

보조권선의 전력제어에 따른 단상유도전동기의 특성비교

박수강*, 서강성*, 백형래*, 조금배*, 임양수**, 이상길***, 김동휘****

*조선대학교 전기공학과, **서강정보대학 소방안전관리과, ***광주보건대학 방사선과, ****여수공업대학 전기과

A Characteristics of SPIM with Power Conversions of Auxiliary Winding

Park su-kang, Seo kang-sung, Baek hyung-lae, Cho geum-bae
Lim yang-su, Lee seong-kil, Kim dong-hui

Abstract - In this paper, an auxiliary winding driving system of single-phase induction motors is described. Starting characteristics variations are obtained by controlling the auxiliary winding voltage magnitude and phase angle, while the motor's main winding is directly connected to the local utility. A variable auxiliary winding voltage phase angle is shown to yield significant torque control, providing starting and braking torque. The analysis includes the determination of the relationship between the auxiliary winding voltage phase angle and the phase angle difference between the main and auxiliary winding current. The paper proposed for adjusting an auxiliary winding voltage magnitude and phase angle. Experimental results of motor's starting characteristics with using the DC-AMP and PWM inverter for auxiliary winding power supply are shown. The drive is tested using a dynamometer to experimentally verify the results of the theory.

신의 특성이 시간적 변화에 따라 순서적으로 변하게 되므로 이를 선형화하기가 용이하지 않다. 특히, 효율개선을 고려할 때 정상상태보다 기동시의 특성에 부합한 보조권선의 전압과 위상각을 선택적으로 발생시켜야 한다. 따라서, 보조권선에 가해질 전원은 전압제어와 위상제어가 가능하여야 한다. 또한 보조권선에 가해지는 전원은 주권선의 전원과 동기가 되어야 하므로 그 신호는 주권선으로부터 얻어야 한다.

그림 1은 커패시터 기동형 단상유도전동기의 회로도이며 주권선전류는 i_{qs} , 보조권선전류는 i_{ds} 이다.^{1,2)}

단상유도전동기는 기동장치 없이 그 자체만으로는 회전장계가 발생되지 않아 기동할 수 없다. 그러므로 정지된 단상유도전동기를 기동하기 위해서는 어떠한 방법으로 외부에서 한쪽 방향으로 회전시키면 그 방향으로 토크가 발생되어 전동기가 회전하게 되는데 이러한 기동 토크를 만들기 위해 단상권선 외에 기동권선을 가지고 있으며 기동이 완료된 후 전속도의 약 70[%]~80[%]에 도달하면 원심력스위치에 의해 기동권선은 분리되고 전동기는 운전권선으로 동작하게 된다.^{3,4)} 또한, 운전 중에도 역회전이 가능하고 권선전류의 큰 위상차로 인한 높은 토크 발생으로 큰 기동토크가 필요한 곳뿐만 아니라 역전 운전이 가능한 기능을 갖는 전동기가 필요한 곳에서 많이 응용되고 있다. 그림 2는 커패시터기동 단상유도전동기의 주권선, 보조권선전압과 전류의 페이저도를 나타내는데 보조권선의 전압, 전류와 주권선의 전압, 전류의 위상순서를 알 수 있다.

1. 서론

단상유도전동기는 삼상유도전동기에 비해서 소요 자재나 특성 면에서 열악한 형편이나 전동선이나 단상 전원에 접속하여 사용하기 때문에 가정용 또는 농촌에서 널리 사용되고 있다. 그러나 효율 특성이 낮아 효율 개선을 위한 고효율 단상유도전동기의 연구가 필요한 실정이다.

최근 가전제품의 기술은 급속도로 발전하고 있으며 시판되는 제품의 기능 또한 다양하지만 가정용 세탁기, 선풍기 등의 가전제품과 단상유도전동기를 사용하고 있는 전동력 응용 제품의 효율은 상당히 낮은 편이다. 특히, 효율개선을 위해 PWM 인버터를 적용하려는 연구가 진행되고 있지만 효율향상에 대한 가격의 고가화를 가져와 연구 성과에 대한 뚜렷한 결과를 얻지 못하고 있다.

본 논문에서는 가정용세탁기, 냉장고, 에어컨 등 단상유도전동기를 사용하고 있는 가전제품의 효율특성을 향상시키는데에 목적을 두고 고효율 단상유도전동기 구동시스템의 개발을 위해서 직류증폭기와 PWM 인버터를 설계, 제작하여 단상유도전동기의 보조권선전압과 위상 변화에 따른 단상유도전동기의 특성을 비교, 분석하였다.

2. 단상유도전동기의 구동시스템

단상유도전동기를 구동하기 위해서는 주권선과 보조권선에 가해지는 전원에는 위상차가 있어야 한다. 이때 보조권선에 가해지는 전압과 위상차에 의해 기동전류와 기동시간이 결정된다. 그러나 단상 유도전동기의 기동특성은 부하에 의해서만 결정되는 것이 아니라 자

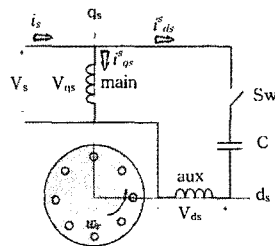


그림 1. 단상유도전동기 회로도

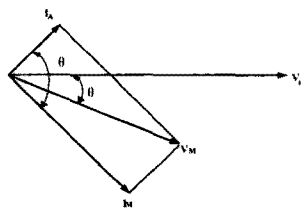


그림 2. 전동기의 전압-전류의 페이저도

구동시스템은 위상각 제어신호의 주권선과 동기된 전원으로 부터 적분기를 통하여 지연된 위상 $20^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 사이에서 10° 단위로 발생시켜 그 중 하나만을 선택하고 선택된 위상차 신호를 1, 2, 4, 8배로 증폭하고 다시 이를 배합하여 증폭함으로써 전압제어가 가능하도록 하였다.

구동장치를 구현하는 일반적인 방법으로는 점호각, 소호각, PWM 등에 의한 전압제어로 구분할 수 있는데 일반적으로 점호각, 소호각제어와 같은 제어방법은 비교적 간단하고 저렴하게 구현이 가능하지만 비정현적인 출력파형으로 저차수의 고조파 성분을 함유하므로 저역률에서 운전이 되며 다량의 전자파를 발생시킴으로서 다른 전자기기 등에 영향을 주며 상용전원을 왜곡시킬 수 있으나 PWM 인버터에 의한 제어 방법은 이러한 단점을 보완할 수 있다.^[5]

PWM제어에 의한 구동장치는 직류증폭기에 비하여 비교적 간단히 구현되며 고속 스위칭에 의한 출력전압을 전동기 권선의 인덕턴스 성분에 의한 필터링으로 고조파를 제거하게 되어 정현파 출력을 얻기가 용이하며 보다 정밀한 자료를 얻기 위해서는 고조파 성분이 포함되지 않은 완전한 정현적인 구동이 가능한 고효율 직류증폭기로 해결할 수 있다.

그림 3은 단상유도전동기 구동을 위한 전체 시스템의 블록도이다. 주권선과 보조권선에는 동기된 위상차를 갖는 전원을 인가하므로 위상제어 신호는 위상각 제어기에 의해 발생시키며 출력전압은 진폭제어기로 진폭을 가변하여 전압제어가 가능하도록 구성하였다. 보조권선에 인가할 신호는 직류증폭기로 전압, 전류를 증폭하여 보조권선의 구동전원으로 사용하였다. PWM 인버터에서는 기준신호로 사용하므로 기준신호의 크기를 조절하여 전압을 제어하며 주권선과 동기된 상태에서 기준신호의 위상을 변화하므로 보조권선의 위상을 변화시킬 수 있다. 그림 4는 구동시스템의 제어 흐름도를 나타낸다. 컴퓨터로부터 출력된 제어신호는(INT 08) 보조권선의 위상각을 선택(INT 05, INT 06)하고 진폭을 조절(INT 07)함으로써 직류증폭기와 PWM 인버터를 동작시켜 보조권선을 구동한다.

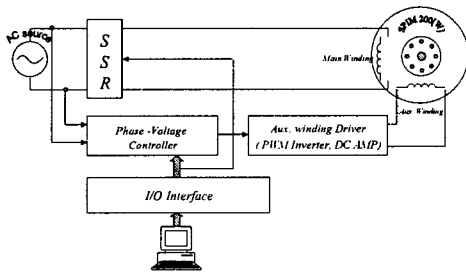


그림 3. 구동시스템의 구성도

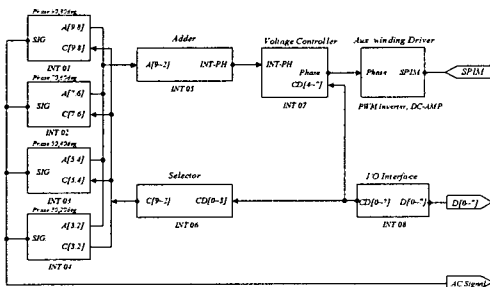


그림 4. 구동시스템의 제어 흐름도

3. 실험 결과

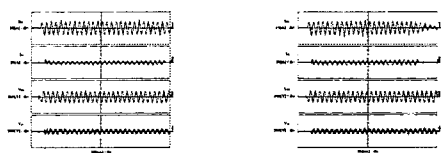
위상각과 전압의 변화에 따른 전동기의 주권선과 보조권선 전압과 전류를 측정하였다. 주권선전압을 110V, 90V, 70V로 가변시켜 인가하고 보조권선전압과 주권선전압의 위상차를 90° , 60° , 30° 로 단계적으로 변화시키면서 실험하였다.

실험에 사용된 전동기 사양은 표 1과 같으며 그림 5는 위상차와 전압변화에 따른 전동기의 주권선 및 보조권선의 전압, 전류파형을 나타낸다. 주권선과 보조권선전압의 위상차를 30° 에서 보조권선전압을 110V, 90V, 70V로 변화시켜 실험하였다. 저 전압과 저 위상차에서는 기동시간이 현저히 길어짐을 알 수 있었고 $90^{\circ} \sim 110V$ 일 때가 기동시간이 가장 짧았으며 $60^{\circ} \sim 110V$ 의 기동시간은 위상차 90° 조건과 비교하여 큰 차이가 없음을 알 수 있었다.

그림 6은 전동기의 주권선 및 보조권선의 전압과 전류의 위상차 변화에 따른 특성을 나타내는데 기동 콘덴서의 용량성 리액턴스의 영향으로 주권선과 보조권선전압의 위상차 30° 에서 전류의 위상차는 10° 정도로 차이를 보이며 60° 에서는 40° 이고, 90° 에서는 70° 로 나타났다. 그림 7은 주권선에 대한 보조권선의 전압위상에 따른 X(주권선전류)-Y(보조권선전류) 그래프를 나타내는데 위상차가 커질수록 궤적이 원형에 가까워짐을 알 수 있다.

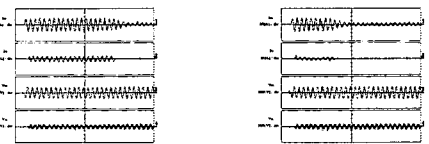
표 1. 전동기 사양

정격출력	0.21KW	기동전류	24/12A
극 수	4P	기동토크	0.38 Kg _m
정격전압	110/220V	절연계급	5종
정격전류	6.4/3.2A	회전수	1710 rpm
주파수	60Hz	정동토크	0.33 Kg _m
효율	47%	콘덴서	180 μ F



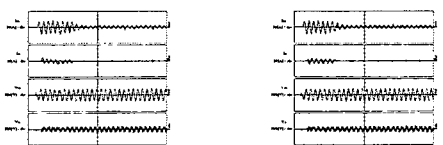
(a) $30^{\circ} - 70V$

(b) $30^{\circ} - 90V$



(c) $30^{\circ} - 110V$

(d) $60^{\circ} - 70V$



(e) $60^{\circ} - 90V$

(f) $60^{\circ} - 110V$

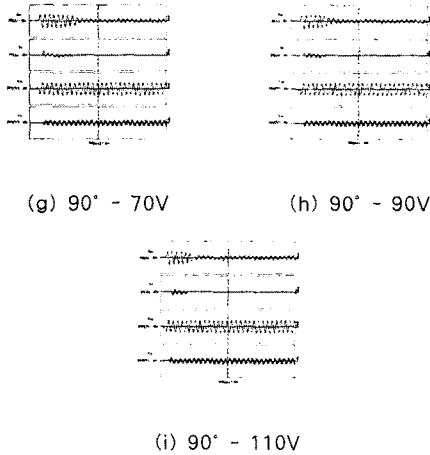


그림 5. 위상각과 전압변화에 따른 전동기의 주권선 및 보조 권선의 전압, 전류특성

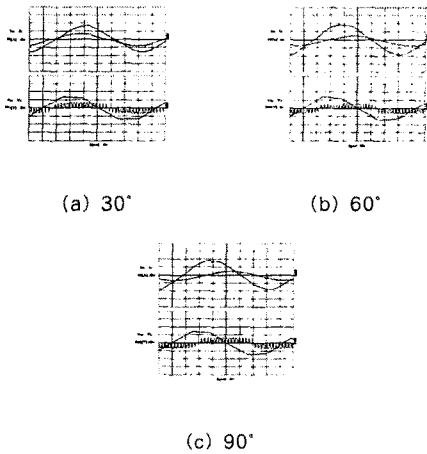


그림 6. 전압의 위상변화에 따른 주권선, 보조권선의 전류특성

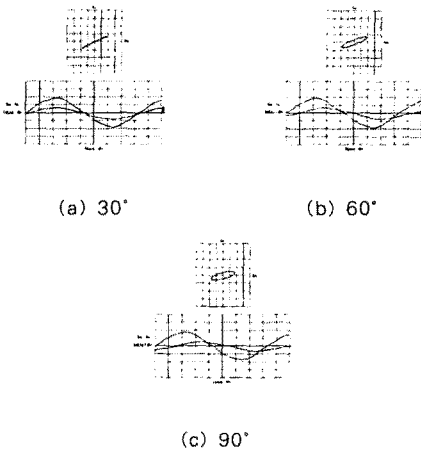


그림 7. 위상변화에 따른 X(주권선전류)-Y(보조권선전류) 그래프

4. 결론

본 논문에서는 가정용세탁기, 냉장고, 에어컨 등 단상 유도전동기를 사용하고 있는 가전제품의 효율특성을 향상시키고자 직류중폭기와 PWM 인버터를 이용하여 단상유도전동기의 보조권선전압과 위상각을 변화하는 실험을 통해서 전동기의 특성을 비교, 분석하였다. 단계적으로 위상차 변화와 전압의 변화를 주어 전동기의 주권선 및 보조권선전류와 전동기의 기동시간과 권선의 위상차를 비교함으로써 고효율 단상유도전동기의 설계에 필요한 적절한 권선비와 기동 콘덴서의 용량선정으로 기존의 전동기보다 특성이 향상된 단상유도전동기의 설계가 가능하리라 사료된다.

(참 고 문 헌)

- [1] J. D. Law, T. A. Lipo, "A Single Phase Induction Motor Voltage Controller with Improved Performance", *IEEE Trans. on Power Elec.*, PE-1(4), pp. 240~247, 1986.
- [2] E. R. Collins, Jr., H. B. Puttgen, W. E. Sayle, II, "Single-Phase Induction Motor Adjustable Speed Drive Direct Phase Angle Control of the Auxiliary Winding Supply", *IEEE, IAS Conf.*, pp. 246~252, 1988.
- [3] R. S. Janardhana Iyengar, V. V. Sastry, Sen. Mem. "Fuzzy Logic Based Soft-Start for Induction Motor Drives", *IEEE IAS Annual Meeting Conf.*, pp. 121~128, 1995.
- [4] Tian-Hun Liu, Pi-chieh Wang, "Adjustable Switched Capacitor Control for a Single-Phase Induction Motor", *IEEE IECON*, pp. 1140~1145, 1993.
- [5] H.L. Baek, K.G. Oh, S.K. Park, Y.S. Lim, "Improved Starting Efficiency Characteristics of Single-Phase Induction Motor", *ICCU*, vol.1, no.2, pp. 1237~1243, 1997.