

단상 영구자석 동기 전동기의 가변속 운전을 위한 가변 비례공진 전류 제어 기법

이원석, 신임수, 유상민, 황선환
경남대학교

Variable Proportional Resonance Current Control Technique for Variable Speed Operation of Single-Phase Permanent Magnet Synchronous Motor

Won-Seok Lee, Im-Su Shin, Sang-Min Yoo and Seon-Hwan Hwang
Kyungnam University

ABSTRACT

본 논문은 단상 영구자석 동기 전동기의 가변속 운전을 위한 가변 비례공진 전류 제어 기법을 제안한다. 단상 영구자석 동기 전동기의 전류 제어 시 3상 교류 전동기에 널리 적용되는 벡터 제어를 적용할 경우, 필연적으로 좌표변환 및 가상의 q축 성분 생성을 위한 과정이 요구된다. 하지만, 단상 영구자석 동기 전동기의 구조적인 특징을 고려하여 비례공진 제어 기법을 적용하게 되면 3상 교류 시스템에서 필요로 하는 추가적인 좌표변환 과정이 요구되지 않는다. 이에 본 논문에서는 가변속 운전에 따른 공진 주파수 변화를 반영한 가변 비례공진 전류 제어 기법을 제안하고자 한다. 제안한 전류 제어 기법의 효용성을 검증하기 위해 다수의 실험을 진행하였다

1. 서 론

일반적으로 영구자석 동기 전동기는 타 전동기 대비 제어 성능이 우수하여 가전 기기, 산업 기계 장비 등에서 사용이 증가하고 있다. 그 결과 영구자석 동기 전동기를 실제 운용함에 있어 요구되는 제어 성능 향상을 위한 속도 및 전류 제어 방법에 대하여 다양한 연구가 진행되고 있다.^[1]

단상 영구자석 동기 전동기 구동을 위해 3상 교류 전동기에 사용되는 벡터 제어를 사용할 경우 필연적으로 좌표변환이 필요하다. 좌표변환은 정지좌표계를 동기좌표계로 변환하고 가상의 q축 성분을 생성하는 등 복잡한 과정이 필요하다. 하지만 단상 영구자석 동기 전동기는 구조적인 특징을 고려하여 비례공진 전류 제어 기법을 사용할 수 있다. 비례공진 전류 제어 기법은 공진주파수에서 개루프 이득이 무한대이며 위상지연이 없는 특징이 있다. 그래서 교류신호를 정상상태 오차가 없고 복잡한 좌표 변환 없이 정지좌표계상에서 제어가 가능하다는 장점이 있다.^{[2]-[3]}

본 논문에서는 단상 영구자석 동기 전동기의 가변속 운전에 적합한 가변 비례공진 전류 제어 기법을 제안한다. 가변 비례공진 전류 제어 기법의 전반적인 구성과 특징을 기술하고 다수의 실험을 통해 제안한 전류 제어 기법의 효용성을 검증하였다.

2. 본론

2.1 가변 비례공진 전류 제어기의 설계

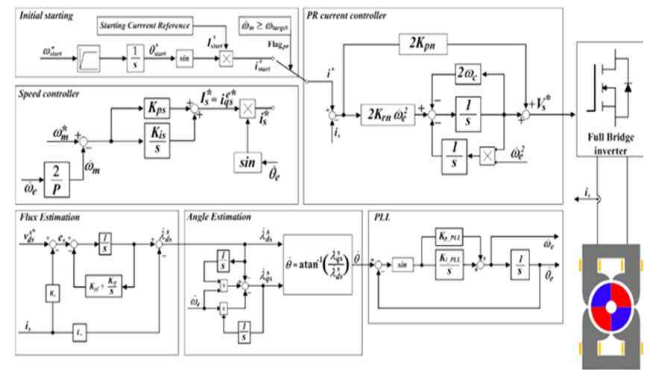


그림 1 가변 비례공진 전류 제어기를 포함한 전체 블록도
Fig. 1 Overall block diagram with variable proportional resonance current controller

그림 1은 가변속 운전을 위한 비례공진 전류 제어 기법의 블록도이다. 오픈루프 기동을 통해 초기기동을 하였고, 이후 제안한 기법을 활용한 센서리스 운전으로 전환하였다. 제안한 가변 비례공진 전류 제어기의 전달함수 $G_{PR}(s)$ 은 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$G_{PR}(s) = K_{pr} + K_r \frac{2\omega_c s}{s^2 + 2\omega_c s + \omega_o^2} \quad (1)$$

여기서, K_{pr} 는 비례제어기 이득, K_r 는 공진 제어기 이득, ω_c 는 대역폭주파수, ω_o 는 공진주파수를 나타낸다.

2.2 실험 결과

단상 영구자석 동기 전동기의 가변속 운전을 위한 가변 비례공진 전류 제어 기법을 검증하기 위해 DSP(Digital Signal Processor) 기반의 제어보드와 풀 브리지 인버터를 그림 2와 같이 구성하였다.

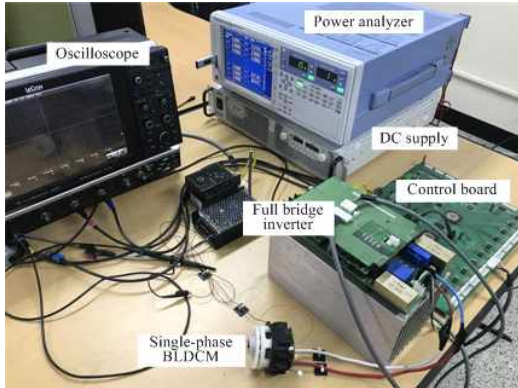


그림 2 실험장치
Fig. 2 Experimental setup

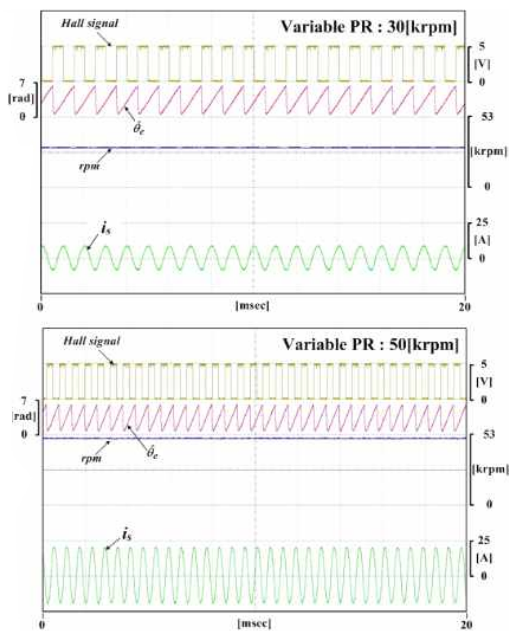


그림 3 센서리스 실험 파형
Fig. 3 Experimental waveform of sensorless operation

그림 3은 식 (1)과 그림 1에 기반한 가변 비례공진 전류 제어를 적용한 실험결과를 보여주고 있다. 30,000[rpm]과 50,000[rpm] 운전시 안정적으로 단상 영구자석 동기 전동기가 구동됨을 확인할 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 단상 영구자석 동기 전동기의 가변속 운전을 위한 가변 비례공진 전류 제어 기법을 제안 하였다. 제안한 전류제어 기법은 3상 교류 전동기의 벡터제어를 위한 좌표변환 및 역좌표변환을 하지 않고도 가변속 운전이 됨을 다수의 실험을 통해 확인하였다. 이를 통해 단상 영구자석 동기 전동기의 가변속 운전에 가변 비례공진 전류 제어를 적용할 수 있음을 검증 하였다.

이 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기본연구사업임 (No. 2020R1F1A1075795).

참 고 문 헌

- [1] J. Y. Park and J. I. Ha, "Sensorless Control of Single-Phase PM Motor drive and Restart Strateg", Proceeding of the KIPE Conferenc, pp. 99-100, 2016.
- [2] Trung-kien and Vn, Se-jin Seong, "PR Controller based Current Control Scheme for Single-Phase Inter-Connected PV Inverter", Journal of the Korean Academic Industrial Society, Vol. 10, No. 12, pp. 3587-3593, 2009.
- [3] R. Teodorescu, F. Blaabjerg, M. Liserre and P. C. Loh, "Proportional-resonant controllers and filter for grid-connected voltage-source converters", IEEE Proceeding Electric Power Applications, Vol. 153, No. 5, pp. 750-762, 2006.