単相誘導電動機始動用のゼロクロススイッチ

正 員 柊 原 健 明 (鹿児島大学)

Zero-cross Switch for the Starter of Single-phase Induction Motors

Kenmei Kukihara, Member (Kagoshima University)

A simple electronic starter is proposed for single-phase induction motors. Peak voltage $\sim 0.7V$ of a tiny series-resistor R , of main coil, triggers TRIAC on, in its reverse-trigger mode. At the peak 90° of sinusoidal voltage of R , current of auxiliary coil is already at 180° due to starting capacitor. So, the TRIAC is triggered in a narrow interval including the point 180° of auxiliary current, that is zero-cross switching. Thus, the auxiliary current is perfectly sinusoidal in each cycle, and so the starting characteristics are just the same as those of metal contacts. As rotation increases, main current decreases and stops triggering.

1. まえがき

単相誘導電動機の遠心力スイッチ機構を代替して、無保守化するための電子スターターの提案である。

部品3個から成る単純な構成ながら、ゼロクロススイッチするので、金属接点によるスターターと全く同等の始動特性が得られる。

単相誘導機は、補助巻線をコンデンサで進相させて始動用の回転磁界を発生させる型のものが高特性であるが、始動後は回転子も回転磁界発生に寄与するので、コンデンサの容量を切り替えて低減、あるいは切り離さないと特性が落ちる⁽¹⁾。

市販の電動機には切り替えのために遠心力スイッチが多用されている。これは、回転子内の可動部が遠心力によって固定子側の電気接点を押し開く機構である。しかし機構や接点の故障で保守手間がかかることが欠点とされてきた⁽¹⁾。

本案はこの機械式スイッチ機構をトライアックに置き換えるものである。しかしサイリスタ類には基本波位相を遅らせる作用があるので、進相回路の電気接点をサイリスタ類で置き換えるだけでは、かえって始動を妨げてしまう。

それゆえ、スターターとしての要件は、回転数が設定閾値を超えるまで、補助巻線電流は完全な正弦波でなければならず、そして僅かでも超えたら不完全な波形ではなく完全にゼロになることである。

本案はトライアックを、その素子電流とゲート電流とが逆向きである逆相トリガーモードで用いて、この要件を実現する。

トライアックの代わりにサイリスタを使用するとすれば、逆相トリガーモードが無いので、上の要件、即ちゼロクロススイッチング、をみたすためには、駆動用の制御回路とその電源を別途必要とする。

2. 電子スターター構成

図1は本案誘導機構成である。破線枠内が自動スイッチである。微小抵抗 R が回転数の検出、ゼロクロス指令、そしてトリガー電源の三つの役割を兼ねる。

図1 コンデンサ始動型およびコンデンサランコンデンサ始動型誘導機のための本案回路

Fig.1. Proposed system for capacitor-start and for capacitor-run capacitor-start induction motor.

主巻線には始動時に定常回転時の3倍以上の電流が流れる。この電流で抵抗 R 上にトリガー用の微電圧約 $0.7V$ を生じさせる。回転が上がれば抵抗 R の電圧は $0.2V$ 程度に低下してトリガー閾値に達せず、始動回路は停止する。この抵抗値の調節にて、始動回路を切り離す回転速度を自由に設定できる。なおこの抵抗の発熱量は電動機全熱損の 0.4% 程度でしかない。

本回路でトライアック電流は、トリガー電流の方向とは逆

方向の流れがオンされる。大抵のトライアックでは、このような逆相トリガー2種の内の1つ、モードⅣ、は不感モードであってオンしにくく、双方向性がない。そのため、その方向にはダイオード D にて導通化しておく。ダイオードによる直流分は始動用コンデンサが遮断している。コンデンサランコンデンサ始動型誘導機は、始動用の無極性電解コンデンサ C_{start} の他に、常時連結の運転用コンデンサ C_{run} を持つが本スターターの特性に変わりはない。

3. ゼロクロススイッチングの作動原理

抵抗 R の電圧は主巻線電流の波形と同位相である。始動時に、この電圧の約 $0.7V$ を超える波頭部がトライアックをトリガーする。このトリガー電圧は補助巻線電流よりも 90 度遅れており、そしてその波形の位相角 90 度の波頭区間でトリガーするので、合計 180 度、即ち電流ゼロを含む小区間 (180 度まではモードⅢ、 180 度を越える部分はモードⅡトリガー) でトリガーオンされるというゼロクロススイッチングとなる。

これでステップの無い完全な正弦波が現れる。トリガー不感のモードⅣとなる 360 度 $= 0$ 度から 180 度まではダイオード D が通電する。 90 度付近からはモードⅢトリガーが成り、不要ながらトライアックもオンして、ダイオードと通電を分担していることも実測される。

図2は、コンデンサ始動型単相誘導機について、両巻線の電流が始動し、補助巻線電流が停止されるまでの波形である。抵抗 R は、市販遠心式機に合わせて、図のようによおよ5周期で補助巻線電流が停止するように調整してある。

本案スターターによる補助巻線電流は、図2の (A) のように毎周期、完全な正弦波としてスタートしており、停止後は完全にゼロとなっている。これは、図2の (B) に示される従来の遠心力スイッチ方式による電流波形と同特性となっている。

以上のように、本機構はトライアックにしか無い逆相トリガーモードによっている。

4. 分相始動型への適用

小定格トライアックでは、逆相トリガーの両モードに敏感な型のものも生産されており、この場合ダイオードは不要であるので、コンデンサを持たない分相始動型の電動機も始動できる。

しかし分相始動型は補助巻線電流の進相の度合いが不十分であることから、トリガー解除回転数の設定との競合で、ゼロクロス波形はやや不完全になる。

(A) Proposed starter

(B) Centrifugal starter

図2. 主巻線と補助巻線の始動電流波形と補助巻線電流の停止波形。(A)本案スターター、(B)遠心力スターター。

Fig.2. Starting currents of main and auxiliary coils, and ending of auxiliary current. (A) proposed starter and (B) centrifugal starter show the same characteristics.

5. むすび

単相誘導電動機の遠心力スターターが、トライアックによる電子スターターで代替される。ゼロクロススイッチするので電氣的に等価であり、始動特性も同等である。結果、スターターの無保守化、省部品単純化、遠心機構騒音の消滅、防爆化、遠心スイッチ室分の小容積化が得られた。

謝辞 佐藤潤一郎氏、重信文孝氏の協力に謝意を表する。
(平成13年1月25日受付, 平成13年5月7日再受付)

文献

- (1) 野中作太郎:「電気機器Ⅱ」森北出版