

V/F 제어 고속 유도전동기의 전류 진동 억제 방법

이진우

두원공과대학교 전기공학과

Suppression method for current oscillation of V/F controlled high speed induction motor

Jin-Woo Lee

Doowon Technical University College, Dept. of Electrical Engineering

ABSTRACT

This paper deals with the suppression of subharmonic current oscillation of V/F controlled high speed induction motor drive in turbo blower applications. High speed induction motor has a relatively low stator impedance for high speed operation and therefore the dc link voltage ripple may result in subharmonic current oscillation at the steady state in high speed operation.

This paper shows that the subharmonic oscillation is caused by the dc link voltage ripple and also proposes the suppression method, which generates the compensation voltage through the proportional current controller to reduce the subharmonic current oscillation. The simulation and experimental results show that the proposed suppression method reduces the subharmonic current oscillation to the acceptable low level in turbo blower applications.

1. 서론

V/F 제어 유도전동기 구동 장치는 제어 방식이 비교적 간단하여 팬, 블로워 및 펌프 등에 널리 적용되고 있으며, 제어 성능 향상을 위하여 저속 전압 보상방법, 경부하 시의 진동 억제 방법, 최대 효율 운전을 위한 최적 V/F 비 제어방법, 안정한 기동 방법 등이 연구되었다. 또한 유도전동기의 진동 원인 분석을 위한 안정도 해석이 연구되었다.^[1, 2]

공기 베어링을 사용하는 고속 유도전동기 구동 장치가 하수처리 시스템 등에 적용되는 터보 블로워에 사용되고 있다. 기존의 범용 V/F 제어 인버터를 적용하고 있으나, 기동 및 운전이 원활하지 못하여 기동 특성 개선을 위한 방법이 제안되었다^[2]. 한편 정상상태의 고속 운전 시에 전류가 진동하는 현상이 발생하여 인버터에 대한 추가적인 보완이 요구되고 있다.

본 논문에서는 공기 베어링을 사용하는 고속 유도전동기에서 발생하는 정상상태 고속 운전 시의 전류 진동 현상의 원인을 분석하고, 동기 좌표계 비례 전류제어를 적용한 진동 억제 방법을 제안하며, 시뮬레이션과 실험을 통하여 제안한 방법의 유효성을 보이고자 한다.

2. 전류 진동 억제 방법

고속 유도전동기는 상대적으로 낮은 고역자 임피던스를 갖고 있으며, 범용 V/F 인버터를 이용하여 구동하는 경우에 직류 전압 맥동의 영향을 받을 수 있다. 그림 1은 직류 링크 전압 맥동

의 영향을 보여주는 파형으로서 전동기의 전류에 저조파 진동이 발생하는 것을 알 수 있으며, 직류 전압 맥동이 사라지는 12초 이후에서는 저조파 진동이 나타나지 않음을 관찰 할 수 있다. 그러므로 직류 전압의 맥동을 제거함으로써 저조파 전류 진동을 해결 할 수 있으나, 입력 정류기를 가진 인버터의 직류 링크 필터의 용량 한계로 이 방법을 현실적으로 적용하기는 곤란하다.

본 논문에서는 인버터에 포함되어 있는 전류 센서를 이용하여 이러한 저조파 진동을 억제하는 방법을 제안하여 문제를 해결하고자 한다. 그림 2는 제안한 전류 진동 억제 제어 방법을 나타낸 것으로 측정된 전류를 이용하여 동기 좌표계 비례 전류 제어를 통하여 진동을 억제 하도록 한다. 직류 링크 전압 맥동에 의해 발생하는 전류 진동 성분을 추출하여 이를 감쇠하는 제어를 실시함으로써 저조파 진동을 억제하는 동기 좌표계 비례 전류제어기는 식 (1), (2)와 같다.

$$v_{dse}^* = V_{ref} + K_{pa} \cdot (i_{dse-LPF} - i_{dse}) \quad (1)$$

$$v_{qse}^* = K_{pa} \cdot (i_{qse-LPF} - i_{qse}) \quad (2)$$

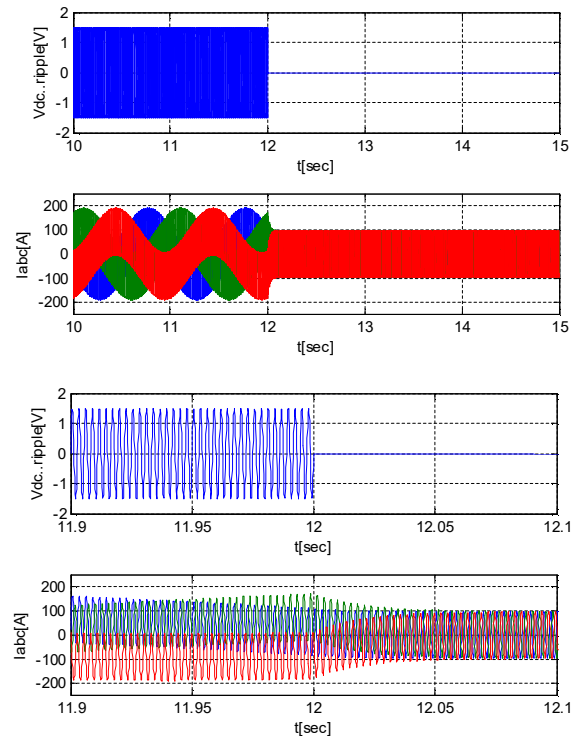


그림 1 361Hz 운전시의 직류 맥동 전압의 영향(직류 맥동 전압의 진폭: 1.5V, 주파수: 360Hz)

그림 3에서 진동 억제 제어가 12초에서 시작되었으며, 직류 링크 전압 맥동에 의한 저조파 전류 진동이 제한한 제어를 통하여 수용할 수 있는 크기 내로 감소됨을 알 수 있다. 비례 제어를 사용하기 때문에 오차가 발생할 수 밖에 없지만 제어기의 이득을 적절히 선정함으로써 오차를 허용할 수 있는 범위 내로 제어하는 것이 가능함을 알 수 있다.

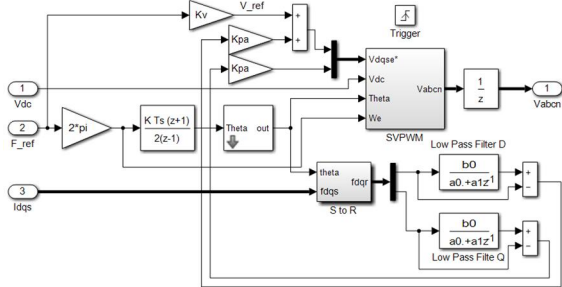


그림 2 V/F 제어 인버터를 위한 전류 진동 억제 제어 블록 선도

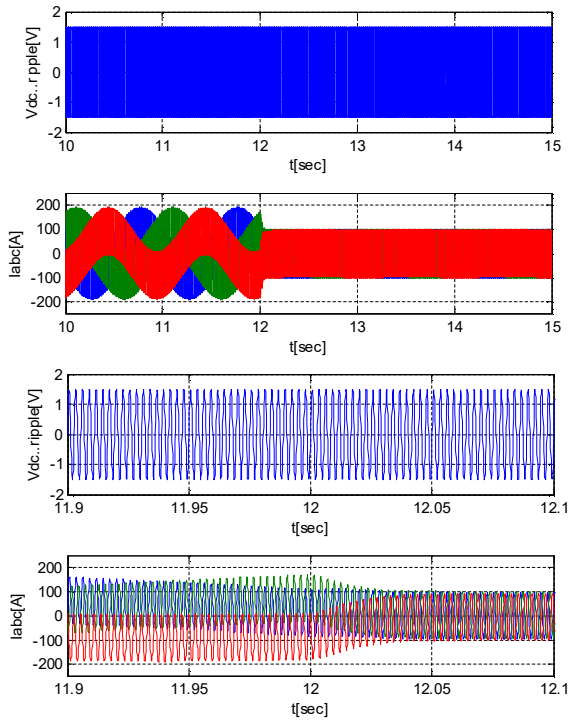


그림 3 361Hz 운전시의 전류 진동 억제 제어 적용 전후의 파형 (직류 맥동 전압의 진폭: 1.5V, 주파수: 360Hz)

3. 실험 결과

제안한 새로운 진동 억제 방법을 검증하기 위하여 실험에 사용한 75HP 터보 블로워용 고속 유도전동기의 사양은 표 1과 같으며, 인버터 스위칭주파수는 8kHz, 전류제어 연산주기는 125 μ s이다. 전류제어기의 비례 이득은 실험을 통하여 결정하였다.

그림 4는 진동 억제 제어 적용 전후를 비교하기 위하여 3가지 운전주파수에 대한 정상상태 상 전류 파형을 각각 나타낸 것이다. 왼쪽 파형은 진동 억제 제어를 적용하지 않은 경우에 전류 진동이 운전주파수에 따라서 각각 다르게 나타남을 보인다. 실험과 같이 전원 주파수가 60Hz인 3상 교류를 정류할 때 발생하는 360Hz 성분의 직류 전압 맥동이 운전주파수와 연관되어 전류 진동이 발생함을 알 수 있다. 이러한 전류 진동은 실질

적으로 인버터 전류 용량의 증대, 즉 인버터 크기를 증가시키는 요인이 된다. 직류 전압 맥동을 줄이면 전류 진동을 줄일 수 있으나, 이는 필연적으로 직류단 필터의 용량 증대를 수반하여 제품의 부피 및 가격 상승을 초래하여 제품 경쟁력을 낮춘다. 본 논문에서는 제안한 비례 전류 제어 방법을 도입하여 이 문제를 해결한다. 오른쪽 파형은 제안한 진동 억제 방법을 적용한 경우로서 각각의 운전 주파수에 대하여 효과적으로 진동이 억제됨을 알 수 있으며, 제안한 방법의 타당성을 보여주고 있다.

표 1 고속 유도전동기의 사양

정격출력	정격전압	극수	최대속도
100HP	370V	2	27,000rpm

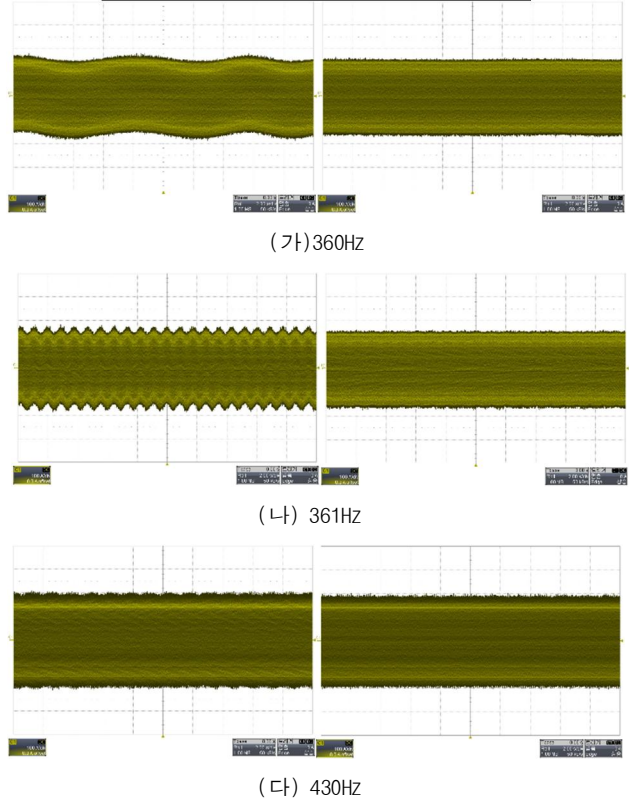


그림 4 진동 억제 제어 적용 전후의 전류파형(100A/div, 2s/div)

4. 결론

본 논문에서는 공기 베어링을 사용하는 고속 유도전동기에서 발생하는 정상상태 고속 운전 시의 전류 진동 현상의 원인을 분석하고, 동기 좌표계 비례 전류제어기를 적용한 진동 억제 방법을 제안하였으며, 시뮬레이션과 실험을 통하여 제안한 방법의 타당성을 검증하였다.

제안한 방법을 적용하면 인버터 직류단 필터의 증대 없이 전류 진동 억제가 가능하기 때문에 V/F 제어 인버터의 안정적인 적용이 가능함을 알 수 있다.

참고 문헌

- [1] 설승기, '전기기기 제어론', 홍릉과학출판사, 2007.
- [2] J.W. Lee, "Novel starting method of high speed induction motor for turbo blowers," KIPE Annual Conference, pp. 253-254, July 2016.