

【論文】

ユニバーサルモータの回転数制御

緒方秋夫*, 日高 誠**, 吉田昌次**, 吉村禎一朗**, 花澤民雄*, 江頭虎夫*

The Speed Control of Universal Motor

Akio OGATA, Makoto HIDAKA, Syozi YOSHIDA, Teiichiro YOSHIMURA,
Tamio HANAZAWA, Torao EGASHIRA

Abstract : universal motor is a small motor with the high velocity revolution and features of the small size and lightness, etc. And, this motor is widely used for the cleaner and the power tool of the consumer electronic goods. A universal motor is used as a motor of the washing machine. The control that positive is rotated and can reverse-rotated is necessary to use it as a motor for the washing machine. Then, the relay sequence control circuit was produced as a circuit to be able to do the rotation control. It is a report that assumes the voltage and the rotational speed of a universal motor to be a parameter by using this circuit and did the control experiment.

Keywords: speed control, universal motor, relay sequence

1. 緒言

ユニバーサルモータは高速回転, 高始動トルク, 小形軽量などの特徴を持つ小形モータであることから, 家電品の掃除機, ジューサ, ミシンそして電動工具に広く利用されている. このモータはブラシと整流子により整流作用が行われ, 整流子片がブラシと離れる瞬間に整流火花が発生するためにブラシの摩擦や通信障害の原因となっている. そうした中でユニバーサルモータの高出力, 高効率化が図られている⁽¹⁾.

そこで, このモータの高速回転や高始動トルクを利用して電気洗濯機用のモータとして利用することが検討されている. 洗濯機用モータとして利用するため

には正転・逆転回転ができる制御が必要であり, 回転制御ができる回路としてリレーシーケンス制御回路を製作した⁽²⁾⁽³⁾.

本研究では, シーケンス制御を用いて回転数制御回路を製作し, この実験装置を用いてユニバーサルモータの電圧, 回転数をパラメータとして回転数制御を行い, オシロスコープで測定した回転数の波形を基に, 正転運転・逆転運転の起動時間特性, 停止時間特性, 回転数特性等を求めて, 検討を試みた.

2. 回転数制御実験

〈2. 1〉実験機

今回の回転数制御実験に用いたユニバーサルモータは, 本来は電気掃除機用で定格 100V, 6.7A,

* 電機情報工学科

** 電気工学科卒業生

18,400min⁻¹, 360W のモータを実験機として用いた。この実験機の回路図を図 1 に示したが、界磁コイルと電機子コイルがブラシを介して直列に接続されたモータで、ブラシと整流子が摺動接触をして整流火花が発生する。モータ仕様を表 1 に示し、その特性試験結果を表 2 に示す。

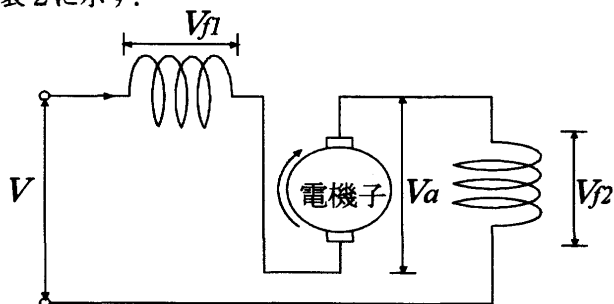


図 1 ユニバーサルモータの回路図

表 1 実験機の仕様

	モータ
磁極数 [個]	2
界磁コイル巻数 [turn]	70×2
電機子直径 [mm]	44.2
電機子 1 スロット数 [個]	14
整流子直径 [mm]	28.5
整流子変数 [個]	28
回転数 [rpm]	18400

表 2 ユニバーサルモータの特性試験

電圧 V [V]	電流 I [V]	電機子端子電圧 V_a [V]	界磁コイル電圧 V_{f1} [V]	界磁コイル電圧 V_{f2} [V]	回転数 N [rpm]
0	2	13.5	6.2	6.6	4635
30	2.6	23	7.8	8.3	7335
40	3.1	32.4	9.1	9.6	9445
50	3.7	41.7	10.2	10.8	11250
60	4.3	51.2	11.4	12.1	12890
70	4.9	60.7	12.5	13.2	14440
80	5.4	70	13.3	14.2	15860
90	6	79.3	14.3	15.3	17180
100	6.6	88.2	15.1	15.9	18480

ユニバーサルモータは本来正回転をするように設計されているが、洗濯機用で用いた場合は正回転、逆回転をさせるため、回転方向を逆回転が出来るように接続を変える必要がある。したがって、その接続図を図 2 に示した。

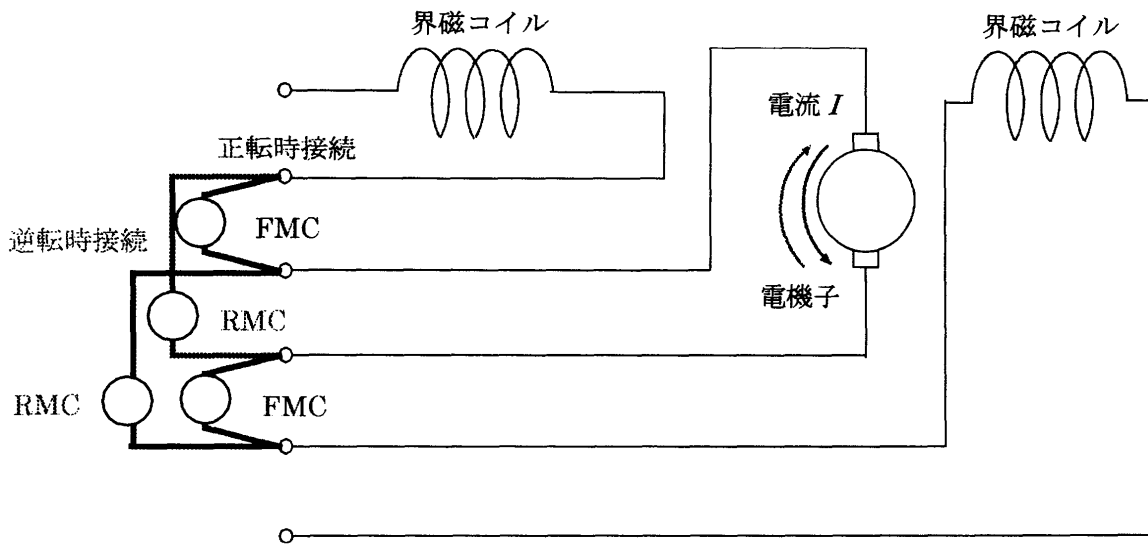
回路を設計することにした。この回路設計に使用した電用品は配線遮断機 (MCCB), 電磁接触器 (MC), 補助リレー (THR) などの実験機の定格に合うように選定して製作を行った。その設計した回路図を図 3 に示す。

〈2. 2〉シーケンス制御の実験回路構成

本実験で使用する実験回路の設計について、シーケンス制御を用いてユニバーサルモータの回転数制御

〈2. 3〉実験方法と測定評価

図 3 の実験回路において、電源電圧を一定に保ち、各界磁コイル電圧および界磁電流、電機子電圧、電機



FMC:正転回路短絡
RMC:逆転回路短絡

図2 正転・逆転切り替え接続図

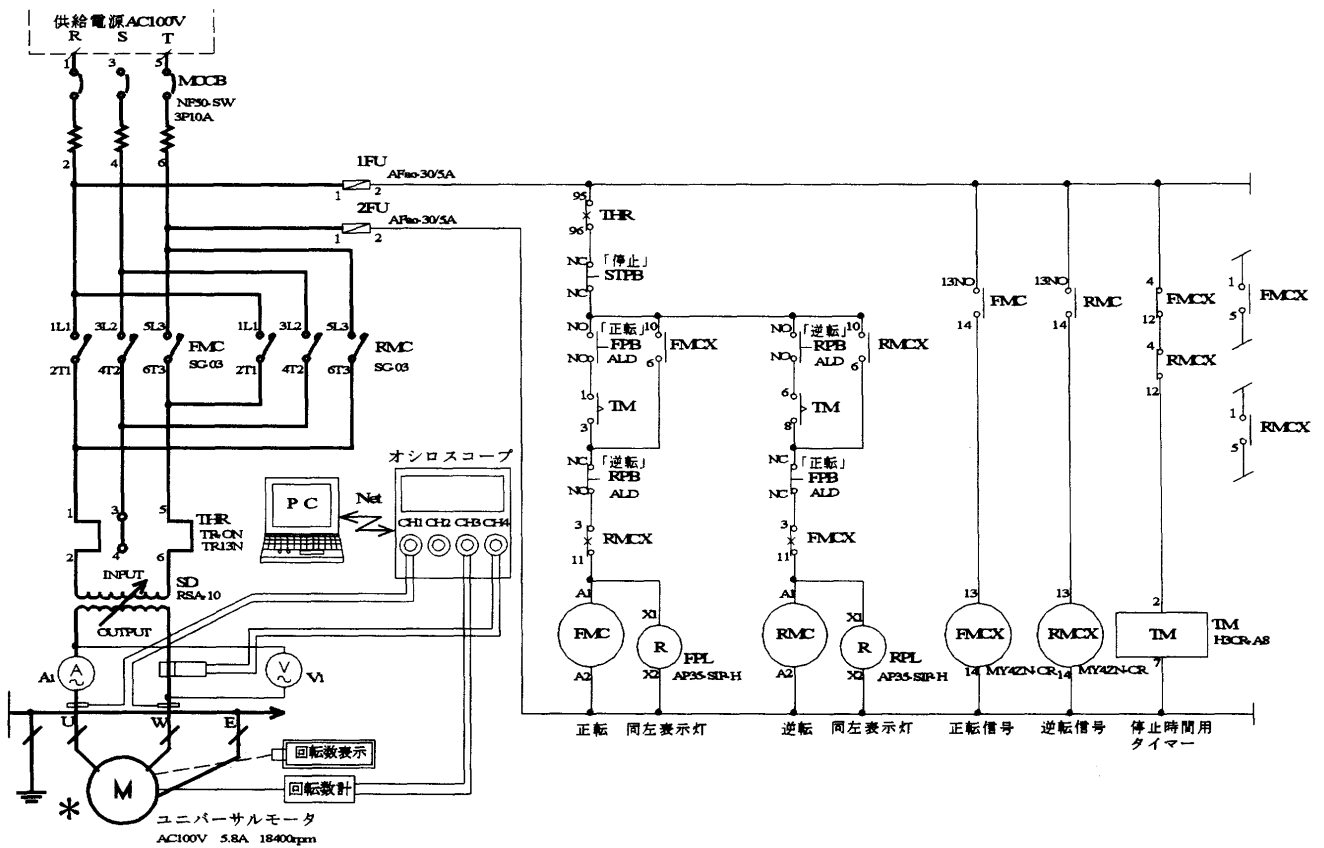


図3 ユニバーサルモータの実験構成図

子電流, 回転数を測定し, またオシロスコープによる電圧, 電流, 回転数の波形測定を行う. なお, オシロスコープにより測定した波形はパソコンに取り込み解析評価を行った.

次に, 実験回路装置の動作試験の評価をするため, 初めに動作試験の評価と一定電圧に設定し電圧・電流波形の測定評価を行った. 動作試験の評価は全ての動作において良好な結果を得た. また, 一定電圧に設定し電圧・電流波形の測定評価では, 電圧は 30V, 60V, 90V の各電圧の波形を測定し, 正転, 逆転運転ともに波形の測定を行ったが評価には正転運転時のものとした. 各電圧についての評価は, それぞれ $\pm 5\%$ 以内の誤差で良好であった.

(2. 4) 実験方法

回転数制御実験のために測定回路設計, 製作そして評価を行い良好な結果が得られたので, 本実験を以下の 3 つの実験について行うことにした.

(1) 加速, 減速測定(電圧, 電流, 速度, 時間等の測定)

電源電圧を一定に保ち, 各界磁電圧および界磁電流, 電機子電圧, 電機子電流, 回転数を測定する. またオシロスコープにより起動時間, 停止時間の測定を行う. なお, 電源電圧は 20V, 40V, 60V, 80V, 100V に設定し, 各電圧について測定を行う.

(2) 通常正転・逆転切り替え測定(波形測定)

電源電圧を一定に保ち, 正転運転で起動後, 回転数が安定したのを確認し, 停止ボタンを押し, 回転数が 0 に

なってから逆転運転に切り替える. その一連の動作をオシロスコープにより波形を測定する. なお, 電源電圧は (1) と同様に設定し, 各電圧について測定を行う.

(3) 回生動作による正転・逆転切り替え測定

電源電圧を一定に保ち, 正転運転で起動後, 回転数が安定したのを確認し, 直接逆転運転に切り替える. その一連の動作をオシロスコープにより波形を測定する. なお, 電源電圧は (1) と同様に設定し, 各電圧について測定を行う.

3. 実験結果

〈3. 1〉加速, 減速測定(電圧, 電流, 速度, 時間等の測定)

加速, 減速測定において, 電源電圧 20V 刻みで変化させたときの, 各界磁コイル電圧および界磁電流, 電機子電圧, 電機子電流, 回転数の測定を行い, それぞれの波形をオシロスコープにより測定して, 起動時間と停止時間を求めたのは表 3 に示し, 図 4 に電圧 100V における起動時, 停止時の波形の一例を示す.

〈3. 2〉通常正転・逆転切り替え測定(波形測定)

通常の正転・逆転切り換え運転を行うため, 電源電圧を一定に保ち, 正転運転で起動後, 回転数が安定したのを確認し, 停止ボタンを押し, 回転数が 0 になってから逆転運転に切り替える. その一連の動作をオシロスコープにより波形を測定した. 〈3. 1〉と同様に計測を行った.

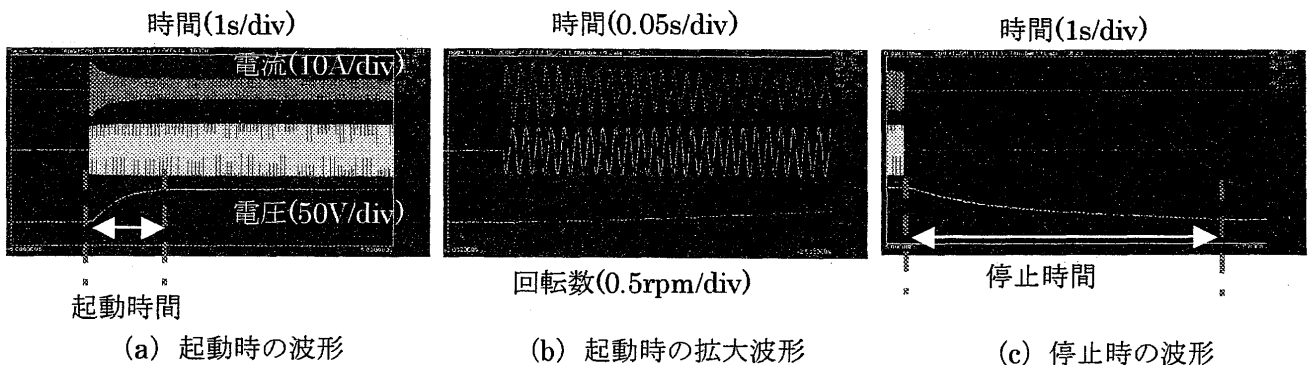


図 4 電圧 100V 時 回転数の波形

表3 加速,減速測定 of 起動・停止時間の測定結果(正転運転時)

電圧 V [V]	電流 I [A]	界磁コイル電圧 V _{f1} [V]	界磁コイル電流 I _{f1} [A]	界磁コイル電圧 V _{f2} [V]	界磁コイル電流 I _{f2} [A]	電機子電圧 V _e [V]	電機子電流 I _e [A]	起動時間 [sec]	停止時間 [sec]	回転数 [rpm]
20	2.1	16.5	2.1	16.5	2.1	13.0	2.1	4.2	3.0	3472
40	3.3	37.5	3.3	37.5	3.2	33.5	3.2	3.8	5.7	8548
60	4.4	58.0	4.4	58.0	4.2	54.0	4.4	3.0	6.8	12085
80	5.6	75.0	5.6	76.0	5.3	71.0	5.4	2.2	7.5	15290
100	6.9	95.0	6.8	97.0	6.4	89.0	6.5	2.0	7.8	17932

〈3. 3〉 回生動作による正転・逆転切り替え測定

次に回生動作による正転・逆転切り替え運転を行うために、電源電圧を一定に保ち、正転運転で起動後、回転数が安定したのを確認し、直接逆転運転に切り替える。その一連の動作をオシロスコープにより〈3. 1〉と同様に波形を測定した。

4. 検討

〈4. 1〉 加速, 減速測定 (電圧, 電流, 速度, 時間等の測定)

実験結果の波形を見ると電圧が高くなるほど起動時間は短くなるのに対し、電圧が高くなるほど停止時間は長くなっていることがわかる。そこで各電圧における、起動時間と停止時間の測定結果をグラフにまとめた。図5は各電圧における起動時間の特性曲線で、図6は各電圧における停止時間の特性曲線である。図5と図6の2つの特性を比べると、ユニバーサルモータの起動トルクが優れている特性を持っていることがわかる。また停止することに関してはあまり優れていない。そのため掃除機などの製品に多く用いられる。

〈4. 2〉 通常正転・逆転の切り替え測定 (波形測定)

正転運転と逆転運転を通常切り替えにより波形を測定した結果、正転運転は逆転運転に比べて始動電流が大きい。また正転運転に比べて逆転運転の起動時間

はほぼ同数だが、回転数が低くなり、その分停止時間が短くなっている。電源電圧 100V の場合を例にとり、その特性をグラフにしたものが図7である。それによりユニバーサルモータの整流子取り付け位置及び巻線方式と構造上特異性が判明した

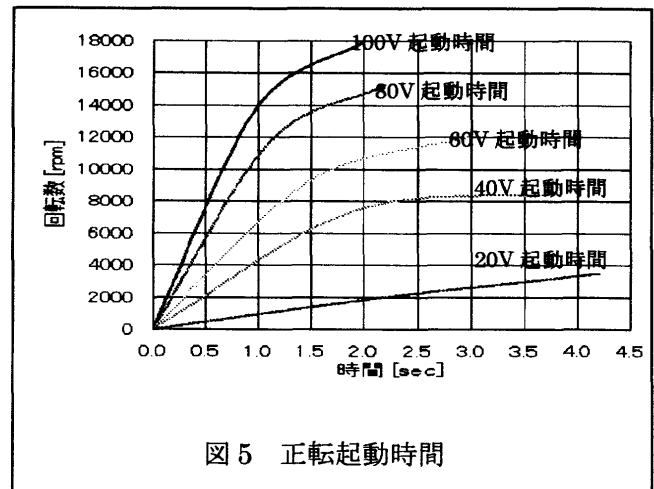


図5 正転起動時間

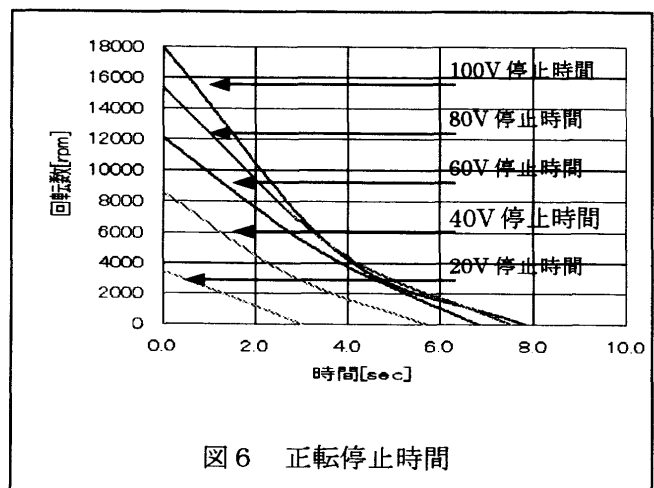


図6 正転停止時間

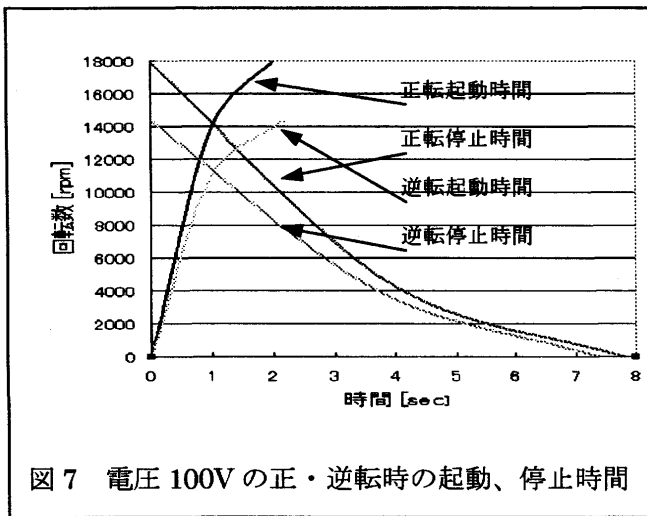


図7 電圧 100V の正・逆転時の起動、停止時間

〈4. 3〉 回生動作による正転・逆転切り替え測定

回生動作は正転運転中に逆転運転のスイッチを入れて、逆電圧をかけることによって非常に短い時間で正転・逆転の切り替えをすることができた。波形で確認すると、正転運転よりも逆転運転をかけた時のほうが始動電流が大きいことがわかる。また、この実験でも前述の正転・逆転通常切り替えの実験のように逆転運転時の方が回転数が低くなった。電源電圧 100V を例にとり、起動時間と停止時間の特性をグラフにしたのが図 8 である。起動中のモータに回生電流を流すと、モータは急減速する回生制御の原理が理解出来た。

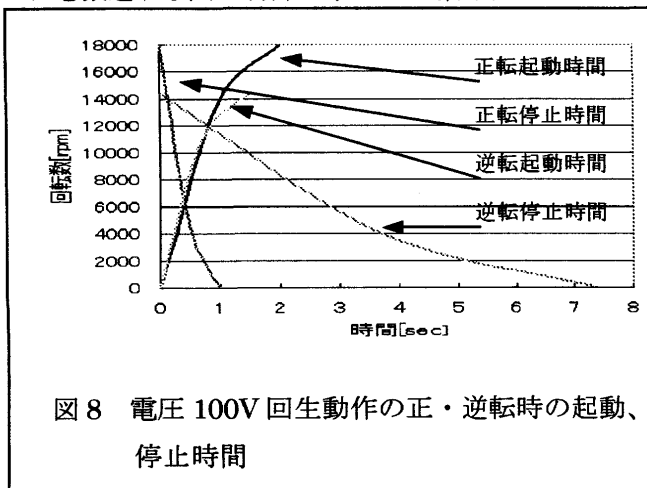


図8 電圧 100V 回生動作の正・逆転時の起動、停止時間

〈4. 4〉 加速・減速測定のための電圧、電流の推移

表 3 の測定結果より各入力電圧に対し、界磁コイル電圧 V_{f1} [V]、界磁コイル電流 I_{f1} [A]、界磁コイル電圧

V_{f2} [V]、界磁コイル電流 I_{f2} [A]、電機子電圧 V_a [V]、電機子電流 I_a [A] は、一定の値を保ち起動している。これは、ユニバーサルモータ特異性であり、トルクを重視したものである。

5. 結論

本研究では、シーケンス制御を用いてユニバーサルモータの回転数制御回路を製作し、この実験装置を用いてユニバーサルモータの回転数制御を行うとともに、オシロスコープにより測定した回転数の波形を基に、正転運転・逆転運転の起動時間特性、停止時間特性、回転数特性を求めて、以下の結果が得られた。

- (1) 電圧が高くなるほど起動時間は短くなるのに対し、停止時間は長くなっていく。
- (2) 正転運転は逆転運転に比べて始動電流が大きい。また正転運転に比べて逆転運転の起動時間はほぼ同数だが、回転数が低くなり、その分停止時間が短くなる。
- (3) 正転運転よりも逆転運転のほうが始動電流が大きくなる。また、正転・逆転通常切り替えでは逆転運転時の方が回転数が低くなる。

なお、今回の実験では、正転運転に比べて逆転運転は回転数が低くなるが、これはユニバーサルモータの構造上、ブラシの位置が微小にずらして取り付けられている事が要因だと思われる。また、ユニバーサルモータはもともと直流でも交流でも一定方向に回転するように作られているため、逆転運転をした際にねじが緩むなどの不具合を起こす事が今後の課題となった。

参考文献

- 1) 川島國定：“小形モータ” 社団法人電気学会，コロナ社（1991）
- 2) 大浜庄司：“図解でわかる シーケンス制御”，日本実業出版社（2001）
- 3) 大浜庄司：“シーケンス制御読本（入門編）”，オーム社（1987）