

초저온 냉동고용 단상 유도전동기의 기동전류 저감에 관한 연구

신광현*, 황선환*, 김장목**, 정한수***, 이청일***
 경남대학교*, 부산대학교**, (주)LG전자***

A Study on Starting Current Reduction of Single-phase Induction Motor for Ultra-low Temperature Freezer

Gwang Hyun Shin*, Seon Hwan Hwang*, Jang Mok Kim**, Chung Ill Lee***, Han Su Jung***
 Kyungnam University*, Pusan National University**, LG Electronics***

ABSTRACT

본 논문에서는 초저온 냉동고용 단상유도전동기의 기동전류 저감을 위한 알고리즘을 제안한다. 단상유도전동기의 경우, 스스로 기동이 불가능하므로 다양한 기동방식을 채택하고 있다. 본 논문에서는 커패시터 기동 운전 방식을 사용하고 있으며, 이 경우 기동 시 정격전류의 수배에 해당하는 돌입전류가 발생한다. 이로 인해 커패시터 및 기동 보조장치의 운전성능 및 수명 감소에 직접적인 영향을 미친다. 따라서 본문에서는 기존 운전방식의 변경 없이 단상 인버터를 적용하여 기동전류를 저감하고 운전모드를 전환하는 알고리즘을 제안하고자 한다. 제안한 알고리즘의 효용성은 다양한 실험을 통해서 검증한다.

1. 서론

일반적으로 단상 유도전동기는 구조가 견고하고 보수 유지가 용이하며 가격이 저렴하여 세탁기, 식기 세척기, 냉장고 등 가정용품에 널리 사용되고 있다. 단상 유도전동기는 구조적인 특성으로 인해 교번자계만이 발생하기 때문에 자체적으로 기동토크를 생성할 수 없으며 별도의 기동장치를 필요로 한다. 본 논문에서 사용된 방법은 커패시터 기동 운전 방식이며 그림1과 같이 두 개의 커패시터를 기동용, 운전용으로 사용하고 있고, 추가로 PTC와 Overload Protector로 구성되어 있다. 이러한 커패시터 기동 운전 방식은 기동토크가 크고 운전효율이 높지만 초기 기동시 약 5~6배에 해당하는 돌입전류가 발생한다. 이는 냉동고 기동 소자 및 부품들의 소손 및 수명 저하의 원인이 되므로 반드시 개선되어야 한다.

따라서 본 논문에서는 커패시터 기동 운전 방식의 단상 유도전동기를 갖는 냉동고의 기동시 발생하는 돌입전류를 저감하기 위하여 비례공진제어기를 이용한 전류제어 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘으로 기동전류의 일정전류제어를 수행함으로써 기동전류를 제한하여 초기 돌입전류를 저감한다. 제안된 알고리즘의 유용성은 실험을 통해 증명되었다.

2. 단상 유도전동기의 기동 특성

앞서 언급했듯이 단상 유도전동기는 기동토크를 생성할 수 없으므로 별도의 기동 장치를 필요로 하는데, 일반적으로 분상 기동형, 커패시터 기동형, 커패시터 운전형, 커패시터 기동 운전형, 세이딩 코일형 방식이 사용된다. 커패시터 기동 운전 방

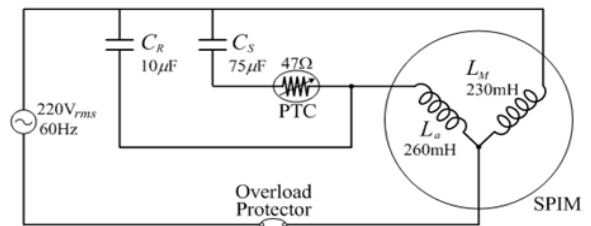


그림 1 단상 유도전동기의 커패시터 기동-운전 방식
 Fig. 1 Capacitor start-operation method of Single-phase Induction Motor

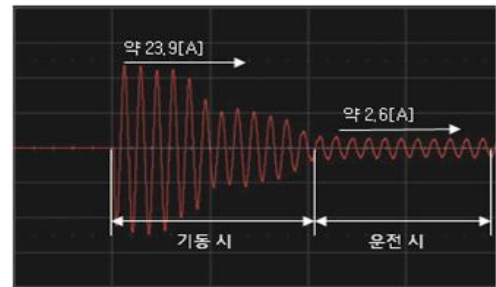


그림 2 AC 전원 투입 시 초기 기동 및 운전시 전류
 Fig. 2 Current waveforms at initial start-up and operation when AC power is applied.

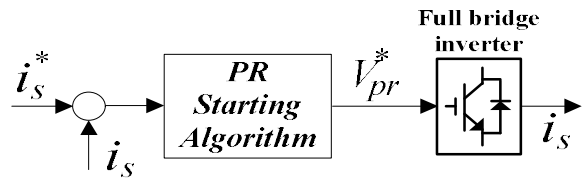


그림 3 제안된 전류저감 알고리즘 블록도
 Fig. 3 Block diagram of proposed current reduction algorithm

식은 고가이지만 기동 토크가 크고 운전효율이 높아서 고성능의 냉동고용 압축기에 사용된다. 하지만 그림 2와 같이 초기 기동시 운전 전류의 수배에 달하는 돌입전류가 발생하게 된다. 이러한 돌입전류는 기동커패시터와 운전 커패시터 및 PTC의 소손 및 수명을 저하하게 되며, 기동성능 및 신뢰성 하락의 원인이 되므로 반드시 줄여야 한다.^[1]

항목	내용	
권선저항	주권선[Ω]	4.7 ± 5%
	보조권선[Ω]	21.97 ± 10%
권선인덕턴스	주권선[mH]	230
	보조권선[mH]	260
기동특성	보조권선전류[A]	4.0 이하
	토크[kg-cm]	13.17(1.29 N-m)
무부하특성	선전류[A]	0.94 이하
	입력[W]	99.4
전부하특성	선전류[A]	1.9 이하
	회전수[rpm]	3500 이상
커패시터용량[μF]	10 (운전)	
	75 (기동)	
정동토크[kg-cm]	32.42(3.179 N-m)	
최대출력[W]	1040 이상	
정격출력[W]	260	
정격전압[V]	220	
정격주파수[Hz]	60	
상수	단상	
극수	2	
정격회전수	3500 이상	

그림 4 단상 유도전동기의 시스템 사양
Fig. 4 System specifications of Single-phase induction motor



그림 5 실험장치
Fig. 5 Experimental setup

3. 기동전류 제한 알고리즘

그림 3은 제안된 기동전류저감 알고리즘의 블록도를 나타낸다. 특정 차수의 고조파를 선택적으로 추출할 수 있고 AC성분의 오차 추종능력이 우수한 특성의 비례공진 제어기를 이용한 시스템으로 고정 주파수 60Hz로 입력전류의 일정전류제어를 한다. 사용된 비례공진 제어기의 전달함수는 식 (1)과 같다. K_p 는 비례이득, K_{in} 은 각 고조파 차수의 공진 이득, ω_c 는 차단 주파수에서의 대역폭, ω_0 는 계통 각주파수, n 은 보상고조파하는 고조파의 차수를 나타낸다.^{[2][3]}

$$G_s = K_p + \sum_n \frac{2K_{in}\omega_c s}{s^2 + 2\omega_c s + (n\omega_0)^2} \quad (1)$$

4. 실험 및 결과

그림 4는 단상 유도전동기의 시스템 사양을 나타내며 실험에 사용된 실험 세트는 그림 5에 나타내었다. 그림 6은 AC전원 적용시 전류 파형과 제안된 알고리즘 적용시 전류파형을 비교하였다. 그림 6 (a), (b)에서 알 수 있듯이 초기 기동시간은 증가하였지만 초기 기동전류가 23.5[A]에서 11.5[A]로 상당히 개선된 것을 확인할 수 있다.

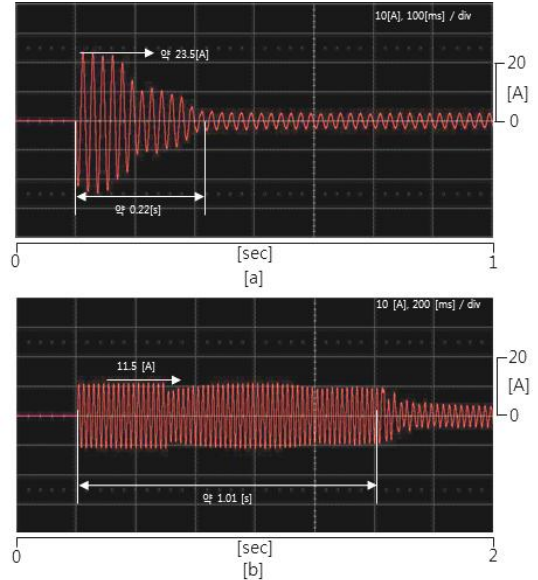


그림 6 (a) AC전원 적용시 전류파형, (b) 제안된 알고리즘 적용시 전류파형
Fig. 6 (a) Current waveform under AC power (b) Current waveform when applying the proposed algorithm

5. 결론

본 논문에서는 초저온 냉동고용 단상 유도전동기를 기동함에 있어 커패시터 기동 운전 방식으로 인해 운전 전류의 수배에 달하는 기동 전류가 발생하며 이를 저감하기 위한 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘은 PR제어기를 이용하여 특정 주파수대역의 일정전류제어를 하여 초기 돌입전류를 저감하였다. 실험을 통하여 제안된 전류저감 알고리즘의 타당성을 검증하였다.

본 연구는 2017년도 LG전자 H&A제어연구소의 지원을 받아 수행한 연구과제임.

참고 문헌

- [1] S, D, Umans : Steady State, Lamped Parameter Model for Capacitor Run, Single Phase Induction Motors, IEEE IAS Annual Meeting Conference, pp. 164 174, 1994
- [2] M. Castilla, J. Miret, J. Matas, L. G. de Vicuna, and J. M. Guerrero, "Control design guidelines for single phase grid connected photovoltaic inverters with damped resonant harmonic compensators," *IEEE Trans. on Ind. Electronics*, Vol. 56, No. 11, pp. 4492 4501, Nov. 2009.
- [3] N. Zhang, H. Tang, and C. Yao, "A systematic method for designing a controller and active damping of the LCL filter for single phase grid connected PV inverters," *Energies*, Vol. 7, No. 6, pp. 3934 3954, Jun. 2014.