

3. 自動制御実験

担当 鈴木 宏

1. 目的

2 次遅れ系の制御系を電子回路で実現し、その周波数応答を実験で測定し、伝達関数を求める。それにより、周波数応答と伝達関数の関係を理解すると共に、自動制御および電子回路の知識を深める。

2. 原理

2-1 伝達関数

伝達関数 $G(s)$ は、入出力特性（入力 $U(s)$ 、出力 $Y(s)$ ）を表す一つの形式で、入力がインパルス関数の出力特性を表す（インパルス応答）。

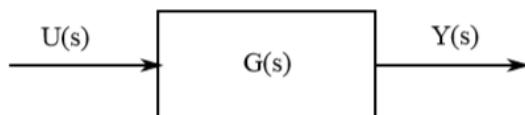


図1 伝達関数による入出力特性のブロック線図

2-2 アクティブフィルタによる2次遅れ系の伝達関数

図2にアクティブフィルタの回路図を示す。

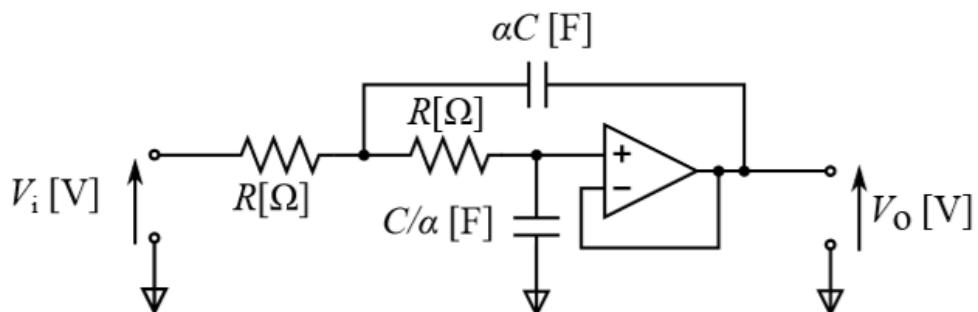


図2 アクティブフィルタの回路図

この回路の伝達関数は、入力 V_i [V]、出力 V_o [V] として、以下のように表される。

$$G(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{1}{1 + \frac{2}{\alpha} s C R + s^2 C^2 R^2} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \quad (1)$$

ここで、 ζ は減衰係数、 ω_n は固有角周波数と呼ばれ、 ζ と ω_n により、周波数応答が異なる。

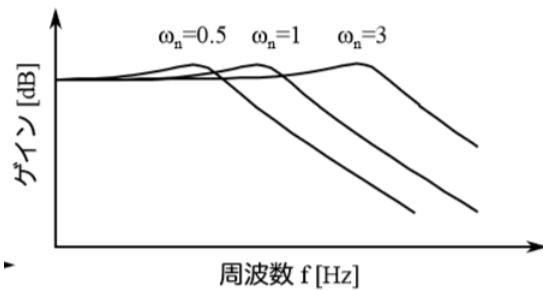


図3 固有角周波数による周波数応答の変化

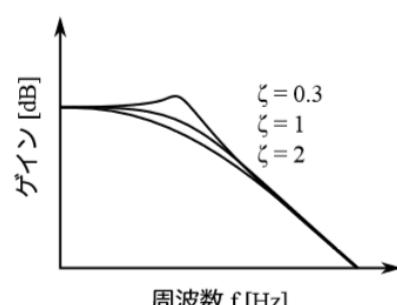


図4 減衰係数による周波数応答の変化

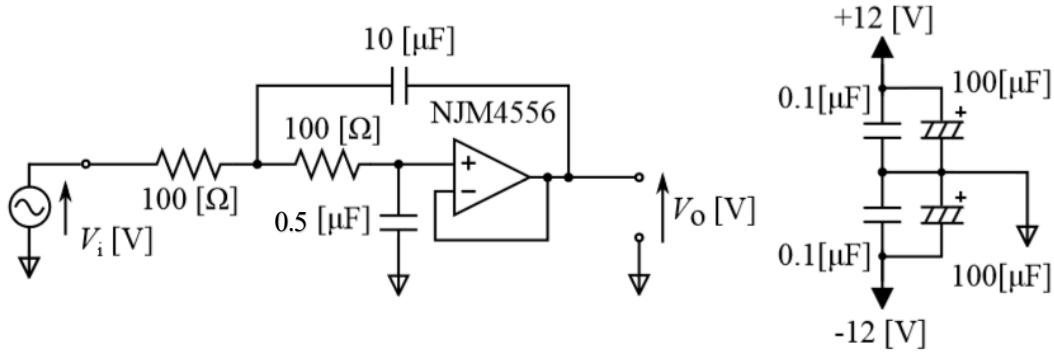
3. 実験内容

3-1 理論値の算出

- ① $\alpha C = 10\mu F$, $C/\alpha = 0.5\mu F$ としたい。 α を計算し減衰係数 ζ を求めよ。
- ② $R=100\Omega$ としたときの、固有角周波数 ω_n を求めよ。
- ③ 極大値 M_p （値とdB値の両方）と共振周波数 ω_{op} （Hzとrad/sの両方）を求めよ。

3-2 周波数応答の測定

発振器の出力（回路への入力電圧 V_i [V]）を1.5V(p-p値)程度とし、100Hzより7kHzまで周波数を変化させたときの出力 V_o [V]と遅れ時間を測定せよ。特に共振周波数（ゲインがピークになる所）の当たりを細かく測定する（20点以上）こと。測定を行いながら表1を作り、ゲインと位相を計算せよ。



(a) アクティブフィルタの回路図

(b) 電源の回路図

図5 アクティブフィルタの周波数応答測定回路図

表1 測定結果集計表

周波数 f [Hz]	角周波数 ω [rad/s]	入力電圧 V_i [V] (p-p 値)	出力電圧 V_o [V] (p-p 値)	電圧比 V_o/V_i	ゲイン G[dB] $20\log(V_o/V_i)$	遅れ 時間 t [sec]	位相 θ [°]
変化させる 100~7k	計算する	1.5V 程度 に合わせる	測定する	計算する	計算する	測定する	計算する
例 99.6	625.81	1.304	1.304	1.00	0.00	0.11 m	-3.94

4. 報告事項：以下のことをレポートとして提出せよ。

1. 目的（原理は書かなくてよい）
2. 実験報告
 - ① 使用機器
 - ② 理論値の算出 【3-1 ① から ③】（理論値は式の導出もきちんと示すこと）
 - ③ 実験結果 【3-2 周波数応答の測定】（表1および、ゲイン特性と位相特性のグラフ）
3. 考察（グラフ以外は手書きとする）
 - ① 実験結果（ゲイン特性のグラフ）から、アクティブフィルタの伝達関数を求めよ。
このときに、 ζ と ω_n の導出（式変形）を示すこと。
 - ② 理論値と実験から求めた ζ と ω_n を、誤差率を計算して比較し考察せよ。
 - ③ Matlab を用いて、理論値と実験値の2つのボード線図を描け。
 - ④ Matlab の結果（実験値）と実験結果のグラフを比較し、求めた伝達関数が正しいか検証を行え。
また、実験結果のグラフより、このアクティブフィルタは2次遅れ系と言えるか考察せよ。
4. 感想・意見・要望 等
5. 参考文献