

단상유도전동기의 속도-부하의 검출을 위한 입력파라미터 특성

박수강<sup>\*</sup>, 임양수<sup>\*\*</sup>, 김평호<sup>\*\*</sup>, 김대곤<sup>\*\*\*</sup>, 조금배<sup>\*</sup>, 백형래<sup>\*</sup>  
<sup>\*</sup>조선대학교 전기공학과, <sup>\*\*</sup>서강정보대학, <sup>\*\*\*</sup>전남과학대학

A Characteristics of Input Parameters for Detecting of Speed-Load of SPIM

Su-Kang Park<sup>\*</sup>, Yang-Su Lim<sup>\*\*</sup>, Pyung-Ho Kim<sup>\*\*</sup>, Dae-gon Kim<sup>\*\*\*</sup>, Geum-Bae Cho<sup>\*</sup>, Hyung-Lae Baek<sup>\*</sup>  
<sup>\*</sup>Dept. of Electrical Eng. Chosun Univ., <sup>\*\*</sup>Seokang College, <sup>\*\*\*</sup>Chun-Nam science college

Abstract - The three-phase induction motor is rugged, reliable, long-lived, self-starting, smooth-running. But it is relatively inexpensive and three-phase power is not available everywhere, so if possible we need single-phase motor with the same characteristics. In fact, single-phase induction motors have excellent characteristics and outnumber the three-phase variety. Most of the small electric motors used in home, farm, or office are single-phase induction motors of one type or another. This electric motors application field need most energy saving type drive according to enlargement of electronic goods and to tend high class. The paper is proposed a various phase control methods for energy saving of single-phase induction motor. The controllers that are embodied by each method can use by various usage according to each performance and it is considered that application may help in the electrical energy saving because it is possible to other electrical appliances.

1. 서 론

단상유도전동기는 정격부하 이하에서 운전할 때 과도한 입력전력의 투입으로 인한 저 효율 특성을 나타내므로<sup>[1-3]</sup> 부하상태와 기동특성을 검출하기 위하여 전류검출기와 위상검출기를 제작하여 실시간으로 부하율을 정확히 모니터링 할 수 있는 부하에 적용한 능동적인 위상 제어시스템을 구현함으로써 최대의 효율향상과 에너지 절감효과를 실험으로 입증하고자 한다. 위상검출식 부하 적용제어기는 전압과 전류의 위상차를 검출하여 실시간 부하에 적합한 기동 및 운전상태를 제어하여 에너지를 절감하는 새로운 방식의 제어기이고 이 방식은 단상유도전동기를 생산하는 메이커나 전동기의 용량과 종류가 다른 넓은 범위의 전동기에 적용이 가능한 범용의 제어기이다. 주로 커패시터 기동형이나 운전형 단상유도전동기가 사용되는 에어컨의 송풍기나 환풍기, 팬, 펌프와 전동기 등에<sup>[4,5]</sup> 이 제어기를 적용할 수 있다. 현재 사용되는 단상유도전동기용 전자릴레이의 제어기술은 환경적인 제약과 전동기의 변화의 속도를 맞추지 못하고 전압제어형의 전동기 기동릴레이의 적용은 미리 부하를 예상하고 전동기 특성의 수많은 수적인 파라미터의 조화가 필요하다.<sup>[6,7]</sup> 현재 송풍기 제조자들은 이러한 기동장치 종류의 감소와 범용의 대체 장치를 절실히 요구한다. 이러한 새로운 장치는 신뢰성과 전압상태와 부하변화에 대한 적응성, 경제성, 부하와 전동기에 대한 정보의 불필요성의 설계목표에 포함되어야 할 것이다. 본 논문에서 제안한 새로운 위상제어장치는 주권선의 전압과 전류의 위상차를 제어기 스스로 검출하여 실시간 부하상태에 적용되는 자기진단형 능동제어방식으로 넓은 범위의 전동기에 적용이 가능하도록 설계하였다.

2. 시스템 설계

그림 1은 기능별 블록도로써 전원공급부와 전압과 전류의 검출부와 동기검출부, 제어부인 마이크로컨트롤러인 AT89C51, 기동 및 운전을 위한 드라이버부로 구성되어 있다. 그림 2는 시스템의 흐름도를 나타내며 기능별 실행 순서 및 방법은 다음과 같다. 첫째로 전동기가 기동할 때는 T2가 on되고 전동기가 기동이 끝나면 T2가 다시 off된다. 전동기의 기동시점은 입력단의 전압과 전류의 위상차를 검출하여 기동시점을 찾는다. 예를 들어 200[W]일 경우 위상차가 검출된 위상차 이상이면 기동이 완료되고 운전모드로 전환된다. 둘째로 전동기의 기동이 끝나고 운전구간으로 접어들면 T1에 의해서 전압의 위상각 제어를 한다. 이때 위상각 제어의 점호각은 전동기의 전압과 전류와 위상차를 검출하여 입력전력을 실시간 감시하므로 부하의 상태에 따라서 입력전력의 제어가 이루어진다. 예를 들어 경부하에서는 점호각을 증가시키고 정격부하에 다다를수록 점호각을 감소시켜 경부하에서 불필요한 전력을 절감하여 효율을 증가시킨다. 셋째로 전동기가 과부하 상태로 장시간 운전될 경우 T1을 off하므로 과부하 보호기능을 내장하였다. 넷째로 전동기가 운전중 일 때 실시간 전력상태를 숫자 표시기로 디스플레이하고 황, 청, 적색의 LED를 통하여 아날로그 신호로도 표시한다. 여기서 황은 경부하, 청은 정격부하, 적은 과부하를 나타낸다. 다섯째로 전동기의 용량에 따라 기동시의 전압과 전류의 위상차가 조금씩 다르므로 전동기를 기동하기전에 주권선과 연결된 보조권선을 분리하여 기동하면 전동기의 기동에 필요한 최소 위상차가 생기므로 이때 이 위상차를 기억하여 전동기에 적합한 위상차를 검출하는 부하적응형 능동제어방식이다.

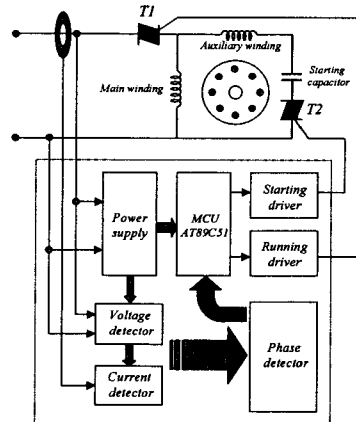


Fig. 1 Block diagram of PDLAC

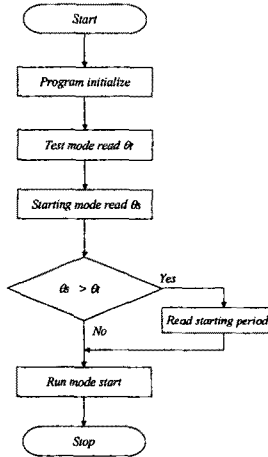


Fig. 2 Flowcharts of PDLAC

전원장치는 주전원으로부터 직접 전원을 공급받으며 동시에 주권선의 전압을 검출하고 CT의 변류비를 조절하여 처리 신호에 맞는 레벨로 상승시킨다. 검출된 전압과 전류의 신호는 제로크로스 회로를 거쳐서 신호의 제로점에서 단펄스로 변환되어 제어부인 마이크로 컨트롤러의 입력포트에 들어가고 프로그램의 처리형태에 따라서 각기 다른 방식으로 기동과 운전을 제어하여 전력절감을 행한다. 또한, 마이컴은 I/O핀과 내부 카운터와 타이머와 외부 인터럽트와 RAM과 ROM을 내장한다. 전원이 들어오면 각각의 장치는 리셋되고 전동기의 기동점의 시작점에서 전원이 공급된다. 제로크로스 사이의 시간차를 측정하여 주권선의 전압과 전류의 위상차를 결정한다. 초기에 위상은 주권선전압이 전류보다 작은 위상차로 앞서고 전동기가 가속되면 전압이 전류보다 큰 위상차로 앞서게 된다. 이때 위상차가 최대가 될 때 기동커패시터는 분리된다. 표 1은 전동기의 용량별 위상차를 나타낸다. 200[W]급 전동기의 무부하 일 경우에는 기동주기가 4주기이고 이때 전압과 전류의 위상차는 30°정도로 측정되었다. 커패시터의 분리 시점은 전류와 전압의 위상차를 실시간 검출 받아 30°이상일 때 보조권선을 분리하면 기동이 완료된다. 그림 3은 전동기의 전압과 전류의 위상차대 속도를 나타내는데 컷아웃 속도 구간에서 동기속도의 70 ~ 80[%]의 속도인 1260 ~ 1440[rpm]에서의 위상차가 최소에서 약 28°까지 급상승함으로 이 위상차를 기억하고 컷아웃 속도를 지정하여 보조권선을 제어한다. 운전시에는 위상차가 약 90°가 되고 만약 전동기의 속도가 감소하면 전압과 전류의 위상차도 따라서 감소하여 재 기동을 위하여 트라이액은 다시 동작한다.

Table 1 Voltage and current phase with rated power of motors

Rated power	Load [%]	Starting period	Vm-Im phase
200[W]	0	4	30°
	50	5	25°
	100	6	20°
750[W]	0	5	37°
	50	6	30°
	100	7	25°

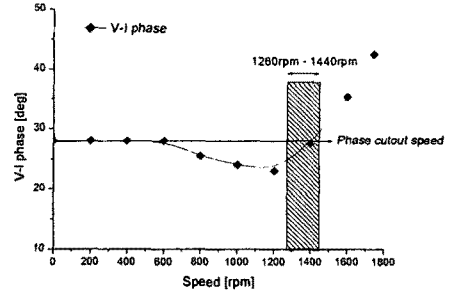


Fig. 3 Characteristics of speed with Vm-Im phase

### 3. 실험

그림 4는 위상검출식 부하적용 제어시스템의 동기검출 회로의 각단 파형을 나타내며 채널 1은 입력신호, 채널 2는 정류된 신호이며 채널 3, 4는 제로점에서 발생한 펄스파형을 나타낸다. 그림 5는 750[W]급 전동기의 기동 특성으로 보조권선이 off될 때까지 주권선의 전압과 전류의 위상을 나타낸다. 기동구간에서는 약 30°에서 40°를 유지하다가 운전구간으로 전환되면서 50°이상의 위상차가 발생함을 알 수 있다. 그림 6은 750[W]급 전동기의 운전상태에서 부하에 따른 위상의 변화를 나타낸다. (a)는 무부하일 경우로 위상이 78°이고 (b)는 50[%] 부하로 위상은 65°, (c)는 정격부하로 50°정도로 나타내어 부하에 따라서 위상의 비례적인 변화를 확인할 수 있다. 그림 7은 750[W]급 전동기의 주권선전압과 전류에 따른 동기검출 신호를 나타낸다. 전압과 전류에 동기된 단펄스가 상호 시간차를 두고 진행됨을 알 수 있다. 그림 8은 750[W]급 전동기가 운전할 때에 위상검출신호에 따른 트리거신호를 나타낸다. 채널 1은 운전 전류를 나타내고 채널 2는 전압동기신호, 채널 3은 전류동기신호, 채널 4는 트라이액의 트리거신호를 나타낸다. 동기신호의 시간폭을 위상으로 간주하여 부하를 역 추정하고 현재 부하에 적합한 트리거 위상각을 조절한다. 그림 9는 750[W]급 전동기의 컷오프 위상을 검출하기 위해 프로그램의 테스트 모드에서의 동작 파형으로써 검출 주기는 5주기 정도이다. 그림 10은 부하에 따른 전압과 전류의 위상을 그래프로 표현한 것으로 무부하일 때 74°, 25[%]일 때 68°, 50[%]일 때 64°, 75[%]일 때는 56°, 정격부하에서는 54°정도로 부하의 변화에 따라서 비례적인 위상의 변화를 확인할 수 있다. 그러므로 이 시스템은 위상을 검출하여 부하를 실시간 추종함으로써 현재의 부하에서 최대의 에너지 절감이 가능하도록 제어한다.

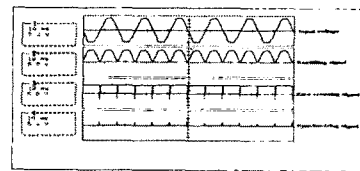


Fig. 4 Synchronizing waveforms of detector

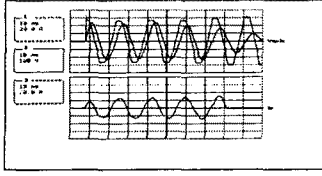
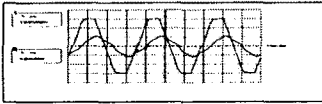
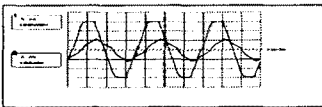


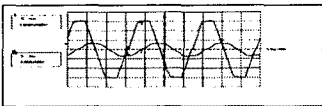
Fig. 5 Starting phase of main winding voltage and current with rated 750[W]



(a) 0% load



(b) 50% load



(c) 100% load

Fig. 6 Voltage and current phase with running load of rated 750[W]



Fig. 7 Detecting phase signals of rated 750[W]

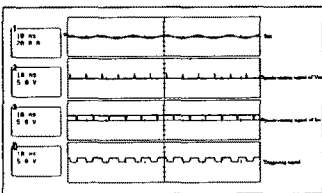
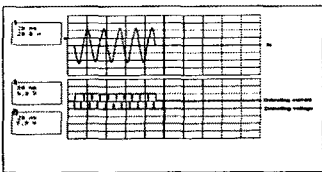


Fig. 8 Synchronizing signals of voltage, current and trigger signal with rated 750[W]



(ch.2 : voltage, ch.3 : current)

Fig. 9 Detecting time with rated 750[W]

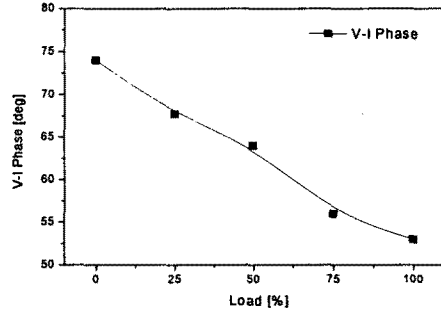


Fig. 10 Phase of voltage and current with load

#### 4. 결 론

본 논문에서는 단상유도전동기의 입력전압과 전류의 위상차를 검출하여 실시간 부하에 적합한 기동 및 운전 상태를 제어하여 에너지를 절감하는 위상검출식 부하적응제어기를 설계했다. 이 방식은 단상유도전동기를 생산하는 메이커나 전동기의 용량과 종류에 상관없이 넓은 범위에 적용이 가능하고 에어컨의 응축기나 환풍기, 팬, 펌프와 전동기기 등에 실제로 적용 할 수 있다. 또한 전압상태와 부하변화에 대한 높은 적응성과 구동 전동기에 대한 정보를 스스로 진단할 수 있어 경제성과 신뢰성의 향상을 가져올 수 있으므로 현재 사용되는 단상유도전동기용 전자릴레이를 대체할 수 있으면서 고효율의 에너지 절감제어가 가능하다. 향후, 본 논문에서 제안한 시스템의 현장실험을 통한 신뢰성 확보와 실용화, 소형화 등을 실현하고 유도전동기 뿐만 아니라 다른 전기기기와 전기 에너지를 사용하는 모든 전력변환시스템에 적용이 가능한 범용의 에너지 절감 시스템을 연구해야 할 것으로 사료된다.

#### 참 고 문 헌

- [1] J. G. Kassakian, M. F. Schlecht, George C. Verghese : Principles of Power Electronics, Addison - Wesley Publishing Company, pp. 79 ~ 90, 1991.
- [2] I. M. Gottlieb : Power Supplies, Switching Regulators, Inverters, and Converters, McGraw - Hill Company, pp. 229 ~ 235, 1994.
- [3] H. L. Baek, et al. : Starting Characteristics Auxiliary Winding Sequence Control for a Single - Phase Induction Motor, IEEE IECON, pp. 1222 ~ 1227, 1996.
- [4] L. W. Matsch : Electromagnetic and Electromechanical Machine, Thomas Y. Crowell Company, pp. 445 ~ 460, 1971.
- [5] B. S. Guru, Hüseyin R. Hiziroglu : Electric Machiner and Transformers, Saunders College Publishing Company, pp. 546 ~ 570, 1995.
- [6] Joseph P. Borrelli, : New Phase-Sensitive Technology for Capacitor-Start Motor Simplifies Application, IEEE Transactions on industry applications. VOL. 34, NO. 2, MARCH/APRIL, pp 253 ~ 257, 1998.
- [7] Yiwei Yuan, Junichi Tsuchiya, Toshihisa Simizu, Gunji Kimura, Ikuoatanabe, Koji Naniwa : A Simple Speed Control Method for Small Induction Motors Base on Phase Difference, IEEE IECON, pp 306 ~ 310, 1995.