

### 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）。

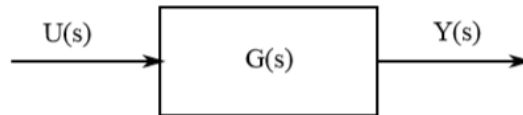


図1 伝達関数による入出力特性のブロック線図

##### 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。

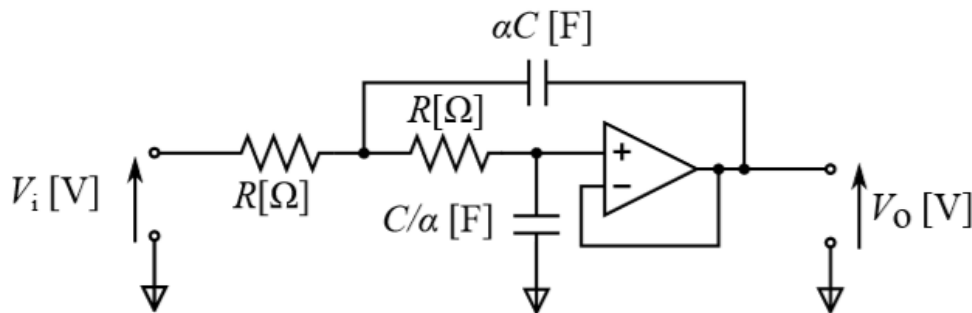


図2 アクティブフィルタの回路図

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。

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

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

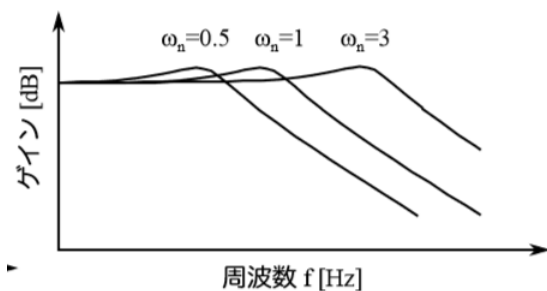


図3 固有角周波数による周波数応答の変化

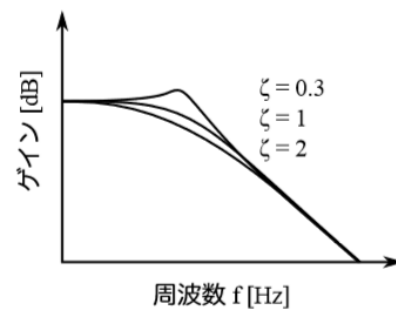


図4 減衰係数による周波数応答の変化

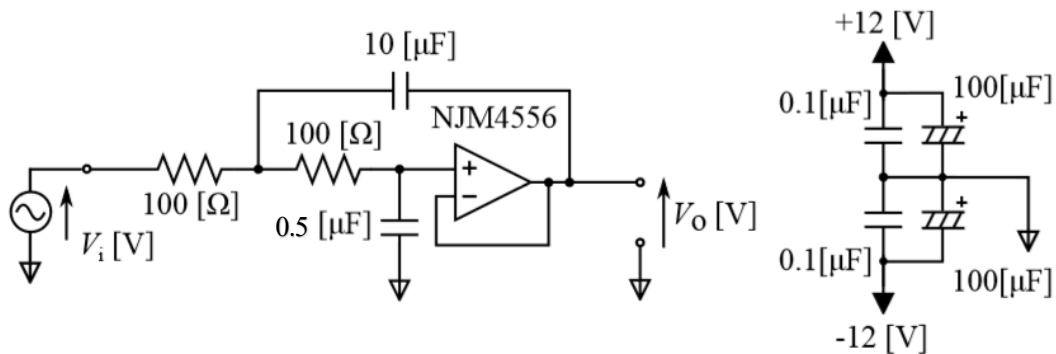
### 3. 実験内容

#### 3-1 理論値の算出

- ①  $\alpha C=10\mu\text{F}$ ,  $C/\alpha=0.5\mu\text{F}$  としたい。 $\alpha$  を計算し減衰係数  $\zeta$  を求めよ。
- ②  $R=100\Omega$  としたときの、固有角周波数  $\omega_n$  を求めよ。
- ③ 極大値  $M_p$  (値と dB 値の両方) と共振周波数  $\omega_p$  (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  $1.5\text{V(p-p 値)}$  程度とし、 $100\text{Hz}$  より  $7\text{kHz}$  まで周波数を变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 $\omega$ [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 $G[\text{dB}]$ $20\log(V_o/V_i)$	遅れ 時間 $t$ [sec]	位相 $\theta$ [°]
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、 $\zeta$  と  $\omega_n$  の導出 (式変形) を示すこと。
  - ② 理論値と実験から求めた  $\zeta$  と  $\omega_n$  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