

# 유도전동기 제어용 인버터 N700E 시리즈 개발

정세종\*, 한기준\*

\*현대중공업(주)

## Development of N700E Inverter for Induction Motor drive

S.J. Jeong\*, K.J. Han\*

\*Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.

### ABSTRACT

산업용 인버터 시장은 부하의 운전 조건에 따라 고성능, 다기능, 단순 기능 분야로 구분된다. 당사는 고성능, 다기능 분야에 대응이 가능한 N700V 모델을 개발하여 영업 활동을 하고 있으나, 단순기능 분야에는 기능의 복잡성과 높은 가격 등으로 경쟁력이 저하되었다. 이에 당사는 단순기능 분야에 대응이 가능하도록 기능은 단순하고 가격경쟁력이 있는 맞춤형 인버터를 새로이 개발하게 되었다.

본 논문에서는 당사가 산업용 인버터 제품의 이원화를 위해 새로이 개발된 단순 기능형 인버터 N700E(5..5kW ~ 350kW) 시리즈에 대한 주요기능 및 성능에 대해 소개하고자 한다.

### 1. 서 론

개발된 인버터의 주요 기능으로 운전 중 인버터의 과온 트립을 방지하기 위한 자동 캐리어 저감 기능, 인버터의 과부하로 인한 과열 소손방지 기능 그리고 극저속 운전시 전류현팅 방지 기능 등이 추가 개발되었으며 제어성능 측면에서는 전류 및 직류단 전압 억제 성능 강화 및 센서리스 운전시 1%이내의 속도 제어정도, 150%이상의 기동토크 성능을 확보하였다. 개발된 인버터는 강화된 성능과 함께 다양한 응용 기능을 보유하여 넓은 응용 현장에 적용이 가능하도록 하였다.

주요 개발 내용은 크게 기능적인 측면과 성능적인 측면으로 나눌 수 있다.

첫째로 기능적인 측면에서는 운전 중 부하량에 따른 자동 캐리어 주파수 저감 기능으로 인버터 과부하시 과온 트립을 방지하여 연속적인 운전이 가능토록 하였고, 전자써멀 알고리즘을 사용하여 과부하로 인한 전력소자의 소손방지 기능을 추가함으로써 인버터의 신뢰성을 높였다. 또한, 기존 운전 중 캐리어 주파수를 변경하는 기능에서 캐리어 변동 기율기를 갖도록 하여 과도상태가 나타나지 않으면서 캐리어 주파수가 변경되도록 개선하였다. 그리고 팬과 같이 관성이 큰 부하에 적용되는 순시정전 후 재기동하는 기능을 개선하고 자연적인 현상으로 회전상태에 있는 전동기를 속도써치 후 기동하는 기능이 추가되어 에너지 절감운전을 할 수 있도록 하였다.

그림 1은 개발된 인버터의 제어기능 코드를 보여주고 있다. 인버터의 전체 기능코드 부문은 6개 그룹으로 최적화하여 구성하였다. D 그룹은 모니터용으로 출력주파수, 운전방향, 출력전류, 출력전압 등의 기본 인버터 상태와 고장 내용을 누적해서 4개까지 볼 수 있다. F 그룹은 인버터 운전을 위한 기본 코드를 설정하는 그룹으로 지령주파수, 가속/감속 시간, 운전방향을 설정할 수 있다.



그림 1 인버터 제품군

Fig. 1 Inverter product line-up

### 2. 본 론

D Group :인버터 상태 및 고장 모니터 그룹

F Group :인버터 운전을 위한 기본 코드 설정 그룹

A Group :확장 운전 기능 그룹

B Group :운전 제한, 부하보호, 통신 설정 그룹

C Group : 단자대 운전설정 기능

H Group : 전동기 파라미터 설정 그룹

M Group(R&D) :개발자 코드 그룹

그림 2 기능 코드 그룹

Fig. 2 Function Code Group

A 그룹은 기능 코드의 수가 가장 많은 그룹으로 F 그룹의 확장 그룹이라고 볼 수 있으며 가속감속 패턴, 단단속 주파수, 단단속 가속/감속 시간, 자유 V/F 전압 및 주파수 설정, 점프 주파수, 직류제동 등의 코드가 있다. B 그룹은 운전 조건을 설정하는 그룹으로 초기화 방법, 전자써멀과 과부하 제한등 보호 기능과 함께 통신설정 등의 기능을 포함한다. C 그룹은 단자대 입력·출력관련 기능, H 그룹은 센서리스 벡터제어를 위한 모터의 각종 Parameter 설정 기능을 담당한다.

그리고 주요 개발 내용 중 성능적인 측면에서는 오토튜닝 방법 개선, 급감속시 직류단 전압 억제 성능 강화, 150%이상의 기동토크 성능확보, 극저속 운전영역 전류파형 개선등이 있다. 기존 오토튜닝 방법은 비회전 단상인가 방법과 전동기를 회전시키는 방법을 결합하여 전동기의 모든 파라미터를 구하였는데 개선된 방법은 오토튜닝시 전동기가 회전할 수 없는 부하현장을 고려하여 전동기 슬립값과 무부하 전류를 입력 후 비회전 단상인가 방법만을 사용하여 나머지 파라미터를 구하는 방법으로 변경하였다.

전동기를 감속시에는 부하의 관성에너지가 커패시터로 입력되어 직류단 전압이 상승하게 되는데 감속시간이 작은 경우에는 과전압 트립이 유발된다. 이러한 과전압 트립을 방지하기 위해 인버터는 직류단 전압을 감시하며 전압 상승시 감속시간을 자동적으로 변경하여 주파수를 감소시키는 기능을 개선하여 감속시 직류단 전압과 출력전류의 리플을 현저히 줄임으로써 부하에 토크왜란을 주지 않고 감속할 수 있도록 하였다.

또한 센서리스 벡터제어에서 캐리어 주파수에 따른 무부하 전류제어기의 이득값, 슬립추정기의 필터계수, 속도제어기의 전압보상기 등을 보완함으로써 정격부하 조건에서 속도제어 정도와 150%이상의 기동토크 성능이 확보되었다.

마지막으로 극저속 운전시 자동적으로 캐리어 주파수를 변경함으로써 저속에서 전압합성 오차에 의한 전류 왜곡현상 및 정방향·역방향 절환 운전시 돌입전류를 현저히 감소시켰다.

그림 3, 그림 4 그리고 그림 5는 개발된 인버터의 시험파형이다. 그림 3은 55kW-380V모델의 과부하 조건에서 전동기 보호를 위한 전자써멀 동작 시험파형으로 150%부하에서 1분 후 트립이 발생하는 것을 알 수 있다. 그림 4는 45kW-380V모델의 인버터에서 센서리스 벡터제어모드의 감속시간을 10초로 설정 후 무부하에서 감속한 경우 DC링크 전압과 출력 상전류의 파형이다. 그림에서 감속시 회생에너지에 의한 DC링크 전압을 일정수준으로 억제하며 주파수를 감소시키고 있음을 보여준다. 그림 5은 55kW-380V모델의 150% 부하 기동시 축토크와 속도를 보인 파형으로 설정된 가속시간에 따라 가속이 원활하게 이루어지고 있음을 알 수 있다.

### 3. 결 론

인버터 시장에서 경쟁력 있는 제품이 되기 위해서는 외형 크기와 가격조건은 물론 제어 특성이 우수하고, 다양한 응용이 가능해야 하며, 조작성이 편리해야 한다. 본 논문에서 소개한 N700E 인버터의 주요 개발 내용들은 시험을 통하여 그 성능을 확인하였고, 개발된 인버터는 시장에서 요구하는 대부분의 조건을 만족시킨다.

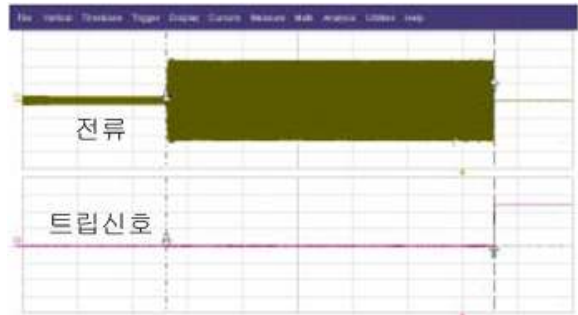


그림 3 과부하 전자써멀 보호동작 시험  
Fig. 3 Overload thermal protection test

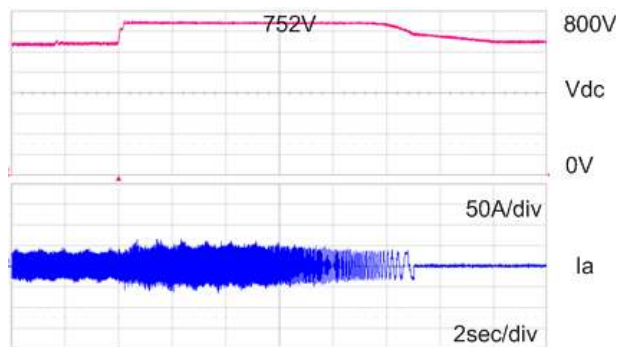


그림 4 감속 정지 시험(설정 감속시간: 10sec)  
Fig. 4 Decel stop test

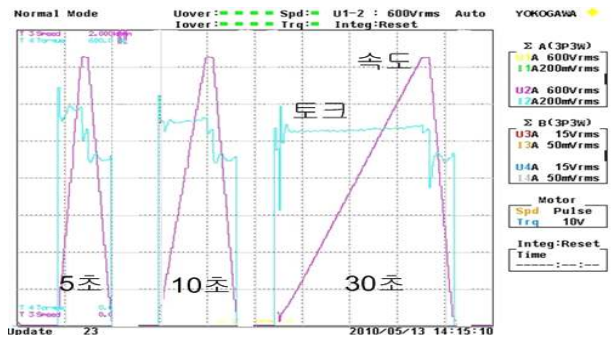


그림 5 150% 부하 기동시험  
Fig. 5 Start Test with 150% load

### 참 고 문 헌

- [1] 설승기, "전기기기 제어론", 브레인 코리아, 2002.
- [2] Alfredo R. Munoz, A.Lipo, "On-line Dead-Time Compensation Technique for Open-Loop PWM-VSI Drives", IEEE TRANS. on PE, 1999.
- [3] 최중우, 설승기, "A new compensation strategy reducing voltage\_current distortion in PWM VSI systems operating with low output voltages", IEEE TRANS. on IA 1995.
- [4] A. Gastli, "Identification of induction motor equivalent circuit parameters using the single phase test", IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 14, No. 1, 1999