

誘導電動機の二次チョッパ制御について

長谷川 誠 一

On rotor chopper control of induction motor

SEIICHI HASEGAWA

Speed control of wound rotor induction motor by means of resistance in the rotor circuit is inefficient and provides discontinuous speed characteristics.

If thyristor chopper is connected to resistance R, then effective resistance can be continuously and precisely controlled. This pulse controlled resistance by means of thyristor chopper should replace usual speed control resistance. This way provides continuous speed control drive.

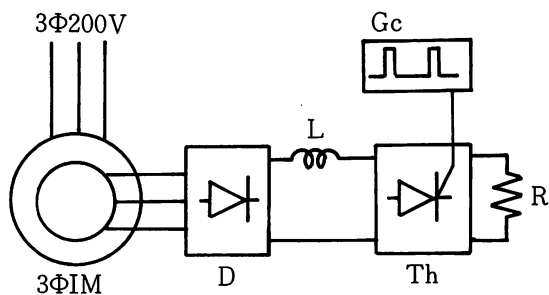
1. ま え が き

巻線形誘導電動機の二次抵抗制御は広範囲にわたる速度制御が簡便に行えることから、その歴史も長い。しかしながら装置が簡単な反面、抵抗器の損失の大なること、及び電動機の大容量化にしたがい、抵抗器容量も増大する。さらにノッチによる抵抗切換えのため速度変化が段階的になるなどの欠点もある。筆者は前報¹⁾において報告したサイリスタチョッパを巻線形誘導電動機の二次抵抗制御に応用してみた。この方法はサイリスタの台頭期、60年代に提案され²⁾、報告も多いが筆者は制御装置の小形化の点から本校実験室に設備されている電動機に試みてみた。その結果、抵抗制御に比較してスムーズな速度制御特性が得られた。一方チョッパ制御特有の電流波形の歪みのため高調波電流が流れ、さらに効率も低下するという問題も残った。

2. 実験装置

サイリスタチョッパによってPWM制御された電流が抵抗Rを流れるとき、実効的な抵抗 R_e はデューティレシオ D_r によって変化する。すなわち、デューティレシオ D_r が100(%)のとき $R_e=R$ となり、もしチョッパ波形が理想的な方形波とみなし得るならば $R_e=R/D_r$ の関係のもとにデューティレシオを変化することによって可変抵抗が得られる。これが従来のノッチ切換えによる速度制御抵抗にとって代るパルスコントロールされた抵抗で、デューティレシオを変化することによって、電動機のすべりトルク特性を比例推移させる。

図1に実験装置の概略を示した。チョッパ部分はJonse型で、回路構成は前報¹⁾とほぼ同じである。誘導電動機のスリップリングからの電流はダイオードブリッジにて整流され、サイリスタチョッパを通じて、外部抵抗Rに導びかれる。ゲートコントロールはPUTによるオシレータを用いチョッパ周波数は40~300(Hz)、デューティレシオは10~80(%)の範囲で可変できる。供試電動機は2(kw)、6極三相巻線形誘導電動機で、渦電流形動力計に直結されている。トルクは電動機と動力計を連結する伝動軸にとりつけたストレインゲージによって測定した。



- Th: サイリスタチョッパ
- D: ダイオードブリッジ
- L: 平滑リアクトル
- Gc: ゲートコントロール
- R: 外部抵抗
- 3ΦIM: 三相巻線形誘導電動機

図1 装置概略図

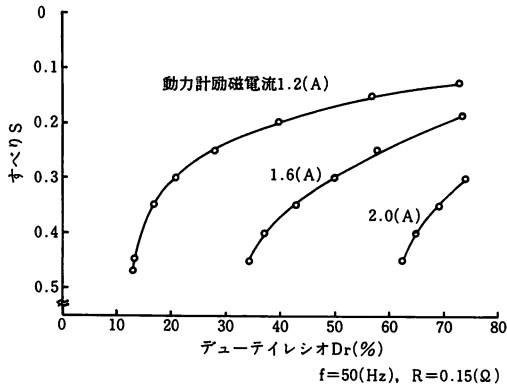


図2 速度制御特性

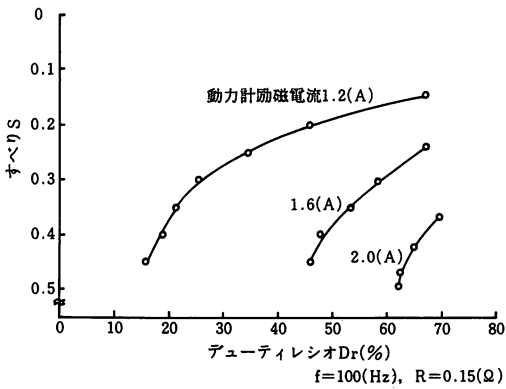


図3 速度制御特性

3. 運転特性

図2, 3に代表的な速度制御特性を示した。パラメータは負荷機械の電気動力計の励磁電流である。

本装置によって制御された電動機は速度はデューティレシオを減ずるとともに低下し、負荷が大きいほど低下の割合が著しい。また低速領域ほどデューティレシオの減少にともなう速度低下の割合が著しくなる。これは前述したように実効抵抗 Re' が R/Dr の関係のもとに変化する特性があらわれているものである。またチョップ周波数を低くすると、同一デューティレシオに対する速度はや、低くなる。

次に運転特性をすべりトルク特性の点からみると図4, 5のような形となる。パラメータは図2, 3と同様動力計励磁電流である。図中の破線は同一外部抵抗でチョップ制御を行わないときの特性を示したものである。一般に負荷が大きいほど速度低下(すべり増加)に対するトルク増大の割合が大きくなる。すなわちトルク変動が大きいの。しかしな

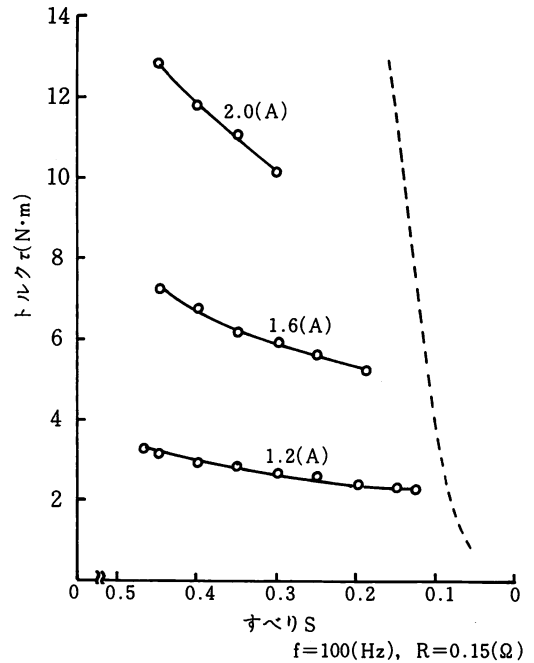


図4 すべりトルク特性

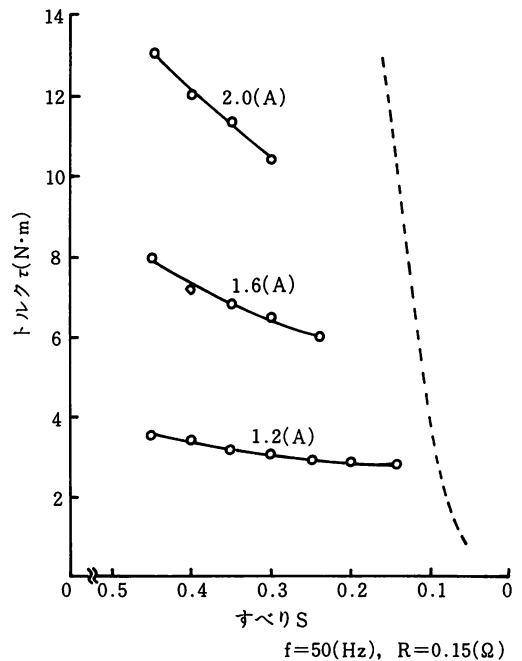


図5 すべりトルク特性

がらチョップ制御時の特性は制御を行わない場合に

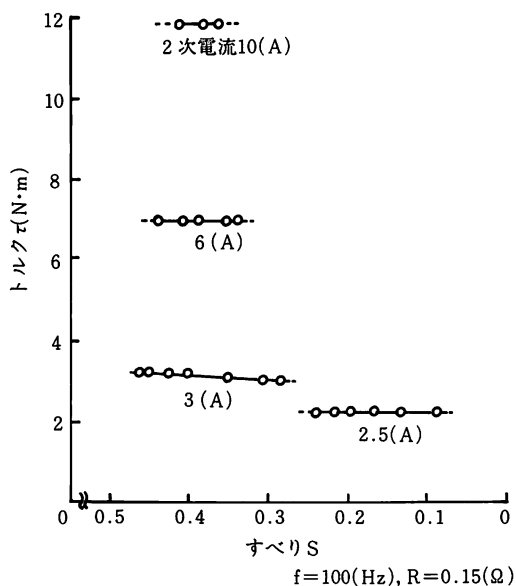


図6 定トルク運転特性

比較して、高速領域においてはトルク変動が少ない。もし定トルク特性を得ようとするならば電動機2次電流を一定に保って運転すればよい。図6にその例を示した。パラメータは電動機2次電流である。図からもあきらかなように、2次電流をある値に保持すれば定トルク運転となる。チョップ周波数はすべりトルク特性に対し、周波数の低下にともない、やゝトルクを減少する傾向がみられる。

ところでサイリスタチョップによって制御された電流波形は方形波とならず、転流コンデンサおよびオートトランスのインダクタンス等の影響で方形波に三角波を加えた波形となる³⁾。本装置ではこれが電動機2次回路にそう入されているため電流波形に歪みをもたらす。その結果基本波および高調波無効電力が増え、力率が低下する。さらに無効電流の増加分だけ損失も大きくなり、これが効率に悪影響を及ぼす。

図7は外部抵抗をパラメータとしたときのデューティレシオの変化に対する効率の特性を示したものである。全般にデューティレシオを低下させるとともに効率は漸減するが外部抵抗が大きいほど同一デューティレシオに対する効率は低い。一方、チョップ制御を行わないときの効率が同一出力条件のもとで70(%)台なので、チョップ制御時は効率が低下していることになる。

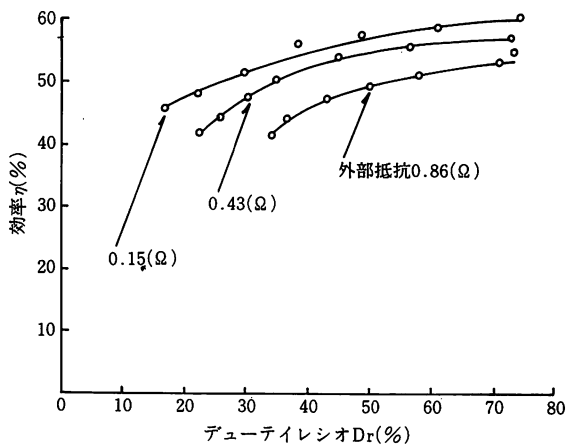


図7 効率特性

一般に誘導電動機の効率は二次抵抗制御を行ってすべり S となっている場合、1次銅損が2次銅損よりはるかに小さいことから $(1-S)$ と近似される。したがって本装置による速度制御は前述の図2、3の特性に示したようにすべり S が最大で約0.5であるから、効率は50(%)以上になるはずである。しかるにデューティレシオを減じてゆくと40(%)台まで低下する。

最近はこの種のパワーエレクトロニクス機器の増加と大容量化によって無効電力、高調波電流が増加し電源系統に電圧波形の歪みをもたらす電圧変動、その影響が大きくなってきている。この点からもチョップ制御についてはまだ検討の余地がある。

4.まとめ

以上サイリスタチョップを用いた誘導電動機の二次制御を試みた結果について述べたが、まとめると

- 1) 同期速度付近から約50(%)近くまでの応範囲にわたって、連続的な速度制御ができる。
- 2) 2次電流を一定に保つことによって定トルク特性が得られる。

装置を従来の抵抗器よりはるかに小形化できたことは言うまでもないが、一方には効率低下という問題が残った。これにはフィルタを用いて補償することが考えられ検討中である。

参考文献

- 1) 長谷川, 田畑: サイリスタチョップによる直流電流の制御: 秋田高専紀要17号(昭57)

- 2) K, HEUMANN: Pulse Control of D-C and A-C Motors by Silicon-Controlled Rectifiers: IE-EE. Trans. (1964 July) Vol.83
- 3) 長谷川：サイリスタチョッパの制御特性：秋田高専紀要18号(昭58)