シミュレーテッド・インダクタ回路による コイル・レス安定器実現の可能性について[†]

正会員 加藤 義人* 准員 横関 一郎*

Experiment about coil-less ballast using operational amplifier.

Yoshito Kato (Member), Ichiro Yokozeki (Sub Member)

(Tottori University, Faculty of Engineering.)

1. はじめに

蛍光ランプや HID といった放電ランプの電気的特性は負性抵抗を示すので、ランプの放電開始によって増大する電流を抑えるため、負荷と反対の特性をもつ正抵抗となるように安定器を構成する必要がある。

近年では高周波点灯方式による安定器が、放電ランプの発光効率の向上等の利点から盛んに開発が行われ、さらに高周波での点灯による一層の小形軽量化及び高効率化が研究されている。しかし、ランプの発光効率は点灯周波数に対して飽和傾向が同われ、またさらに高周波による素子の小形軽量化は、能動素子の高速スイッチング損失や高調波ノイズ等の問題も生じてくる。

我々は、以上のような安定器に対する認識に基づき、将来的安定器小型化のための基礎的研究を行った。その結果、各種制限はあるものの、演算増幅器によるシミュレーテッド・インダクタ回路によって極軽量小型なコイル・レス安定器、及び従来とは異なる調光方式実現の可能性が伺えた。

ここにその研究成果を報告する。

2. シミュレーテッド・インダクタ回路

シミュレーテッド・インダクタ回路は、既に電子管回路におけるインダクタンス管¹⁾²⁾として実現され、またフィルタ回路におけるインダクタンス分³⁾としても研究が進められている。

一般的にそれらの回路の伝達関数 $H(s)$ * は

$$H(s) = \frac{\sum_{i=0}^m A_i S^i}{\sum_{j=0}^n B_j S^j} \quad (1)$$

のように表記でき、 $H(s)$ の分母分子の次数差が

$$m-n=1 \text{ or } -1 \quad (2)$$

のいずれかの値をとるとき、回路は誘導性を示す。また伝達関数 $H(s)$ の次元は(2)式右辺において 1 ならばインピーダンス、-1 ならばアドミタンスと同じであるから、(1)式 $H(s)$ は

$$m-n=1 \Rightarrow H(s)=Z(s) \quad (3)$$

$$m-n=-1 \Rightarrow H(s)=Y(s) \quad (4)$$

と置き換えられる。従ってシミュレーテッド・インダクタ回路は、能動素子を電圧—電流間で位相のずれが生じるように駆動させ入力もしくは出力インピーダンス（あるいはアドミタンス）にリアクタンス分を見かけ上生じさせる構成にした回路だといえる。

しかし現状のこのような回路は多種多様なものが既に発表されているにも関わらず、シグナル・フロー・デバイスとして集積化等の要請に基づいて考えられているため、パワー・デバイスには不向きな制限も伴っており、安定器として用いられている例は未だ見られなかった。

ただその概念は有用なため、能動素子の各種制限が受け入れ可能な用途に限り安定器としても実現できる。そこで我々は、接地型シミュレーテッド・インダクタ回路によるコイル・レス安定器開発の可能性について基礎的実験を行った。

図 1 シミュレーテッド・インダクタ実験回路

図 2 等価回路

* 鳥取大学工学部

* $H(s)$ は、ラプラス変換の演算子 $s(=\sigma+j\omega)$ の関数である。ただし、以下定常項にのみ注目するので $s=j\omega$ とおく。

(a) 実験回路

(b) ランプ接続

図 3 点灯回路構成

3. 実験回路

今回の実験では演算増幅器 1 個を用いて、接地形シミュレータッド・インダクタ回路⁴⁾(図 1 参照)を構成した。本回路は使用素子点数が少なく、開ループゲインがフルに利用できるため使用可能周波数範囲が広いという利点が挙げられる。

回路の動作としては、 Y_2 と Y_3 のアドミタンスが Y_1 に対して十分小さいとすれば、入力電流は Y_1 を流れる電流のみとなる。また Y_2 をキャパシタとするとその端子電圧は、入力を積分したものとなるので入力に対して位相が遅れ、等価的にインダクタンス分を生じる。

各素子の値について s の関数として表し、(4)式の条件を満たすため $Y_2=sC$ と置く。そのとき $Y_1(s) \gg Y_3(s)$ 、 $Y_2(s) \gg Y_3(s)$ なる条件のもとに回路解析を行うと、図 2 の等価回路が得られることが次式よりわかる。

$$Y(s) = Y_3(s) + \frac{1}{\frac{1}{Y_1(s)} + \frac{Y_2(s)}{Y_1(s)Y_3(s)}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_1 + sL_s} \quad (5)$$

$$\text{ただし } L_s = R_1 R_3 C \quad (6)$$

さらに R_3 に可変抵抗を用いることにより L_s の値を容易に変化させることができるので、可変インダクタを実現することができる。従って、それによってランプ電流を制御し、本回路による調光性についての実験も併せて行った(図 3 参照)。

なお実験に用いた演算増幅器は汎用のものであり、電源電圧及

図 4 シミュレート回路による点灯波形

図 5 シミュレート回路による点灯波形

図 6 可変抵抗 R_3 に対する I_L 及び L_s

び入出力電圧電流に対して制限があるため、放電ランプは小形直流点灯用カラーディスプレイランプ⁵⁾を逆並列に接続して交流点灯とした。

4. 実験結果

商用周波数でのランプ電流—電圧波形を図 4 に、電源電圧及びランプ電流波形を図 5 に示す。一般によく知られている磁気回路式安定器を用いた点灯回路と同様な波形となっていることから、本シミュレーションによる安定器は誘導性であることがわかる。

また R_3 の変化によるランプ電流の電源電圧に対する位相遅れ θ は、等価回路から

$$\theta = \tan^{-1} \frac{\omega R_3^2 C}{R_1 + R_3 + \omega^2 R_1 R_3^2 C^2} \quad (7)$$

を得る。ランプを調光する場合、ランプ定格から電流を減少させるため、本回路においては R_3 を大きくすることになり、仮に理想化して $R_3 \rightarrow \infty$ とおく(7)式は

$$\theta = \tan^{-1} \frac{1}{\omega R_1 C} \quad (8)$$

のように整理できる。

また本回路はシミュレート回路なので、磁気エネルギーを生じないものと思われる。従って従来型安定器における問題点のひとつに挙げられる、磁気ノイズ等の問題は生じないものと思われる。

図 6 に可変抵抗 R_3 に対してシミュレートしたインダクタンス L_s の理論値、及びランプ電流実測値のグラフを示す。このように本シミュレート回路は、従来とは異なる方式で蛍光ランプの調光が可能であり、調光方法もランプ電流曲線が滑らかなことから 0～100 [%] の連続調光実現の可能性が伺える。また調光機能を付加しても回路が複雑になることがないという特長がある。

5. ま と め

演算増幅器によるシミュレーテッド・インダクタ・インダクタ回路によって極軽量小型なコイル・レス安定器、及び従来とは異なる調光方式の実現が可能だと思われる。以上のことを簡条書にまとめると

- 1) 本回路は負性特性負荷に対する安定器として使用が可能である。
- 2) 磁気エネルギーによる逆起電力が生じない。
- 3) 従来とは異なる方式による連続調光の実現可能性がある。
- 4) 演算増幅器の電源が必要である。
- 5) 効率に関しては今後の研究課題である。

以上、コイル・レス安定器について基礎的な実験を行い、将来的安定器開発の一助となればと思い、報告するものである。

参 考 文 献

- (1) 川上正光；電子回路Ⅲ共立出版 1961
- (2) 石川，水野，加藤；リアクティブトランジスタ安定器 照学全大（昭 48）15
- (3) 横井省；リニア IC 実用回路 ラジオ技術社
- (4) 加藤，横関；演算増幅器を用いたコイルレス安定器について 照学東京支大（昭 63）21
- (5) 田房，丹下，西原；表示用片端子型蛍光ランプ 照学全大（昭 63）18

正 誤 表

9 月号「今日の課題」の筆者
会長・青井舒一君のローマ字名
が誤っていましたので、下記に
訂正いたします。

	p3（551）脚注
誤	Jyoichi Aoi
正	Joichi Aoi