

UDC 621. 313. 292
621. 383. 5

光サイリスタを用いた無整流子電動機の研究

Commutatorless Motor Using Light Activated Thyristor

原 島 文 雄*・横 田 和 丸*・鈴 木 英 雄*

Fumio HARASHIMA, Kazumaru YOKOTA and Hideo SUZUKI

1. はじめに

サイリスタ無整流子電動機は、図1のブロック線図に示すように同期電動機とインバータを組合せ、転流と整流作用をサイリスタに行なわせるようにした整流子なしの可変速度電動機である。筆者らは光信号によって動作する光サイリスタを無整流子電動機系に採用して、電気的ゲート制御回路をまったくもたない無整流子電動機を製作した。

光サイリスタ (Light Activated Thyristor) を無整流子電動機に採用することの特徴は、①複雑なゲート制御回路がいっさい不要になり、回路構成が非常に簡単になる。②ゲートから入る電気的ノイズによる誤動作がまったくない。③光導電素子に比べて電流容量が大きく、ターンオン、ターンオフ特性がすぐれている。④導通時の素子の電圧降下が小さい、等であるが、他方欠点としては、光サイリスタとして大容量のものが製作されていないこと、および価格が高いことなどがあげられる。

前回の報告¹⁾²⁾において、無整流子電動機を1つの直流機とみなして方程式をたて、状態推移法によって解析を行なう方法について述べてあるが、今回は光サイリスタによる無整流子電動機について実験および計算を行なったので概要を報告する。なお、光サイリスタを以下 LA SCR とよぶ。

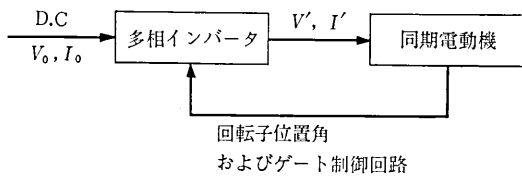


図1 無整流子電動機系

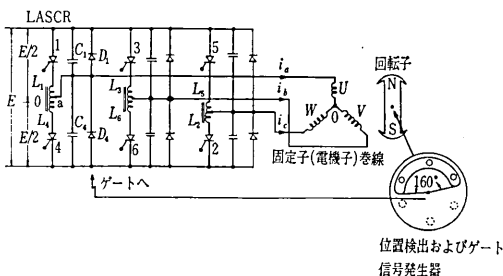


図2 無整流子電動機の回路構成

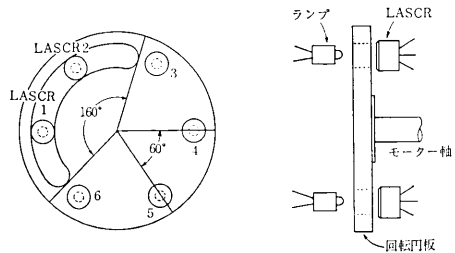


図3 位置検出機とゲート信号発生機構

2. LA SCR を用いた無整流子電動機の構成と動作原理

図2に LA SCR を用いた無整流子電動機の回路構成を示す。同図において、インバータには McMurray 改良形を用い、電動機はシンクロ電機を改造した回転界磁形の同期電動機を使用した。図3は回転子位置検出器およびゲート信号発生機構の概要を示すもので、電動機回転子軸の一端に 160° のスリットをもった回転円板をとりつけ、その円板を両側からはさんだ構造で光源と LA SCR が $\pi/3$ の間隔で円周上に配置されている。ここで図2を用いて動作を簡単に説明する。まず図3に図示した位置に回転円板があった状態でスイッチンされた瞬間を考える。

その時の直流電流 I_s は図2において、 $\oplus \rightarrow$ LA SCR 1 \rightarrow U \rightarrow W \rightarrow LA SCR 2 \rightarrow \ominus と流れ、固定子内部に生ずる UW 相合成の電機子起磁力と界磁起磁力との交差作用によりトルクが発生し回転する。回転子軸の回転と同期して回転円板も移動するが、LA SCR 2 が ON した瞬間から 60° 回転するまでは上記の導通状態がそのまま保たれる。回転角が 60° に達すると今度は LA SCR 3 が ON してこれに加わる。直流電流 I_s は、 $\oplus \rightarrow$ LA SCR 1 \rightarrow U \rightarrow W \rightarrow LA SCR 2 \rightarrow \ominus の順序で流れる。さらに回転角が 60° 進むと LA SCR 4 が ON して LA SCR 1 が OFF する。このように円板の回転が進むにつれて LA SCR の点弧と転流がつきつぎと行なわれて電動機は回転する。図4にインバータ出力相電圧波形を、図5にインバータ出力線間電圧波形を示す。

3. LA SCR³⁾⁴⁾

LA SCR はサイリスタと同じシリコンを基板とした、PNPN 4 層構造を有する素子で、外観を図6(a)に、4

* 東京大学生産技術研究所 第3部

研究速報

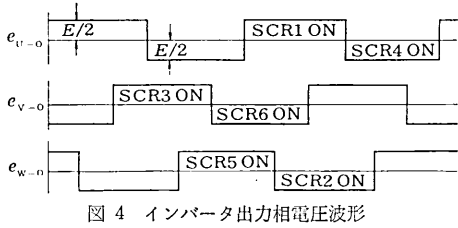


図4 インバータ出力相電圧波形

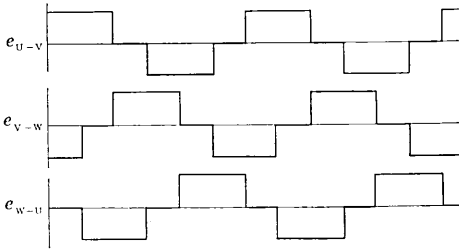


図5 インバータ出力線間電圧波形

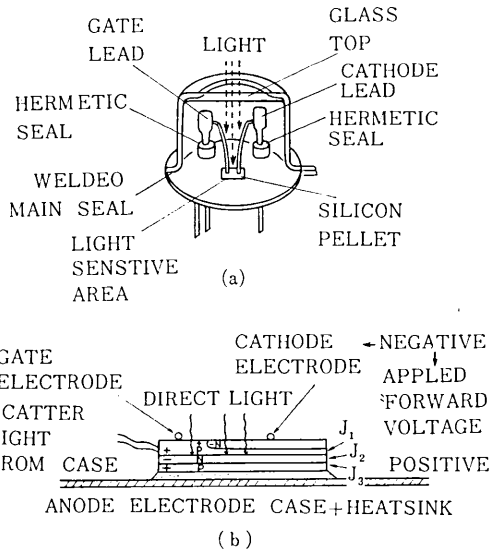


図6 LASCER

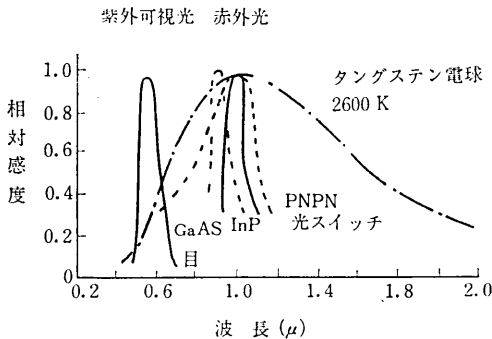


図7 LASCER タングステン電球, GaAs・InP ルミネッセンスダイオードおよび肉眼の波長に対する相対感度ならびに発光スペクトル

層構造を図6 (b)に示す. サイリスタと異なる点はゲートに光信号を与えることにより導通状態になることができる素子で, 動作原理はサイリスタと良く似ている. またスイッチングは1μsと早く, 制御し得る電力も従来の光導電素子に比べてかなり大きい. ゲートに与える光源としては図7に示すようにタングステン電球が適している. このほかGaAs発光ダイオードを用いた実験も行なってみた.

4. 実験結果

図8は供試機についてすでに報告した解析手法を用いて求めたトルクスピード特性の理論値と実験値を示す.

この両者を比較すると角荷角δが負の範囲ではかなりよく一致している. δが正の領域では, トルクが小さい範囲でしかも高速領域であるため機械損などが増えることから実測値は理論値より右下がりの傾向となったが, これは測定誤差の範囲では一致しているものとみることができる. 図9は界磁巻線を開路した場合のトルクスピード特性の理論値と実験値を示す.

図10はインバータ入力電圧V₀を一定, 負荷角δをパラメータとした界磁電流I_f対無負荷速度の実測値を示す.

一般の直流機ではI_fを減少させれば速度は増加するが, 供試機において速度変動がごくわずかなのは, 不足励磁の状態で運転していること, 凸極性がかなりつよいためと思われる.

図11はI_fを一定, δをパラメータとしたときのインバータ入力電圧対無負荷速度特性である.

つぎに回転速度90π, 50π, 10π rad/secにおける1サ

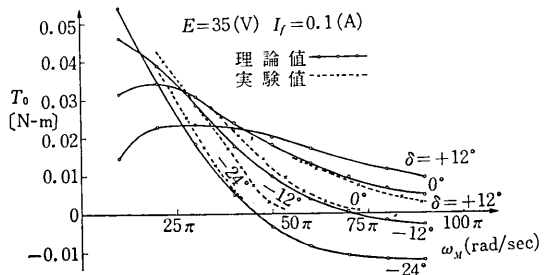


図8 トルクスピード特性—理論値と実験値—

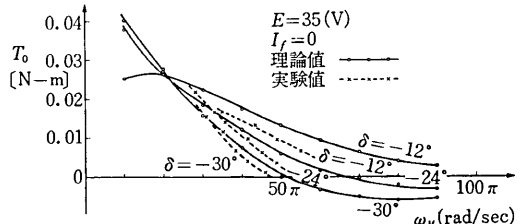


図9 トルクスピード特性(界磁巻線開路)—理論値と実験値—

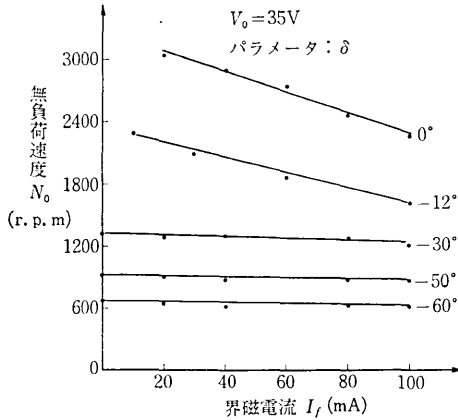


図 10 界磁電流対無負荷速度特性 (実測値)

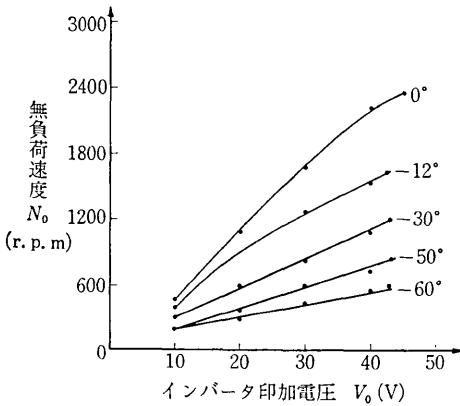


図 11 インバータ入力電圧対無負荷速度特性

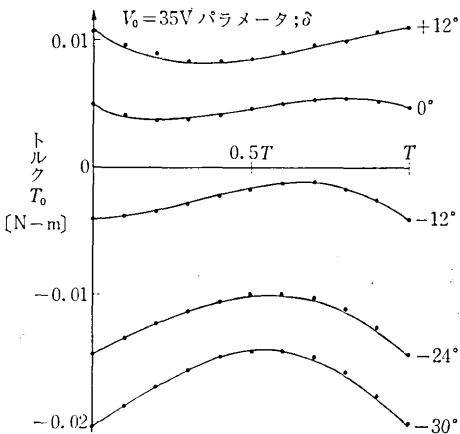


図 12 $\omega_M=90\pi$ (45 Hz) における 1 サンプル周期中のトルク変動曲線 (計算値)

サンプル周期中のトルク変動の計算値を求めた。図 12 に代表例として 90π rad/sec のトルク変動曲線を示す。トルク変動はスピードによってもことなるが δ に大きく依存する。

このことは、制御系を組む場合十分考慮しなければなら

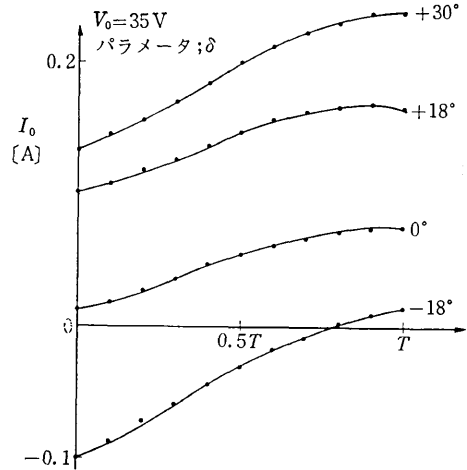


図 13 $\omega_M=90\pi$ (45 Hz) における入力電流波形

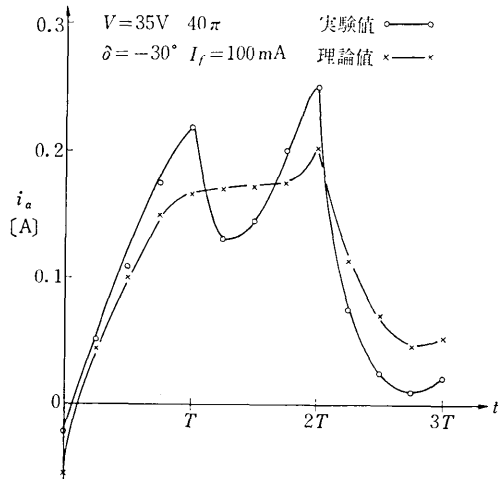


図 14 インバータ出力電流波形

らない。図 13 はこのときのインバータ入力電流の変動を示す。電動機は速度制御は以上述べたように、入力電圧、界磁電流および角荷角 δ のうちいずれかを変化させて行なうことができる。

図 14 はインバータの出力電流波形の理論値と実測値の比較を示す。これを見ると理論値と実測値に多少の違いがみられるが、これは供試機が制動巻線をもたない電動機であるにもかかわらず、実際にはかなり大きなダンパ作用をもっているためと思われる。さらに実測値の波形において、 T から $2T$ の間で立ち下がりが見られているのは界磁電流 I_f が完全な定電流源となっていないためである。

図 15 は界磁巻線開路の場合の理論値と実験値のインバータ出力電流波形を示す。

5. おわりに

以上 LA SCR を用いた無整流子電動機の構造と動作

研 究 速 報

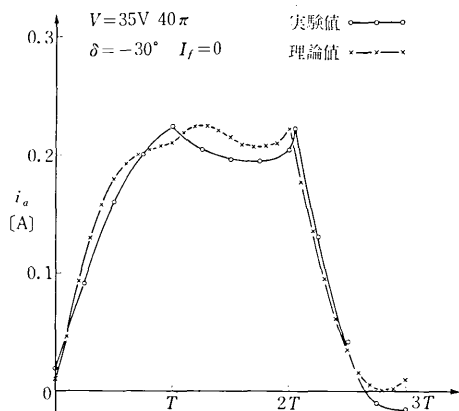


図 15 インバータ出力電流波形 (界磁巻線開路)

の概要を述べ、理論値と実験値とから特性を論じた。

要約すると、①LA SCR を用いることにより電氣的ゲート制御回路のいらぬ簡単な無整流子電動機を組むことができる。

これは、小形機に有効である。②速度制御には界磁電流、入力電圧および負荷角 δ を変えて行なう方法があるが、印加電圧を調整して行なう方法が一番安定してい

第 1 表 供試電動機の定数表

相 数	3
極 数・電 圧	2 Poles 90V (線間)
電機子巻線抵抗 r_a	73 (Ω)
d 軸巻線インダクタンス L_d	0.742 (H)
q 軸巻線インダクタンス L_q	0.234 (H)
d 軸巻線-励磁巻線相互インダクタンス M	0.644 (H)

る。③負荷角を変えることにより直巻特性から分巻特性にいたる広範囲の特性が得られる。④負荷角 δ を 360° にわたり変えることができ、正転逆転が簡単に行なえる。

なお、第 1 表に実験に用いたシンクロ電機の定数を示す。(1971年2月25日受理)

参 考 文 献

- 1) 原島, 柳瀬, 渡辺, 第13回自動制御連合講演会
- 2) F. HARASHIMA, T. YANASE, Y. WATANABE. 生産研究, Vol. 23, No. 1
- 3) G. E Application Note.
- 4) 清水, 近藤, エレクトロニクス, 昭和41年7月



正 誤 表 (4月号)

ページ	段	行	種 別	正	誤
22	右	下2	参考文献	21, 470 (1969)	本誌