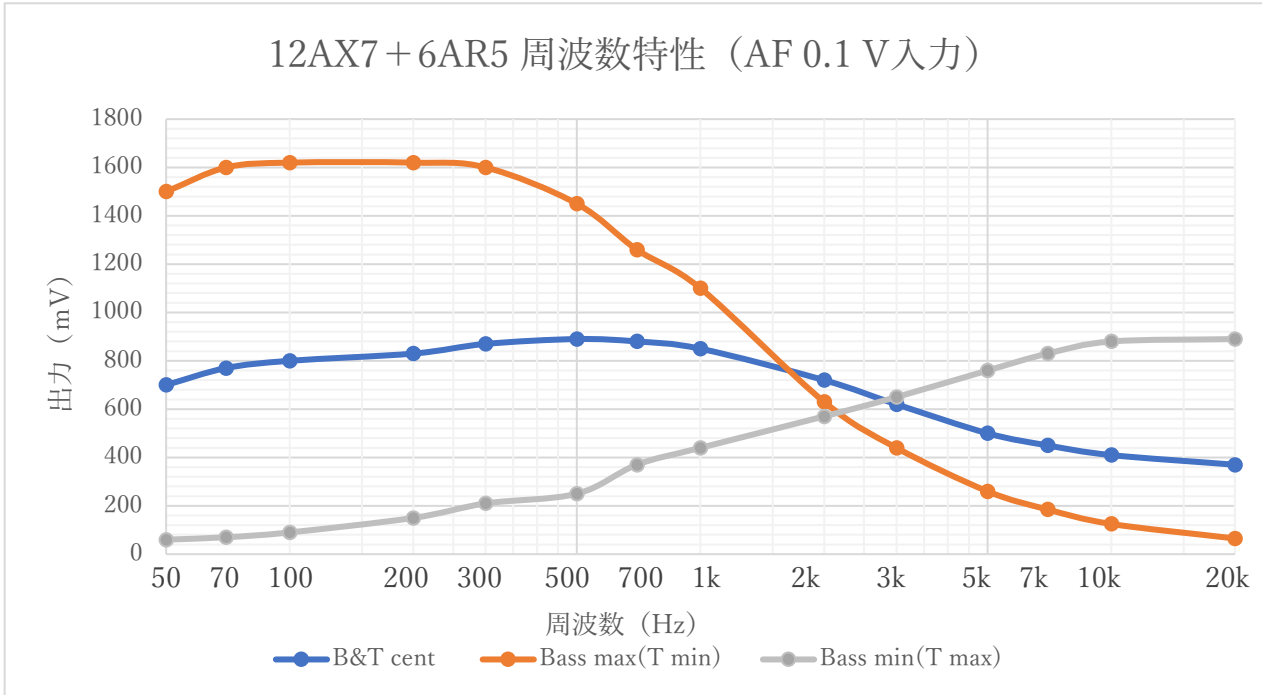


Fig.1-3 現状 (AF 0.1 V 入力)

シミュレーションで減衰型音質調整回路だけの確認をすると, Bass (低音) の可変範囲は大きくなるが Treble (高音) のそれは小さくなり, Fig.1-3 とよく一致している。

以上から, Fig.1-1 の Bass 定数 CL1 2 000 pF を手持ちの 470 pF に交換し, 再調整した結果を Fig.1-4 に示す。— は Bass・Treble 中央時の特性で, 緩やかに減衰する素直な特性となった。また, 全体に AF GAIN が僅かに増加したようで, 1 kHz の出力がやや上がっている。— のように Bass・Treble を適切にすれば 50 Hz~20 kHz を平坦にすることができる。

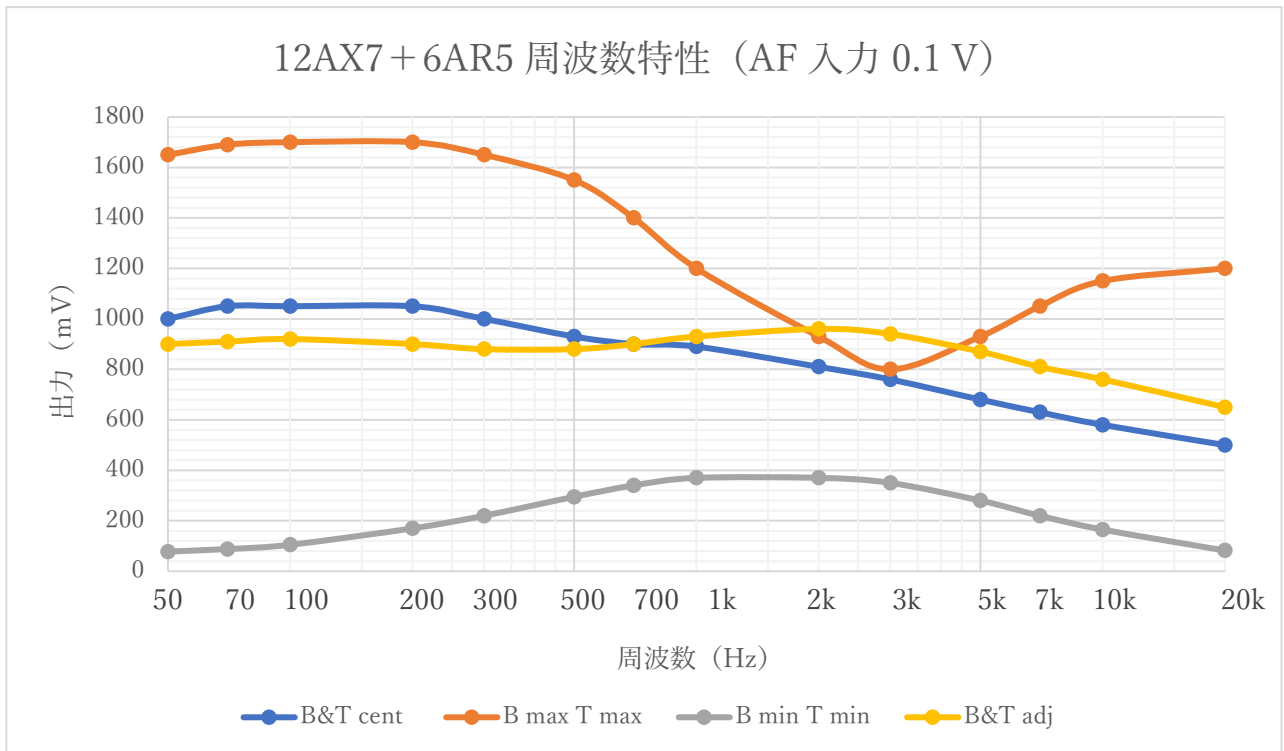


Fig.1-4 Bass CL1 2 000 pF → 470 pF 変更後