正員 藤 巻 忠 雄 (東京電機大)
正員 大 庭 勝 實 (東京電機大)
非会員 本 多 貴 史 (東京電機大)

Voltage Controlled 3-Phase Sinusoidal Oscillator
Tadao Fujimaki, Katsumi Ohniwa, Member, Takashi Honda, Non-Member
(Tokyo Denki University)

キーワード：発振器、演算増幅器、フォト・カプラ、パワエレクトロニクス

1. まえがき

可変周波数の三相正弦波発振器についての研究は少なく、例えば、渡辺氏によりチョップ制御方式のものが報告されている⁽¹⁾。我々は、このようなチョップのオン・オフ時間の制御によって等価的に回路パラメータを変化し、発振周波数を変える方式とは異なる、演算増幅器3段を用いた新しい発振回路と、その回路パラメータをフォト・カプラによってアナログ的に変化させる方式の電圧制御三相正弦波発振器を考案した。これは、その回路構成が極めて簡単で、発振周波数を広範囲にわたり連続的に変えることが出来る特長がある。試作実験の結果、この発振器は安定した三相正弦波を発生することが確かめられたので報告する。

2. 発振条件および周波数

図1 三相正弦波発振回路
Fig.1. Principle of 3-phase oscillator.

図1に示すような、演算増幅器を用いた3段の可変時定数回路からなる閉ループ系を考える。ここで、演算増幅器が理想直流増幅器の特性とすれば、各段の伝達関数は、次のようになる。

$$G(S) = \frac{-2}{C(2R+3R_v)S+1} \quad (1)$$

この回路が発振器として動作するためには正帰還になる必要がある。したがって、閉ループ系の特性方程式は、

$$1 + \frac{8}{[C(2R+3R_v)S+1]^3} = 0 \quad (2)$$

すなわち、

$$[C(2R+3R_v)]^3 S^3 + 3[C(2R+3R_v)]^2 S^2 + 3C(2R+3R_v)S + 9 = 0 \quad (3)$$

となる。さらに、持続振動するための条件は、式(3)の根、すなわち特性根が虚根($\pm j\omega$)になることである。式(3)で $S = j\omega$ とおき、その実数部および虚数部が、それぞれ零になる条件を求めると、

$$\omega^2 = \frac{3}{[C(2R+3R_v)]^2} \quad (4)$$

が成立し、これより発振角周波数は、次のようになる。

$$\omega = \frac{\sqrt{3}}{C(2R+3R_v)} \quad (5)$$

式(5)に注目すれば、図1の回路で抵抗 R_v のみを変化させることにより、発振周波数を自由に変えることができることがわかる。

式(5)で与えられる周波数における図1の各段のゲインおよび位相は、式(1)より次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} \text{ゲイン: } |G(j\omega)| &= \frac{2}{\sqrt{[C(2R+3R_v)]^2 \omega^2 + 1}} = 1 \\ \text{位相: } \angle G(j\omega) &= \pi \cdot \tan^{-1} C(2R+3R_v) \omega = \frac{2}{3} \pi \end{aligned} \right\} (6)$$

すなわち、各段のゲインは1、位相は 120° であるから、図1のようにこれを3段カスケードに接続して閉ループ系を構成すれば正帰還がかかり、回路は持続振動する。以上が、考案した新しい三相正弦波発振器の原理である。

3. 試作回路

式(5)で与えられる発振周波数を連続的に変化させるための方法として図2のような回路を採用した。可変抵抗 R_v は固定抵抗 R_o とLED-CdSフォト・カプラの出力(抵抗 R_e)の並列回路からなっている。それ故、フォト・カプラの入力電圧 V_c によって周波数は連続的に変化する。

図2 可変時定数回路
Fig.2. Unit-lag circuit with variable time constant.

式 (5) の R_v は、次式で与えられる。

$$R_v = \frac{R_o Re(i_F)}{R_o + Re(i_F)} \dots\dots\dots (7)$$

i_F : フォト・カプラの入力電流

試作した電圧制御三相正弦波発振回路は、図3に示すように、図2の回路を3段カスケードとし、これに自動利得調整回路を付加した閉ループ系とした。

図3 電圧制御三相正弦波発振器
Fig.3. Voltage controlled 3-phase sinusoidal oscillator.

図2の回路の発振周波数におけるゲインは1で、位相は 120° であるから、各段の出力として三相正弦波が得られる。なお、自動利得調整回路⁽²⁾はこの回路を構成している演算増幅器が飽和しないように、閉ループゲインを、ほぼ1に自動調整するために挿入した。

4. 実験結果

図4(a)および(b)は、試作回路の出力波形を示す。実験の結果、周波数を変化しても、その振幅は、ほぼ一定の三相正弦波が得られることが確認された。図5は、制御電圧に対する発振周波数の関係を表しており、周波数をかなり広範囲に、連続的に変えることができることがわかる。もちろん、発振回路の回路定数 C 、 R の値を変えれば、可変できる周波数域を変えることができる。

図4 出力波形
Fig.4. Output wave forms of oscillator.

図5 制御電圧—発振周波数特性
Fig.5. Frequency-control voltage characteristic.

5. むすび

ここに、提案した発振器は、汎用演算増幅器とLED-CdSフォト・カプラからなる極めて簡単な回路構成で、波形のすぐれた三相正弦波を発生する。

また、DC制御電圧により、その周波数を広範囲、かつ連続的に変化する特徴を有するので、パワエレクトロニクス分野における種々の用途に応用できるものと考えられる。
(平成8年3月26日受付、同8年7月18日再受付)

文献

- (1) 渡辺健二, 松田仁作, 佐藤則明: 「サイリスタインバータ用チョッパ式電圧制御三相正弦波発振器」
電学論 Vol.102-B, P.115, 1982
- (2) 稲葉 保: アナログ回路の実用設計
CQ出版社, 1981

藤巻 忠雄 (正員) 電学論D, 115巻7号参照。

大庭 勝實 (正員) 電学論D, 115巻7号参照。

本多 貴史 (非会員) 昭和48年9月26日生。平成8年3月東京電機大学工学部電気工学科卒業。4月1日より北陸電力(株)勤務。