

12. 正弦波発振回路

I. 目的

正弦波発振回路の発振原理と帰還系の考え方を理解する。

II. 予習

IV. 予習のヒントを参照して、ループ利得 $T(s)$ 、発振条件の式を導け。

III. 解説

電子回路で用いる一般的な帰還増幅器を図1に示す。伝達関数 G を持つメイン増幅器と出力電圧を入力側に帰還させる帰還回路によって構成される。この系の出力電圧 v_o は図より、

$$V_o(s) = G(s)[V_i(s) + H(s) \cdot V_o(s)]$$

と表す事ができる。上式より、この系の総合利得 A_f を求めると、

$$A_f(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{G(s)}{1 - T(s)}$$

となる。ここで、

$$T(s) = G(s) \cdot H(s)$$

と定義しており、これはループ利得または一巡利得と呼ばれている。ループ利得は帰還系の特性を解析する上で最も重要なパラメータである。

図1 帰還増幅回路の一般的な構成図

ここで、“発振器とは、一体どういうものなのか”という基本的な問題について考えてみよう。発信機とは、入力がない状態でも出力電圧が発生する特殊な増幅器であると考えてよい。通常の増幅器は入力がないければ出力も零となるが、増幅器の利得が無限大となる場合だけはそうならない。この場合だけは入力が零であっても出力電圧が生じるのである。それゆえ、発振器を制作するには、利得無限大の増幅器を作れば良いことがわかる。このような増幅器を、図1の帰還系を用いて実現してみる。帰還系の利得 A_f が無限大になるには、(2)式から、

$$1 - T(s) = 0$$

となればよいはずである。尚、上式は、大きさと位相成分に分離して、

$$T(s) = 1, \theta = 0 + 2n\pi \quad (n : \text{natural number})$$

とも書ける。従って、(4)または(5)式を満足する帰還系によって発振器を実現でき、この(4)式または(5)式の事を発振条件と呼ぶ。以上で、一応発振器を構成できたわけだが、これを正弦波発振器とするには、単一の周波数成分だけから成る波形である。それゆえ、いろいろな周波数に対して(4)式が満足されたのは、発振器からの出力は正弦波とはならない。逆に考えるともしある特定の周波数に対してのみ(4)式を満足するような回路を構成できれば、その回路は正弦波発振器となる筈である。以上が帰還増幅器を用いた正弦波発振器の構成原理である。

一般に、図1のメイン増幅器に用いる回路は、(例えば、エミッタ接地増幅器など)広い周波数範囲にわたって一定利得をもつから、ある特定の周波数だけで $|T| = 1$ となる様にするには帰還回路を組み込めば良いわけである。既に多くの種類の帰還回路が考案されている。我々は使用目的に応じてそれらを選べば良い。

★ ループ利得の計算法

ループ利得は、図1の回路において、入力電圧が零の時の出力電圧 V_o と帰還電圧 V_o' の比

$$T(s) = \frac{V_o(s)}{V_o'(s)}$$

によって導出できる。詳細は、電子回路のテキスト 10,11 章を参照すること。

IV. 実験事項

IV-1. 正弦波発振回路の制作とその評価実験

実験は、RC 低周波発振器の代表的なものである。位相発信機とウィーンブリッジ発振器を制作する。

(1) 移相発振器 (Phase Shift Oscillator, PSO)

適当な発振周波数を設定し、回路定数を決定する。図 2 の回路を制作し、 $R_2=29R$ の関係がほぼ満足されるようにして、回路を発振させる。波形の歪みが最も小さくなるように抵抗値を微調整し、その時の抵抗値と正弦波の発振周波数を測定せよ。

図 2 移相発振器の回路構成

(2) ウィーンブリッジ発振器 (Wien Bridge Oscillator, WBO)

図 3 の回路を制作し、 $R_2 / R_1 = 2$ として(1)と同様に実験する。 $R_1=1k\Omega$ とする。

図 3 ウィーンブリッジ発振器の回路構成

★ 回路の素子設定、周波数設定について

- 1) 周波数の目安として、班の番号 $\times 100\text{Hz}$ とする。
- 2) コンデンサ C を $C=C_0=0.1\mu\text{F}$ 、もしくは $0.01\mu\text{F}$ と固定し、発振条件より抵抗

$R(\text{PSO})=\frac{1}{2\pi\sqrt{6}\cdot C_0\cdot f}$, $R(\text{WBO})=\frac{1}{2\pi C_0 f}$ を計算する。抵抗値 R は、近い値の抵抗値 R_0 を用いる。

- 3) 上の素子の値 C_0, R_0 により周波数 f_0 を計算する。この値を真値とする。

IV-2 ループ利得の計算

両発振器のループ利得 T を理論的に導出し、 T のボーデ線図を描け。また(5)式を満足する周波数の計算結果と実験値を比較せよ。