

# H-브리지 멀티레벨 인버터의 순간정전 대응 알고리즘

원재혁, 이현원  
현대중공업 (주)

## Instant Power Failure Response Algorithm of H-bridge Multilevel Inverter

Je-Hyuk Won, Hyun-Won Lee  
Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.

### ABSTRACT

본 논문에서는 H-브리지 멀티레벨 인버터의 순간정전 발생 대응 알고리즘을 제안한다. 순간정전 발생 시 인버터를 정지시키면 연속적인 운전을 요구하는 부하의 경우 재정적인 손해로 이어지므로 이에 대응 하는 알고리즘이 필요하다. 순간정전 시 감소하는 각 셀의 직류전압을 회생에너지를 통하여 확보한다. 또한 순간정전 대응시간을 초과하는 경우에는 재기동 기능으로 절체함으로써 제품에 보다 효과적으로 적용하고자 한다. 본 논문에서 제안한 제어 알고리즘을 실험을 통해 검증하였으며, 제품의 상용화를 고려하여 재기동 기능과 연계하여 실험하였다.

### 1. 서론

순간정전에 대응하기 위해 무정전공급장치 혹은 순간정전 보상장치를 설치하면 별도의 비용이 들기 때문에 설치된 고압인버터가 순간정전 대응 기능을 보유하고 있다면 그 비용을 절감 할 수 있다. 또한 연속 공정이 요구되는 현장에서는 인버터의 정지가 중대한 피해로 이어지므로, Ride-Through는 필수적인 기능이다. H-브리지 멀티레벨 인버터는 입력 순간정전이 발생하면 각 파워 셀 직류부 저전압 보호 동작으로 인하여 출력이 정지하게 된다. 따라서 순간정전에 대응하기 위해서는 정전 시 각 셀의 직류전압을 유지하는 메커니즘이 필요하다.<sup>[1]</sup>

첫 번째 수단으로는 셀 직류부의 커패시터 용량을 증가하는 방법이 있다. 하지만 셀의 단가 상승과 부피증가를 고려했을 때 한계가 있으므로 부적합하다.

따라서 본 논문에서 제안하는 수단은 다음과 같다. 전동기의 운동에너지(kinetic energy)를 이용한 전동기를 발전기모드로 운전하는 방법이다.<sup>[2]</sup> 발전기모드에서 발생하는 회생에너지를 통하여 순간정전 시 강하하는 각 셀의 직류전압을 확보하는 방법이다. 하지만 순간정전 발생시 기준 없이 임의의 감속기율로 감속하면 원하는 회생량을 제어하기 힘들다. 따라서 각 셀의 일정직류전압제어를 통하여 순간정전이 발생하는 동안 주파수 지령값을 생성하기로 한다.

순간정전 대응 기능 동작 순서도는 그림1 와 같다. 그림1에서와 같이 인버터가 정상하던 중에 순간정전이 발생하게 되면 이를 감지하게 된다. 인버터 운전상태를 유지시키기 위해 일정직류전압제어가 수행되므로서

순간정전에 대응하게 된다. 그 후 300ms 이내에 전력이

재공급되면 순간정전 이전의 전동기 운전 상태로 회복하게 된다. 하지만 순간정전 대응 시간을 초과하게 되면 게이팅 신호를 끊고 free-wheeling 하게 된다. 순간정전 허용시간 이내에 복전하면 재기동 모드를 통해 재가속하게 되며, 이 시간을 초과하게 되면 인버터를 고장 정지 시킨다. 기존에는 순간정전 대응 시간을 초과하면 정지할 때까지 기다려야 했지만, 재기동 기능을 연계함으로써 이전 상태로 복구하는데 까지 걸리는 시간을 절감할 수 있게 되었다.

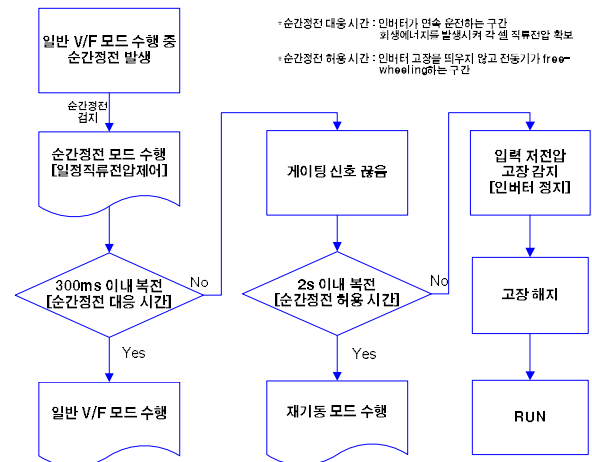


그림1 순간정전 대응 기능 동작 순서도

### 2. 순간정전 대응 알고리즘

그림 2에서 상부는 H-브리지 멀티레벨인버터 구조를 나타내고 있다. 각 상당 6개 파워셀 기준의 모식도 이며, 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 상당 3개 혹은 4개에서도 동일하게 적용 가능하다. 하부는 V/F 운전 방식에서의 순간정전 대응 기능에 대한 제어 블록도를 나타내고 있다.

그림 2의 하부에서 나타나는 바와 같이 전체 제어는 실효치 계산 알고리즘, 순간정전 감지, 일정직류전압제어의 세부분으로 나누어진다. 인버터가 운전하는 동안 1msec 인터럽트에서 실효치를 계산한다. 순간정전 감지 레벨 미만으로 인버터의 입력 선간 전압 실효치가 강하하게 되면, 순간정전을 감지하게 되면서 일정직류전압제어를 실행하게 된다. 일정직류전압제어의 출력값을 통해 주파수 지령값이 생성되며, 이 주파수 지령값은 V/F의 비율에 따라 고정자 전압의 크기를 형성시켜 주게 된다. V/F 비율 일정제어는 공극자속을 일정하게 유지하면서 전동기의 최대 토크 출력을 얻을 수 있기 때문에 적용하려는 제품의 기본 전동기 속도 제어방식으로 사용하고 있다.

일정직류전압제어의 입력측을 살펴보면 다음과 같다. 직류 전압지령치는 시스템이 결정되면 항상 동일한 전압값을 유지해야하므로 고정되어 있는 값이다. 피드백 받는 직류전압센싱값은 각 셀의 평균값으로 정한다. 관성에 따라 셀 간 회생력이 불평등하게 들어오는 경우가 발생한다. 그에 대비하기 위해 N개의 셀의 평균값으로 피드백을 받게 되면, 그 불평등한 회생이 다소 해소된다. 비례 제어기의 출력은 주파수 회생 지령값인데, 다시 말하면 주파수의 회생의 대한 량을 정해주는 것이다. 따라서 이 출력값을 순간정전 발생 당시의 주파수에서 빼주게 되면 그 값이 곧 V/F 일정 제어에 사용되는 주파수 지령값이 되는 것이다. 하지만 이러한 경우에는 P제어기의 출력인 회생주파수 지령값이 양(+)의 방향과 음(-)의 방향으로 반복되면서 발전기모드와 전동기모드를 반복해서 운전하게 된다. 이러한 동작은 각 셀의 직류전압과 인버터 출력전류 파형의 과도한 오실레이션의 원인으로 이어지게 된다.

따라서 그림2에서와 같이 최종 알고리즘에서는 이전값과 비교하여 큰 값을 선택하는 블록(음영으로 표시된 부분)을 추가하였다. 그 결과 P제어기의 출력이 계속해서 양의 방향으로만 나오기 때문에 발전기모드로만 동작하면서 직류전압 지령치를 추정할 수 있도록 회생에너지량이 조절된다.

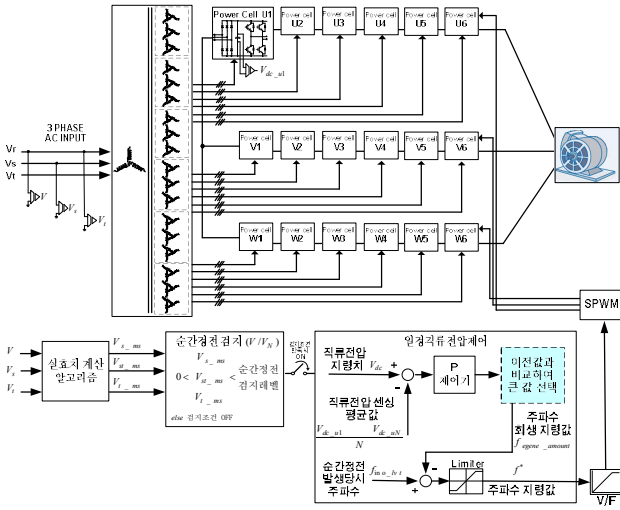


그림2 순간정전 대응 기능 전체 제어 블록도

### 3. 실험 결과

#### 3.1 실험장치의 구성

4160V/750kVA 9-레벨 H-브리지 멀티레벨 인버터와 3300V/450kW의 유도전동기를 이용하여 본 논문에서 제안한 알고리즘을 검증하였다. 순간정전감지레벨: 20%, 순간정전 대응시간: 0.7초, 순간정전허용시간: 2초, 운전주파수: 60Hz의 조건에서 수행하였다.

#### 3.2 실험 결과 및 파형

그림3은 순간정전 발생 시 본 논문에서 제안한 알고리즘을 적용하여 운전한 실험 파형이다. 0.653초 동안 순간정전이 발생하였으며, 순간정전 대응시간 이내에 들어오므로 인버터가 Ride-Through 동작을 올바르게 수행하게 된다. 그림4는 순간정전을 2초 이내로 발생시킨 파형이다. 순간정전모드로 Ride-Through 하다가 대응시간 0.7초를 지나면서 재기동모드로 절체된다. 전동기가 free-wheeling하다가 복전을 감지하면 재기동 기능을 통해 인버터가 재시작하게 된다.

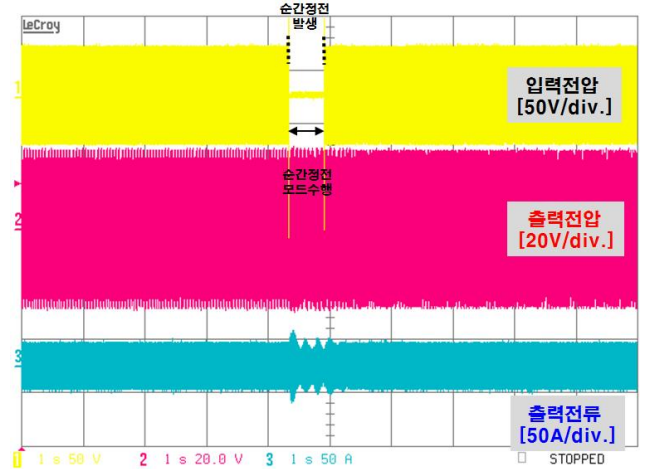


그림3 순간정전 대응 알고리즘 실험결과

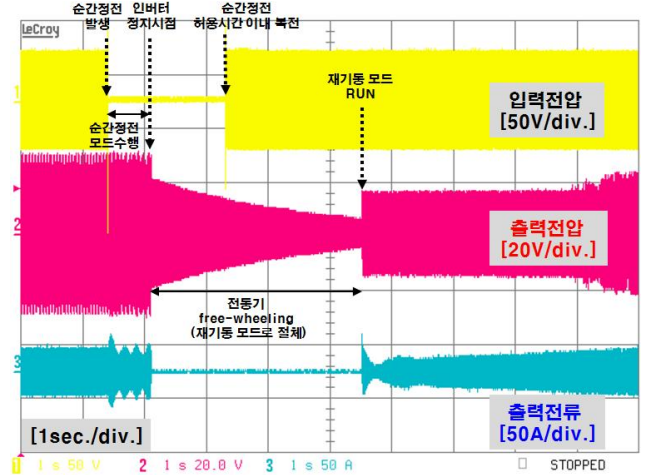


그림4 순간정전기능과 재기동 기능 연계 실험

## 4. 결론

H-브리지 멀티레벨 인버터와 대용량 유도전동기를 이용한 실험을 통해 제안된 알고리즘의 타당성과 실용성을 검증했다. 순간정전 대응 알고리즘은 연속 운전을 요구하는 부하운전에서 매우 유용하게 적용 될 것이며, 에너지와 비용 절감의 이점도 있다. 또한 순간정전대응 기능과 재기동 기능을 연계하여 산업 현장에서 보다 유연한 대처가 가능하도록 시퀀스를 설계하였다.

## 참고 문헌

- [1] 신호준, 설승기 "계통 연계형 풍력 발전 시스템의 LVRT 제어 전략", 전력전자학회 논문지 제16권 제2호, 2011.4, 182-190 (9 pages)
- [2] Joachim Holtz and Wolfgang Lotzkat, "Controlled AC Drives with Ride-Through Capability at Power interruption", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 30, No. 5, pp. 1275-1283, Sept./Oct. 1994.