

순시정전 보상 알고리즘을 이용한 고압인버터 현장 적용

나승호, 전재현, 최중묵, 안성국, 김종백*
LS산전 자동화 제품 연구소, 남해화학*

MV Multi-level Inverter Application using Instantaneous Power Failure Compensation

Seong Ho Na, Jae Hyun Jeon, Jung Muk Choi, Sung Guk Ahn, Jong Beck Kim
LSIS R&D Center, NamHea Chemical*

ABSTRACT

일반적으로 인버터는 입력 전원에 정전이 발생하였을 때 수 ms 안에 PWM 출력을 차단한다. 부하의 관성이 큰 경우 전원이 복구되었을 때 부하를 가속하는데 긴시간이 필요하게 된다. 이러한 동작은 산업 현장에서 큰 손실로 이어질 수 있고, 따라서 출력을 차단하지 않고 연속운전 할 수 있는 Ride Through 모드를 자사 고압 인버터에 적용하였으며 실제 공정상의 실험으로 이를 검증 하였다.

1. 서론

전원 사정이 좋지 않거나 여름철 뇌서지 등에 의해서 순시 정전, 전압 sag 등이 발생하여 산업현장에 큰 피해를 주고 있다. 예로 2005년에 순간전압 강하로 S사는 큰 피해를 보았고 손실은 반도체 제조업에서 사고 당 3억 이상, 화학 산업의 경우 5억원 이상의 물적 피해가 발생하였다. IEEE std 1159 1995에 따르면 전압 sag는 1초 이내 0.1~0.9pu 로 감소하는 것을 말하며 최근 국내 산업 현장에서 발생한 순시 정전은 평균 250ms 이라고 한다.

현재 에너지 절감에 대한 요구가 커짐과 동시에 고압 인버터의 수요가 늘어나고 있는 추세이다. 이러한 고압 인버터는 산업 현장에서 대개 중요 설비에 설치되므로 신뢰성이 중요하다. 앞에서 설명한 순시정전 시 인버터가 정지 하지 않고 연속 운전할 수 있도록 제안된 알고리즘을 LSMV에 적용하여 제품의 신뢰성을 높였다.



그림 1. LSMV 구성

2. 순시 정전시 인버터의 대처방법

모든 AC Drive application에서 순시 정전 발생시 상태를 유지할 필요는 없다. 일부 공정에서는 순시 정전 발생시 인버터를 정지하고 유저가 현장을 점검 후 다시 재기동 하는 설비도 있지만 공정상에서 그 상태를 그대로 유지해야 하는 경우 상황에 맞게 공정에서 장애가 발생하지 않도록 동작해야한다. 순시정전 발생시 LSMV 인버터는 모드 설정에 따라 즉시 Low Voltage 트립을 발생 후 인버터를 정지 하거나 Flying Start로 동작하여 인버터를 재기동하는 방법과 순시정전 발생시 연속운전을 가능하게 하는 Ride Through 방법이 있다.

2.1 LSMV 정전 후 동작 모드

용량이 큰 MV 시스템에서 정전을 보상하기 위해 DC 링크의 캐패시터를 키우는 것은 금액 적으로나 부피로 봤을 때 한계가 있다. 또한 외부적인 정전 보상 장치를 설치하는 것은 금액 적으로 만만치 않다. 인버터 자체적으로 순시 정전을 극복하기 위해 LSMV 는 Flying Start와 Ride Through 모드를 제공하고 있다.

Flying Start 모드로 설정하였을 경우 순시 정전 발생시 인버터는 출력을 차단한 후 Motor 쪽의 역기전력이 없어지면 인버터의 출력은 관성으로 돌고 있는 Motor의 속도를 찾아서 운전하므로 안정성은 높지만 출력 차단 후 재기동하는 일련의 과정이 비교적 시간이 걸리는 단점이 있다. Ride Through 모드로 설정 하였을 경우 순시 정전 발생 시 수 ms 동안 인버터 출력은 운전과 회생을 반복하여 인버터를 정지하지 않고 순시 정전 구간을 지나가게 된다. 앞서 설명한 공정상 그 상태를 그대로 유지해야하는 연속 공정의 경우 위 방법을 사용해야만 공정상의 차질이 없게 된다. 하지만 센싱 하여야 할 인버터 셀이 18개 이고 순시 정전은 수 ms 이내에 발생하므로 제어가 상당히 빨라야 한다. 또한 Motor와 Load의 조건을 세밀하게 설정해 주어야 하는 단점이 있다. 그러함에도 불구하고 연속 공정 정지로 인한 큰 피해를 막기 위해서는 후자의 방법을 선택해야 한다.

2.2 LSMV Ride-Through 모드

자사의 소용량 Motor Drive의 경우 제어할 DC link 가 1 포인트이지만 Cascade H Bridge 타입의 MV 시스템은 각

셀의 DC link 가 18 포인트가 된다. 이론상 DC link 의 전압을 센싱하여 출력 주파수를 제어하면 부하 특성에 대한 별다른 조정 없이도 Ride Through 가 동작하여야 한다. 하지만 MV의 경우 수 Mega Watt 단위의 부하가 급격히 감속할 때 1ms 안에 특정 셀로 전압이 불평등하게 회생되는 경우가 있다. 이때 셀에서는 그로 인한 DC link 과전압 트립이 발생한다. 그래서 LSMV 의 경우 과전압 트립 영역 아래로 특정 전압을 설정하여 제어 여유를 갖고 Master 제어기에서 다음의 제어를 수행하게 된다.

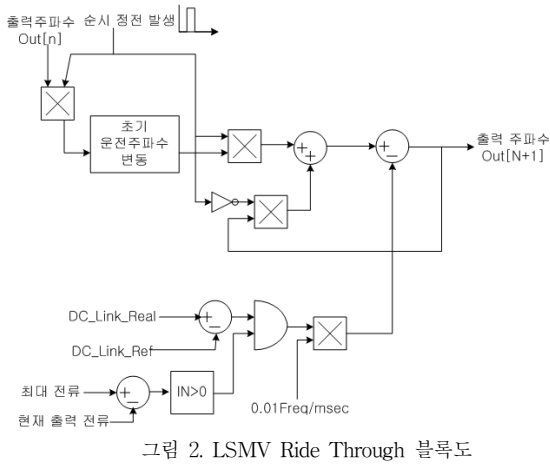


그림 2.는 순시 정전 시간동안 동작하는 LSMV Master 제어 블록도이다. 위의 제어를 수행하기 위해서는 부하 특성을 정확하게 파악하여야 한다. 인버터 출력 차단시 모터의 감속 속도를 알아야 하는데 이는 항상 같을 수 없으며 이에 따른 고려되는 변수는 두 가지가 있다. 첫째 운전 속도에 따른 감속 속도와 둘째로 부하량에 따른 감속 속도를 설정해야한다. 설정된 변수에 따라 인버터는 순시정전 발생시 그림 2.에 따라 동작하여 인버터 출력 주파수를 결정한다.

3. LSMV Ride-Through 적용 사례

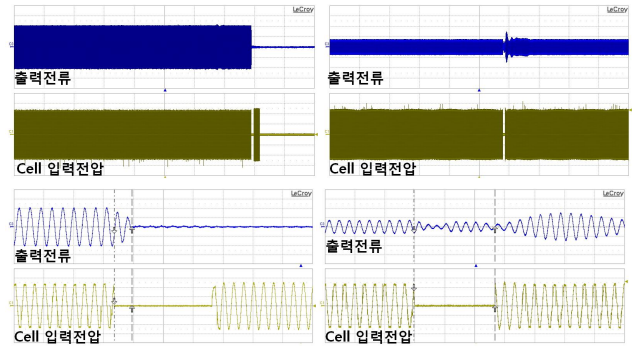
LSMV 고압인버터는 국내, 해외 여러 산업 현장에 설치되어 운전되고 있으며, 산업 현장에서 만족할 만한 결과물(에너지 절감량)을 얻어 내고 있다. 국내에서는 소각장, 시험 설비, 제련소에 적용되어 사용되고 있으며 해외에서는 철강 제련소, 시멘트 회사, 발전소등에 적용되어 운전되고 있다. 본 보고서에서는 국내 N사에 적용 된 용량 3MVA, 4MVA LSMV 고압인버터의 순시 정전 시험 결과를 기재 하였다.



그림 3. 모터 부하 와 4MVA LSMV 시스템

그림 3.은 N사의 3.5MVA에 연결된 모터 부하와 4MVA 용량의 LSMV 시스템이다. 모터에는 2.3:1 비율의 기어박스가 연

결 되어 있어서 다른 시스템과 비교 할 때 감속이 더욱 빠르며 인버터 출력 주파수 50Hz이상으로 운전할 때는 그보다 감속이 더 빠르게 일어나는 것으로 확인되었다. 이러한 부하 특성을 고려하지 않으면 순시 정전시 수ms 이내에 인버터는 정지하게 된다.



(a) 정전시 인버터 정지 (b) Ride Through 적용
그림 4. 4MVA LSMV 실부하 시험 결과

그림 4.는 N사의 4MVA LSMV 시스템 순시 정전 테스트 실험 결과 파형이다. (a)는 순시 정전 알고리즘을 적용하기 전으로 정전 발생 후 29ms 이후 인버터가 정지 하였다. (b)는 LSMV의 Ride Through 적용 실험 파형이다. (b)는 실제 N사의 연속 공정 중 이머 인버터 출력은 60Hz 이다. 139ms의 순간 정전이 발생하였지만 인버터는 연속으로 운전하였음을 확인할 수 있다. 3MVA 시스템 역시 그림 5.를 통해 연속 운전하는 것을 확인할 수 있다.

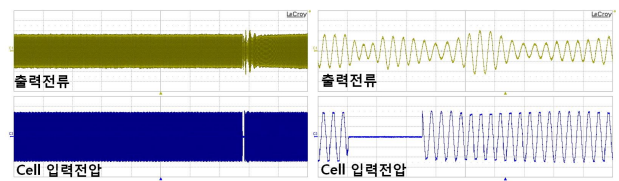


그림 5. 3MVA LSMV 실부하 시험 결과

3. 결론

본 기술서에는 입력단 순시 정전시 LSMV 고압인버터의 연속 운전방법을 설명하였다. 이에 따라 인버터는 순시정전 발생시 적용된 제어모드에 들어가고 슬립을 제어하여 정전 시간동안 DC link 의 전압을 유지 한다. 결과적으로 인버터는 정전구간에 정지하지 않고 연속운전을 함으로서 산업 현장에서 큰 피해를 막을 수 있다. 본 기술서에서는 위의 내용을 검증하기 위해 기존의 타사 인버터도 적용하지 못한 수 MVA 용량과 가혹한 부하조건에서도 순시 정전시 안정된 운전을 하는 것을 실험 결과로 입증 하였다.

참 고 문 헌

[1] 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.