

인버터를 이용한 유도전동기 감속 성능 개선

박경훈, 한경식*

LS산전 자동화제품연구소

The Performance Improvement of stopping for Induction Motor Using AC Drive

Kyeoung Hun. Park, Kyung Sik. Han

Automation R&D Center, LS Industrial Systems Co, Ltd.

ABSTRACT

Many applications involving induction motors that are controlled using variable frequency drives require the ability to stop quickly. These applications include emergency stops, quick stopping of fans, centrifuges, presses, etc. The technique that is widely accepted in the industry for achieving quick stopping makes use of brake resistors in series with a power semiconductor switch. The switch-resistor combination (brake-unit) is applied across the dc bus. The fastest decelerating time achievable depends on the size of the resistors and the switch employed. In this paper, the authors propose a novel method of achieving quick stopping times without the use of any brake-unit. Experimental test results with and without this method on a large inertia motor-load combination show that the proposed stopping method is able to reduce the stopping time significantly compared to normal decelerated stop without the need for a braking unit.

1. 서론

인버터를 이용한 여러 응용분야에서는 유도전동기를 빨리 감속할 수 있는 제어성능을 요구한다. 이러한 감속 성능은 긴급정지, 공조용 팬, 원심분리기, 프레스와 같은 산업응용 분야에 널리 사용된다. 산업현장에 널리 사용되는 이러한 감속 기능을 사용할 때는 대부분 제동저항, 제동유닛, PWM 컨버터와 같은 추가적인 장치를 이용한다. 이 논문에서는 제동유닛과 같은 별도의 추가적인 장치 없이 감속기능을 개선하는 방법에 대하여 제안했다. 감속성능은 인버터의 정격, 전동기의 파라미터 및 부하 관성비에 따라 결정된다.

제안한 방법은 전동기가 감속하는 동안의 감속 패턴을 수정함으로써, 전동기 회전 주파수와 인버터 지령 주파수의 슬립을 크게 만들면서 전동기의 전류를 제어한다. 제동유닛이 없는 경우의 정상 감속 성능과 제안한 감속 성능을 실험으로 비교함으로써 제안한 방법으로 유도 전동기의 감속 성능이 개선됨을 입증했다.

2. 일반적인 유도전동기 제동방법

인버터로 전동기의 감속 운전을 하면 부하의 기계계가 가지고 있는 기계적 에너지가 전기적 에너지로 변환되어 인버터의 DC Link 전압이 상승하게되고, 과전압 보호동작으로 트립이 발생므로 유도전동기는 정상 감속 운전을 못하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 다이내믹제동과 DC 제동방법이 많이 사용된다.

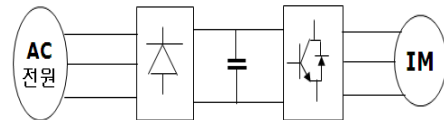


그림 1. 일반적인 인버터 기능 블록도

Fig. 1 The Function Block Diagram of Normal AC Drive

2.1 다이내믹 제동(Dynamic Braking)

다이내믹 제동은 전동기 정격의 150%까지 제동 토크를 낼 수 있는 매우 효과적인 감속 방법이다. 하지만 다이내믹 제동을 위해서는 제동시간과 부하관성에 적합한 제동저항과 제동유닛과 같은 추가적인 장비가 필요하며, 제어를 위한 제동저항과 제동유닛이 내장된 인버터를 사용한다고 하여도 비용면에서 20~30%를 증가시키는 단점을 가지고 있다

2.2 DC 제동(DC injection Braking)

DC제동은 전동기의 고정자 권선에 직류 전류를 인가하여 발생하는 자기장으로 전동기를 감속하는 방법이다. 대부분의 인버터가 이러한 DC 제동기능을 가지고 있어 별도의 비용은 들지 않는다. DC 제동은 저속에서 천천히 움직이는 것을 방지하려 할 때 가장효과적인 방법이다. DC 제동으로 가능한 제동토크는 일반적으로 전동기 정격의 67%로 제한 적이다. 또한 DC제동은 인버터에 전류 스트레스와 출력 파워 모듈에 열이 발생한다.

3. 제안한 유도 전동기 제동 방법

제안한 방법은 전동기가 감속하는 동안의 감속 패턴을 수정하여, 전동기 회전 주파수와 인버터 지령 주파수의 슬립을 크게 만들면서 전동기가 과열되지 않도록 전류를 제어하는 방법이다. 이방법의 장점은 DC 제동과 같이 제동저항과 제동유닛과 같은 별도의 장치 비용이 없으면서 DC 제동보다 높은 제동토크를 만들 수 있는 장점이 있다. 회생 에너지에 의해서 충전된 DC Link 전압을 이용하여 전동기의 자속을 증가시키고, 이때 발생하는 전류를 제어하여 제동 토크를 발생시킨다. 슬립을 크게하여 제동하는 동안에 제한해야 하는 전동기의 열 에너지는 부하관성(J)과 각속도(ω)에 의한 식으로 계산할 수 있다.

$$E = E = \frac{1}{2} J \omega^2 \quad (1)$$

표 1. 제동 방식별 성능 지표

Table. 1 The Performances Index for different braking method.

	DC 제동	다이내믹 제동	제안한 방법
제동 토크	66%	100 150%	100%
모터 과열	높음	없음	제어가능
높은 관성부하	필요없음	필요없음	필요함
제어시 필요장비	인버터	인버터, 제동저항, 제동유닛	인버터
추가비용	없음	인버터의 20/30%	없음

4. 실험 결과

이 논문에서 제안한 방법으로 7.5kW급 인버터와 공조팬 유도전동기를 사용하여 실험을 수행했다.

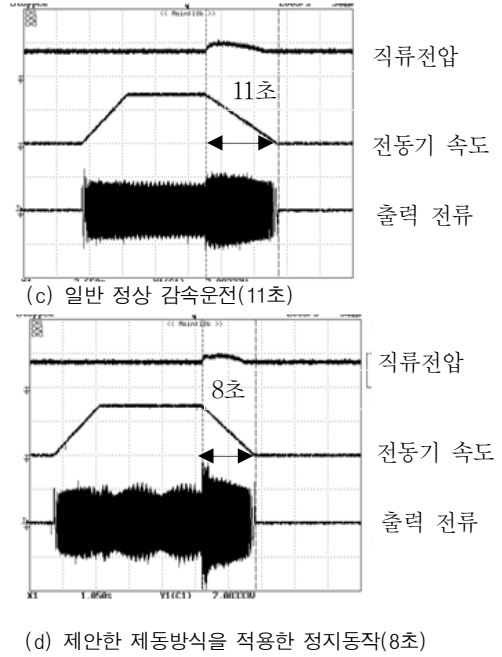
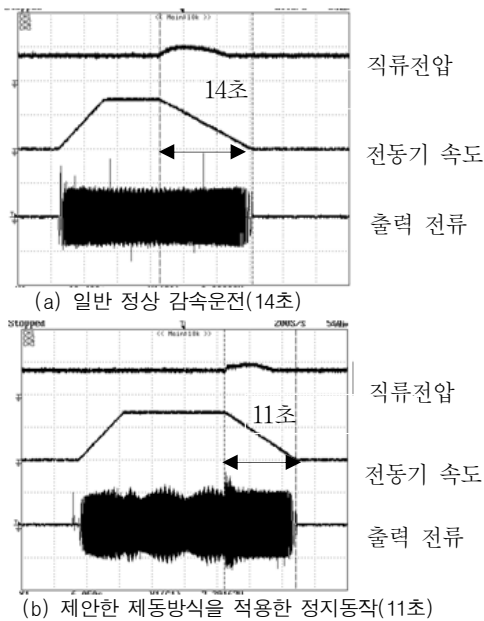


그림 2. 7.5kW 유도 전동기 출력 속도와 전류

Fig. 2 Output Speed and Current for 7.5kW Induction Motor

그림 2의 (a)는 인버터로 유도전동기를 1800rpm으로 운전하여 14초로 감속시간을 설정하여 운전한 속도와 전류 파형이며, (b)는 제안한 제동방식을 적용하여 11초로 감속시간을 설정하여 운전한 속도와 전류 파형이다. (c)는 인버터 감속시 트립이 나지 않는 최소 감속 시간 11초를 설정하여 운전한 속도와 전류 파형이며, (d)는 제안한 제동방식을 적용하여 감속시 트립이 나지 않는 최소 감속시간 8초로 설정하여 운전한 속도와 전류 파형이다.

3. 결론

이 논문에서 제안한 방법으로 유도 전동기 감속 성능이 우수함을 실험으로 증명했다. 이방법은 구현이 쉽고, 제동저항과 제동유닛이 필요 없는 장점이 있어, 큰 공조 팬이나 프레스, 블로워, 교반기와 같이 관성이 크고 급제동이 빈번하지 않은 산업현장에 제안한 제동 방법을 적용한다면 유용할 것으로 기대한다.

참고 문헌

- [1] R. D. Lorenz, T. Lipo and D. W. Novotny, "Motion Control with Induction Motors", in B. K. Boss Power Electronics and Variable Speed Drives. IEEE Press Book, 1997.
- [2] S. Stadtfeld, "Braking Methods for Inverter Fed Induction Motors" Antriebstechnik, Vol 32 1993, No. 7, PP. 2 31
- [3] J. Holtz, The Representation of AC Machine Dynamics by Complex Signal Flow Graphs, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 42, No. 3, 1995, 263 271