

산업용 인버터의 감속 기법에 관한 연구

김정한, 전종욱, 김정빈
(주)LS산전 자동화 제품 연구소

A Study on the Deceleration Techniques in an Industrial drive

Jung Han Kim, Jong Wook Jeon, Jeong Bin Kim
LSIS R&D Center, LS Industrial Systems Co., Ltd

Abstract

유도 전동기를 제어하기 위한 일반적인 상용인버터는 다이오드 정류부, 평활용 Cap부, 인버터부로 구성된다. 시스템의 설계에 따라 가감속을 선정 할 수 있으며 산업 현장에서는 부하의 관성이 큰 경우에 빠른 감속이 요구되는 경우가 있다. 상용 인버터는 감속 시 소비되는 에너지 외에 회생에 사용되며 회생 에너지에 비례하여 DC 링크 전압이 커지는데 이는 인버터의 소손 원인이 된다. DB유닛으로 이 문제를 해결해 줄 수 있지만 가격적인 부담을 가지고 있다.

부하의 관성이 크고 감속시간이 짧은 경우 DC 링크 과전압 방지를 위해 모터 출력의 정격에 맞는 출력지령을 내보내는 기술에 경제형 상용 인버터 시스템에 맞게 지령을 조정하는 부분을 추가하여 본 논문의 감속기법을 제안하였다. 이 방법은 DB유닛을 사용하지 않았으며, 실험을 통해 검증하였다.

1. 서론

상용 인버터는 전동기를 제어하기 위한 목적을 가지고 있으며 다이오드 정류부, 평활용 Cap부, 인버터부로 구성된다. 시스템의 설계에 따라 가감속을 선정 할 수 있으며 실제 산업 현장의 공조를 위한 팬 및 펌프와 같이 관성이 큰 부하를 갖는 시스템의 경우 전동기가 제동으로 정지 될 때까지 많은 시간이 걸리게 된다. 감속시간을 짧게 한다면 회생되는 에너지에 의해서 인버터 내부 부품에 소손을 일으킬 수 있는 과전압이 발생할 수 있다. 가격 경쟁력 및 원하는 수준의 제어와 성능을 내고자 하는 감속 방법도 시스템 전체의 신뢰성을 확보하는데 있어 매우 중요한 요소라고 할 수 있다.[1-2]

상용 인버터는 짧은 감속 중일수록 유도전동기의 동손과 철손에 의해 소비되는 에너지 외에 회생에 사용되며 회생되는 에너지에 비례하여 DC 링크 전압이 커진다. 과도한 DC 링크 전압 상승은 인버터의 소손의 원인이 된다. 기존에서는 DB유닛으로 회생에너지를 태워 해결해 줄 수 있지만 경제형 상용 인버터는 가격적인 부담을 가지고 있다. 또한 DC link 전압이 흔들려도 모터 출력에 전압은 모터 정격에 맞게 전압 출력을 내보내는 기술이 있어 감속 중 과전압이 발생하는 것을 줄일 수 있지만 부하의 관성이 크며 짧은 감속시간에서는 기대 이상의 효과를 얻기가 힘들다.

따라서 본 논문에서는 부하의 관성이 크고 감속시간이 짧은 경우 DC 링크 과전압 방지를 위해 모터 출력의 정격에 맞는 출력지령을 내보내는 기술에 경제형 상용 인버터 시스템에 맞게 지령을 적절히 조절하는 부분을 추가로 제시한 감속 알고리즘 기법을 제안한다.

2. 감속 기법 알고리즘

2.1 제어 시스템 구성

기본적으로 유도 전동기를 구동하기 위한 시스템은 다음 그림 1과 같이 구성된다.

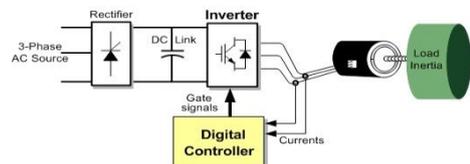


그림 1. 유도 전동기 구동 시스템

3상의 전압이 인가되면 이를 정류하여 DC Link를 통해 인버터에 전원을 공급하고, 제어를 이용하여 전동기에 지령 전압을 인가하게 된다. 본 논문은 감속 시 지령 전압을 적절히 설계하여 비교적 관성이 큰 부하를 대상으로 하였다.

2.2 감속 시 제동 제어 과정

일반적인 경제형 범용 인버터에서 V/f제어시 감속 시에는 지령 주파수를 적절히 낮춰주어 감속을 진행한다. 부하 측 관성이 크며 감속 시간이 짧을수록 전동기의 회생에너지에 의해 DC link단의 과전압이 발생되며 인버터 소자의 소손을 줄 수 있다. 회생에너지를 소비하도록 제어를 하여 과전압 발생을 방지하고 DC link 전압이 흔들려도 모터출력에 전압은 모터 정격에 맞게 전압 출력을 내보내는 과정과 본 논문에서 제시한 감속 알고리즘을 적용해 출력 전압지령에 대한 내용을 아래의 간단한 식으로 나타낼 수 있다.

$$V_{out}^* = \left(V_{avr}^* = V^* \times \frac{wV_{dcrate}}{wV_{dc}} \right) \times (1 + K(V_{dc} - V_{dc}^*)) \quad (1)$$

위 식(1)은 감속 시 전압 지령을 얻는 과정을 나타낸 식이다. V_{avr}^* 는 DC link 전압이 변동이 있을 경우 모터

출력 전압을 모터 정격에 맞도록 전압 출력을 내보내는 과정을 나타낸 것이다. $K(V_{dc} - V_{dc}^*)$ 는 감속 시에 적용되는

식으로 구성이 되어 있다. 이때 중요한 값이 K 변수이며, 이 변수는 입력에서 얻어진 전압 지령과 DC link 전압과 비교를 통해서 얻은 변수 값을 상용 경제형 인버터에 적용하기 위해 실험적으로 검증하여 지정한 변수 값이다.. 본 논문은 위 식에 따라 감속 시 지령 전압을 적절히

설계하여 비교적 관성이 큰 부하를 대상으로 하였다.

2.3 감속 알고리즘

본 알고리즘은 별도의 하드웨어 없이 부하의 관성이 큰 경우와 짧은 감속시간에서 과전압이 걸리지 않게 하기 위해 적용하는 전압지령 보상방법이다. 본 알고리즘에 대한 내용은 아래 그림으로 나타낼 수 있다.

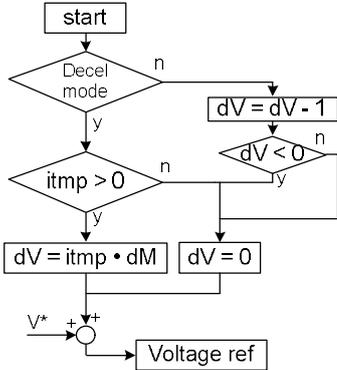


그림 2. 감속 시 보상전압 인가 알고리즘 순서도

감속모드에서 DC link 전압과 감속 시 회생에너지로부터 상승되는 전압을 비교하여 나온 값을 나타낸 변수가 itmp이다. 이 극성을 판단해 그 크기만큼의 보상량을 실험적으로 구한 dM변수량으로 기준보다 부하의 관성이 크고 더 짧은 감속시간에 과전압이 발생하지 않도록 회생 에너지를 전동기에서 소비하도록 전압 지령에 보상전압만큼 더해지게 된다. 또한 적절한 전압지령을 얻기 위해 실제 DC link 전압 값의 노이즈를 제거하기 위해서 필터링 된 값을 사용할 수 있으나 필터링으로 인한 지연으로 응답 전류 일그러짐이 일어날 수 있으니 적절한 필터 이득 선정으로 전류 일그러짐 현상이 없이 제동 제어가 가능하도록 하였다. 실험은 상용 경제형 산업용 인버터와 아래 그림의 MG세트로 실험을 진행했으며 전동기의 파라메타 정보는 아래와 같다.

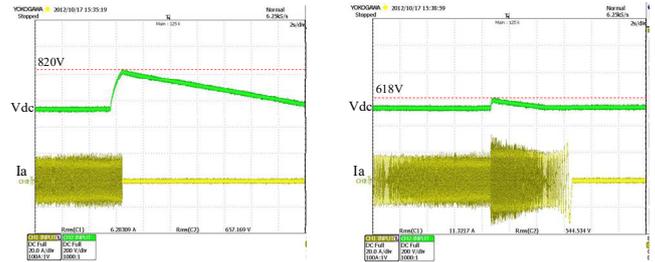


Parameter	Motor	Load
Power[kW]	15	15
Pole	4	4
Vrated[V]	380	380
Irated[A]	28.9	31
효율[%]	91%	91%

그림 3. 실험용 MG-SET 사진 및 전동기 파라메타 정보

본 실험에서는 15kW의 상용 경제형 산업용 인버터와 15kW급 유도전동기 및 부하를 이용하여 실험을 진행하였다. 감속 범위는 1800rpm에서 0rpm으로 하였으며 고정 부하의 관성에 감속시간을 조절하여 본 논문의 알고리즘에 따른 실험 결과를 나타내었다.

3. 실험 결과



(a) 적용 전

(b) 적용 후

그림 3. 감속 시 보상 전압 인가 알고리즘 적용 비교(2s/div)

본 실험에서는 부하의 관성은 동일하게 적용을 하였으며 감속시간은 1800rpm에서 0rpm까지 걸리는 시간을 6s로 설정 후 실험을 진행 하였다. 감속 시 보상 전압 인가 알고리즘을 적용하기 전은 과전압으로 보호동작이 작동하여 프리런 상태이며, 알고리즘 적용 후는 회생 전압 량을 줄여 과전압이 일어나지 않으며 짧은 감속시간으로 잘 제어가 되는 것을 확인할 수 있다. 즉 별도의 하드웨어 없이 부하 측 관성이 큰 상용 경제형 산업용 인버터 시스템에 감속 시, 적절히 회생 에너지를 소비하는 방법이 필요함을 확인하고 성능이 좋아지는 것을 증명되었다. 추가적으로 이 논문에서의 방법을 통해 더 큰 용량대의 산업용 인버터 시스템에 본 논문의 방법을 실험을 통해서 진행해볼 필요가 있다. 상황에 따라 더 큰 관성의 부하에서 짧은 감속시간에서 보상전압 인가 량을 얼마나 들어갔는지를 알아 적절한 보상 값을 가지는 연구도 추가적으로 필요하다.

4. 결론

본 논문은 정속으로 동작하는 인버터 시스템에 부하의 관성과 짧은 감속시간으로 인해 생긴 회생 에너지로부터 DC 링크 전압 상승으로 과전압이 상승되는 부분을 줄이는데 주안점을 두었다. 특히 부하의 관성이 큰 경우 그 상승폭은 감속시간을 짧게 할 경우 회생 에너지량이 증가하여 DC 링크 전압의 상승 폭은 더 커진다. 추가적인 하드웨어 없이 과전압을 방지하고자 회생 에너지량을 감소하기 위해 전류를 부하로 더 흘림으로써 에너지를 소모시키고자 하였다. 본 논문에서는 기존의 상용 경제형 산업용 인버터의 구조를 변경하지 않고 적용된 하드웨어만 사용하여 부하의 관성이 큰 경우와 짧은 감속 시 과전압을 방지해 인버터 소자의 소손을 방지하여 한층 향상된 방법으로 타당성을 입증하였다.

Reference

[1] Swamy M. M., Kume T. J., Fujii S., Yukihira Y., Sawamura M., A Novel Stopping Method for Induction Motors Operating from Variable Frequency Drives, IEEE Transactions on Power Electronics, 19 (2004)
 [2] Hinkkanen, M., Luomi J., Braking Scheme for Vector-Controlled Induction Motor Drives Equipped with Diode Rectifier without Braking Resistor, IEEE Transactions on Industry Applications, 42 (2006)