

단상 SRM에 사용되는 전자식 기동 장치

김준호*, 이은웅**, 이종한***
 LS산전*, 충남대학교 전기공학과**, 예산전자공업고***

Electromagnet Starting Device used in the Single-Phase SRM

Jun-Ho Kim*, Eun-Woong Lee**, Jong-Han Lee***
 LS Industrial Systems*, Dept. of Elec. Eng. ChungNam Nat'l Univ.**,
 Dept. of Computer Electronics YeSan Electronic Technical High School***

Abstract - The squirrel case induction motor has widely used in the driving of the blowers but it is low efficiency and hard to control. So, the damper is used for the control of a flow and it cause to low the driving efficiency.

Our laboratory has proposed the single-phase SRM (switched reluctance motor) for driving blowers. It has salient pole structure and can be reduced a number of semiconductors than three-phase SRM. But it can not be starting by itself and has heavier torque ripple than three-phase SRM. For self-starting the single-phase SRM is required the starting device which place the rotor at the rising inductance slope.

On this paper, the electromagnet starting device is designed to generate the starting torque and to fix the rotating direction of the single-phase SRM which is fabricated to use a blower.

가 정지해 있으면 토오크가 발생하지 않거나[구간 0~1, 구간 2~3], 역방향 토오크[구간 3~4]가 발생하여 회전방향이 반대가 된다. 단상 SRM이 스스로 기동하기 위해서는 기동 전에 회전자를 인덕턴스가 증가하는 구간에 위치시키는 기동 장치가 필요하다. 또한, 그림 2처럼 회전자의 기동위치에 따라 회전방향이 달라지므로 회전 방향을 고정시키기 위해서도 기동장치는 반드시 필요하다. 그림 2(a)는 회전자가 반시계방향으로 그림 2(b)는 시계방향으로 회전한다.

1. 서 론

일반적으로 유체 부하 구동용 전동기로는 저렴하고 고장이 적은 농형 유도전동기가 널리 사용되지만 속도 제어가 힘들기 때문에 흡입 댐퍼(damper)를 이용하여 풍량과 풍압을 조절한다. 그러나 흡입 댐퍼로 인한 손실로 운전 효율을 높이기 위해서는 구동용 전동기의 속도제어를 이용하여 풍량과 풍압을 제어하는 것이 필요하다[1],[2]. 특히, 단상 전원에 사용되는 단상 유도전동기는 효율이 떨어질 뿐만 아니라 속도 제어도 용이하지 않아 대체 전동기가 필요한 상황이다.

SRM은 회전자와 고정자가 모두 돌극 구조이고 고정자에만 여자 권선을 감기 때문에 구조가 매우 간단하여 제작 비용이 저렴하고 고장이 적은 장점을 가지고 있다. 특히, 단상 SRM의 경우에는 3상 SRM에 비해 여자 전류의 스위칭에 필요한 반도체 소자의 수를 1/3으로 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다[3],[4]. 하지만 고정자의 모든 극이 동시에 여자되기 때문에 특정 구간에서만 토오크가 발생하여 토오크의 리플이 심하고 회전자의 기동 위치에 따라 회전 방향이 달라질 뿐만 아니라 스스로 기동을 못하는 경우도 발생한다[5]~[7].

단상 SRM이 스스로 기동하기 위해서는 기동하기 전에 회전자를 인덕턴스가 증가하는 지점에 위치시켜야 한다. 따라서 이런 기동을 수행하는 기동 장치를 부가적으로 설치해야 한다. 일반적으로 기동장치로는 영구자석과 전자석을 사용된다. 영구자석의 경우에는 구조적으로 간단한 장점이 있지만 운전 중에 영구자석이 회전자에 계속 영향을 미치기 때문에 전동기의 특성을 나쁘게 변화시키는 단점을 가지고 있다. 전자석의 경우에는 구조 및 기동방법이 복잡하지만 운전 중에는 전자석의 여자전류를 차단시켜 전동에 영향을 주지 않는다. 본 논문에서는 송풍기 구동용 단상 SRM을 설계 및 제작하면서 회전자를 인덕턴스가 증가하는 지점에 위치시켜 기동 문제를 해결하고 회전자의 회전 방향을 고정시키기 위해 전자석으로 구성된 기동장치를 설계하였다.

2. 단상 SRM의 기동장치

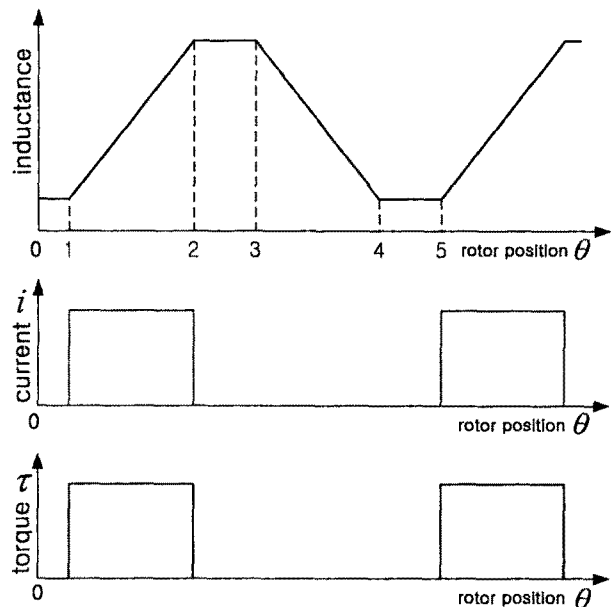
2.1 단상 SRM의 토오크

SRM의 토오크는 식(1)과 같이 전류의 제곱에 비례하고 인덕턴스의 기울기에 반비례한다. 따라서 토오크의 방향은 인덕턴스의 기울기에 따라 달라진다. 단상 SRM은 모든 고정자 극이 단상 전류에 의해 동시에 여자되기 때문에 하나의 인덕턴스 파형만 존재한다. 각 상의 인덕턴스 파형을 적절히 조합하여 모든 구간에서 정방향 토오크가 발생하는 3상 또는 다상 SRM과는 달리 일정한 구간에서만 정방향 토오크가 발생한다. 따라서 정방향 토오크를 얻기 위해서는 그림 1처럼 인덕턴스가 증가하는 구간에만 여자전류를 인가해야 한다.

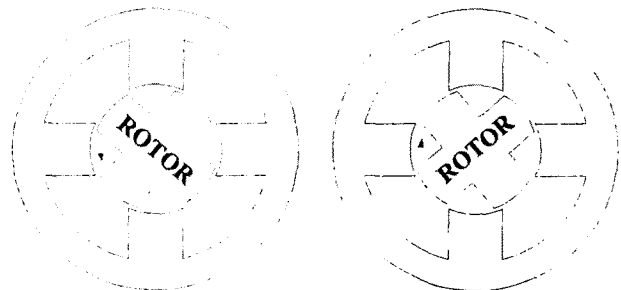
$$T = \frac{1}{2} i^2 \frac{dL}{d\theta} \quad (1)$$

2.2 기동장치의 필요성

기동 시에 회전자가 구간 1~2 사이에 정지해 있으면 정방향 토오크가 발생하여 스스로 기동하는 것이 가능하다. 그러나 그 이외의 지역에 회전자



<그림 1> 단상 SRM의 인덕턴스 파형 및 토오크

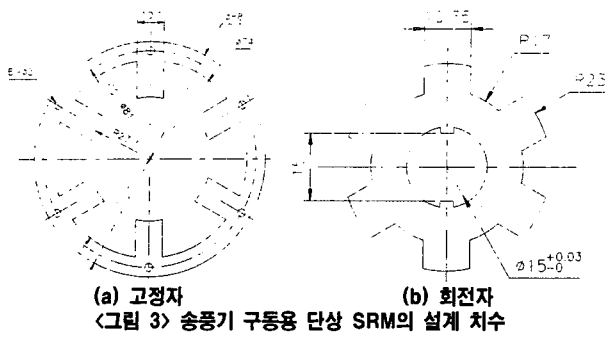


(a) 반시계방향 (b) 시계방향
 <그림 2> 단상 SRM의 인덕턴스 파형 및 토오크

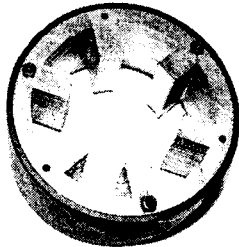
3. 송풍기용 단상 SRM의 구조

본 연구실에서 제작한 송풍기 구동용 단상 SRM은 고정자와 회전자 극호가 각각 6개씩 있으며 60° 간격으로 일정하게 배열되어 있다. 고정자 극호의 크기는 25°, 회전자 극호의 크기는 26°이고, 공극은 0.3mm이다[8]. 그림 3은 회전자와 고정자의 설계 치수를 나타낸 것이고, 그림 4는 제작된 단상 SRM을 나타낸 것이다.

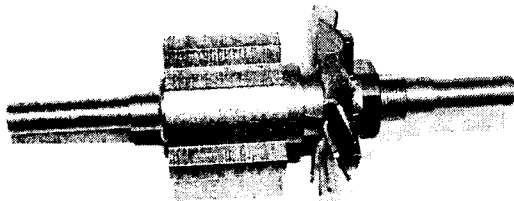
회전자와 고정자 극호가 겹치기 시작하는 부분을 0°라고 설정하면 송풍기 구동용 단상 SRM의 이상적인 인덕턴스 파형은 그림 4와 같다. 기동 토오크를 얻기 위해서는 기동 시에 회전자를 인덕턴스가 증가하는 0°~25° 사이에 위치시켜야 한다.



(a) 고정자 (b) 회전자
 <그림 3> 송풍기 구동용 단상 SRM의 설계 치수

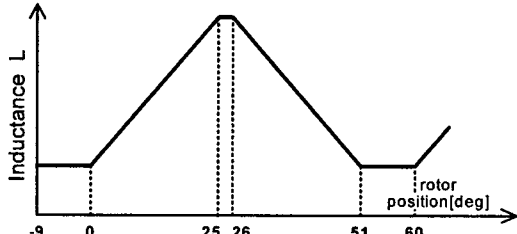


(a) 고정자



(b) 회전자

<그림 4> 제작된 송풍기 구동용 단상 SRM



<그림 5> 송풍기 구동용 단상 SRM의 이상적인 인덕턴스 파형

4. 전자석 기동 장치

4.1 구조

단상 SRM의 기동을 위한 장치로는 일반적으로 전자석 또는 영구자석이 많이 이용되지만 와전류 또는 회전자의 기하학적 구조를 활용한 방식도 있다. 본 논문에서는 운전 중에도 회전자에 영향을 미쳐서 토크, 속도 등과 같은 전동기의 특성을 악화시키는 영구자석으로 구성된 장치보다 구조는 복잡하지만 운전 중에 미치는 영향이 없는 전자석으로 구성된 장치를 설계하였다.

그림 6(a)처럼 회전자의 축에 회전자 극호의 크기와 동일한 정지판을 회전자의 극호와 일치하도록 설치하였다. 전자석은 그림 6(a)처럼 120° 간격으로 3개가 고정자에 배치되어 있다. 전자석은 회전자의 기동 위치를 조절하기 위하여 고정 위치를 변경시킬 수 있도록 하였다.

4.2 기동방법

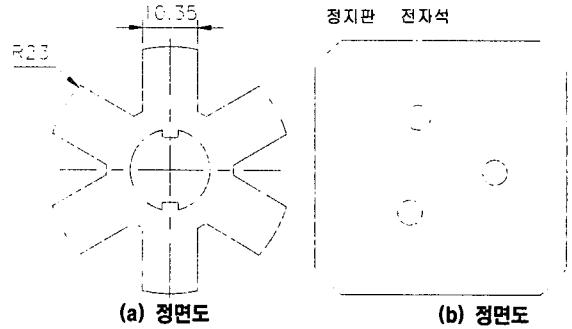
우선 적절한 기동 위치를 선정하고 그에 맞게 고정자에 설치된 영구자석의 위치를 변경한다. 고정자에 여자 전류를 인가하기 전에 영구자석을 여자시키면 영구자석에 의한 토크로 정지판과 연결된 회전자가 영구자석과 정렬이 되어 기동 위치에 정지하게 된다. 회전자의 영구자석이 완전히 정렬하기 전에 영구자석의 여자 전원을 차단해도 회전자는 관성으로 기동 위치로 이동하게 된다. 회전자가 관성에 의해 기동 위치로 이동하는 동안 영구자석에 흐르는 여자 전류를 차단하고 고정자에 여자 전류를 인가시키면 회전자는 스스로 기동하게 된다.

5. 결 론

본 논문에서는 속도 제어가 어렵고 전동기 효율 및 운전 효율이 떨어지는 송풍기 구동용 단상 유도전동기를 대체할 목적으로 단상 SRM을 설계

및 제작하면서 스스로 기동을 하지 못하는 단점을 보완하기 위하여 기동장치를 설계하였다.

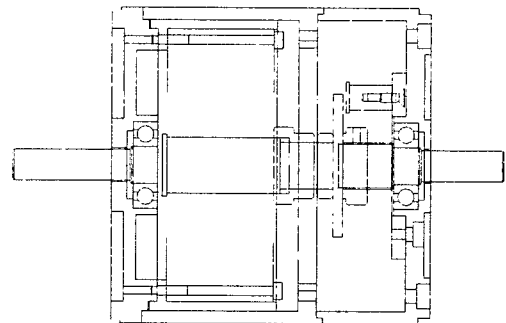
운전 중에도 회전자에 지속적으로 영향을 미치는 영구자석 기동장치보다는 구조는 복잡하지만 기동 시에만 전자석을 여자시켜 회전자를 기동지점에 위치시키고 전자석 여자전원을 차단시켜 운전 중에 회전자에 미치는 영향을 제거한 기동장치를 설계하였다. 전자석 기동장치는 회전자 극호와 동일한 크기를 가진 정지판과 3개의 전자석으로 구성되어 있으며 정지판은 회전자에 3개의 전자석은 고정자에 각각 설치되어 있다.



(a) 정면도

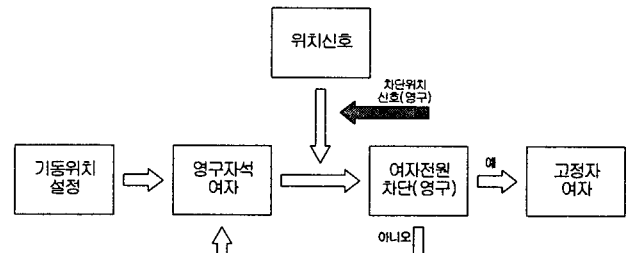
(b) 정면도

정지판 전자석



(c) 측면도

<그림 6> 송풍기 구동용 단상 SRM 기동장치



<그림 7> 기동방법 플럭도

[참 고 문 헌]

- [1] 이은용, 이종한, 김용현, "10kW급 송풍기용 고효율 단상 릴럭턴스 전동기 설계기술개발", 산업자원부, 최종보고서, 2004.
- [2] Jong-Han Lee, Eun-Woong Lee, Yong-Hun Kim, "Design of Single Phase SRM for Blower Considering the Pole Arc, ICEE2004, Vol.I, pp.236-240, July 2004.
- [3] P.J.Lawrenson, "Variable-speed switched reluctance motor", IEE proc., Vol.127, Pt.B, No.4, pp.253-265, July 1980.
- [4] Cossar, C. and Miller, T.J.E., "Electromagnetic testing of switched reluctance motors", International Conference on Electrical Machines, pp.470-474, September 15-17, 1992.
- [5] J.M. Stephenson and G.C.Jenkinson, "Single-phase switched reluctance motor design", IEE Proc.-Electr. Power Appl., Vol.174, No.2, pp.131-139, March 2000.
- [6] R.Krishnan, A.M.Staley, "A Novel Single-Phase Switched Reluctance Motor Drive System", IECON'01, Volume 2, pp.1488-1493, Nov., 2001.
- [7] John Michael Stephenson, "Apparatus and Method for Starting a Single-Phase Variable Reluctance Motor", United States Patent, PN 5908389, September 1998
- [8] 김용현, "단상 SRM 구동회로의 도통각 제어에 의한 속도 변화", 석사학위논문 공개발표자료, pp.35-40, May 2006