

전압강하 보상 알고리즘을 이용한 AC Drive 제어기법에 관한 연구

박종제, 김희선, 윤홍민, 나승호
LS산전 자동화 연구소

Study of AC Drive Control Method Using Voltage Drop Compensation Algorithm

Jong-Je Park, Hee-Sun Kim, Hong-Min Yun, Seung-Ho Na
LSIS R&D Center

Abstract

본 논문에서는 순간정전 발생시 전압강하 보상 알고리즘을 통하여 AC Drive의 신뢰성을 높이는 제어 기법들에 대해 알아본다. 부하 특성에 따라 제어 기법이 나누어 지며 각각 제어 기법은 시뮬레이션 및 시험을 통해 그 타당성을 검증 하였다.

1. 서론

최근 전력 변환 장치를 이용한 AC Drive(이하 인버터)에서 인버터의 성능뿐만 아니라 신뢰성 문제가 산업계의 중요한 문제로 대두되고 있다. 실제 공정자동화 설비와 반도체 설비와 같이 전원품질에 민감한 부하들이 증가함에 따라 인버터의 신뢰성은 더욱 강조된다. 인버터의 신뢰성 확보는 해당 제품의 성능향상에 도움을 주며, 문제 발생 후 정상 복구까지 소요되는 막대한 손실을 막아준다. 이처럼 인버터의 신뢰성 확보는 난립해 있는 인버터 시장에서 경쟁우위를 지키기 위한 필수 조건이다.

본 논문에서는 순간정전 시 정전패턴과 부하관성의 특성을 고려한 전압강하 보상 알고리즘을 알아본다. 특히 VT 부하용으로 적용 되고 있는 자사 인버터 시리즈에 적용된 전압 강하 보상 제어기법에 대해 알아본다.

2. 전압강하 보상 알고리즘

그림1과 같이 인버터의 제어기는 일반적으로 DC-Link Capacitor의 에너지를 이용하여 각종 필요전원을 만들고 부하에서 사용되는 전압을 공급하게 된다. 일반적으로 커패시터에 저장된 에너지로는 순간전압강하(Sag)나 순간정전(Instantaneous Power Failure)이 발생할 경우 정격부하시 해당 부하 특성에 따라 수msec내에 저전압 트립(Low Voltage Trip)이 발생하여 출력이 차단되게 된다[1][2]. Fan, Pump, Blower와 같은 VT부하의 특징은 무게가 무겁고 관성이 큰 특성을 가진 부하가 많다. 이러한 관성 부하에서 순간전압강하나 순간정전이 발생할 경우, 인버터가 부하관성 에너지를 이용하여 전동기를 발전기 모드(Regenerative Mode)로 운전시킨다. 이때 발전기 모드에서 전동기의 회생 에너지를 적절히 제어하게 되면 인버터는 DC-Link 전압을 저전압 트립 발생없이 부하에 따라 수백msec에서 수초까지도 일정하게 유지하여 저전압 트립에 의한 정지없이 하고 연속 운전이 가능해진다.

순간정전 발생 시 제어기법은 순간전압강하와 순간정전

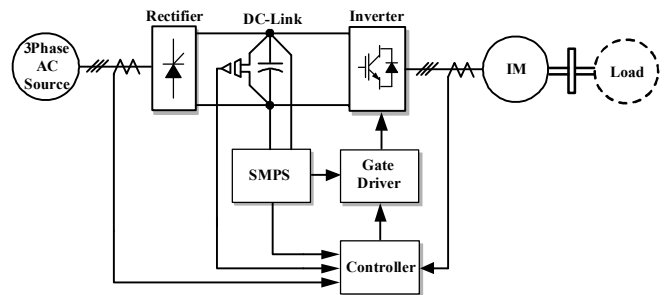


그림.1 유도 전동기 구동 시스템

을 포함한 8msec~2sec 정전인 경우 제어 기법이며, 정전시 제어기법은 2sec이상의 정전인 경우로 나누어 설명하였다.

2.1. 순간정전 발생 시 제어 기법

범용 인버터에서 사용한 순간전압강하 보상 알고리즘은 기본적으로 정전 시 전원이 공급되지 않고, 부하에 따라 DC-Link단의 전압이 낮아지게 될 경우 전동기에 슬립이 발생을 억제하도록 제어하여 전동기부로 에너지가 전달되지 않도록 하는 방법이다. 추가적으로 전동기 손실 방지 및 제어 전원용 에너지 및 인버터 손실 에너지를 확보하기 위해 전동기를 회생운전시킨다.

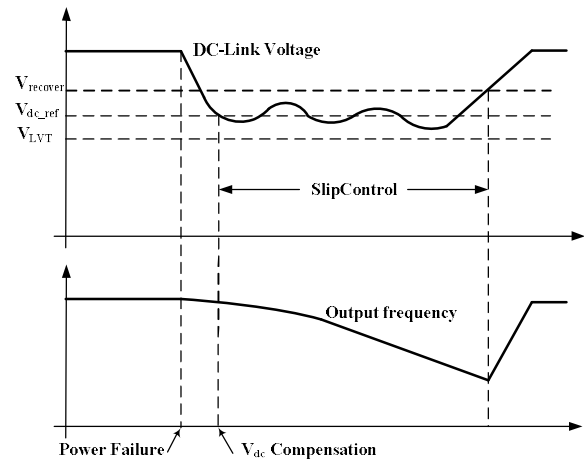


그림.2 순간정전 보상 알고리즘

부하가 인가되어 슬립이 커진 상태에서는 무부하 상태와 비교할 수 없을 정도로 DC-Link단 전압이 급격하게 감소하기 때문에 빠른 제어 응답이 필요하며, 통상 주파수 제어용 PI제어기만으로는 일정 전압을 유지하기가 어렵다. 따라서 현재의 부하량을 추정하여 빠르게 보상하는 방법이 필요하다^{[1][6]}. 또한, DC-Link단 전압을 일정하게 유지하도록 전동기 속도를 감소시켜 회생 상태가 되도록 하고, 이때 부하는 속도가 0으로 될 때까지 인버터 및 전동기의 제어를 유지 시킬 수 있게 된다. 이 방식은 정전 시 인버터의 출력을 유지하고 있기 때문에 전원이 복구 되었을 때 속도를 빠르게 회복할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

2.2 정전(Power Failure) 발생 시 제어 기법

순간적인 정전이 아닌 수 초이상의 정전이 발생한 경우 일정시간이 경과하면 부하의 관성에너지가 점점 작어지고 인버터의 DC-Link 전압은 트립레벨까지 도달하여 제어기는 정전이 발생되었다고 판단하여 출력을 차단하고 저전압 트립을 발생시킨다. 다시 말해, DC-Link를 감지하고 있던 인버터는 출력주파수와 출력전압의 비율을 조정하여 최소의 에너지로 운전하며 감속하여 저주파수까지 운전한다. 이렇게 운전을 유지하면서 감속하여 저주파수까지 운전하여 DC-Link Capacitor에 저장된 에너지가 줄어들어 저전압 트립이 발생하면 인버터는 출력을 차단한다. 그림 3.은 정전 패턴에 따른 DC-Link 전압과 출력주파수를 나타낸다.

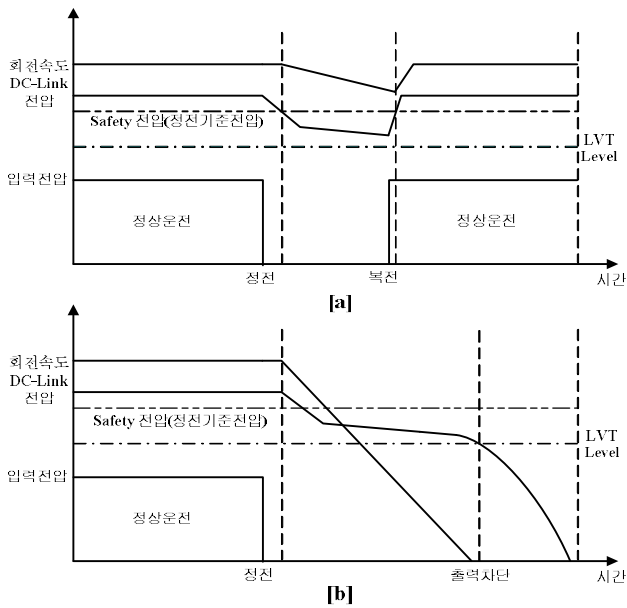


그림 3. [a] 순간정전 후 복전 시 DC전압과 출력주파수
[b] 정전 발생 시 Safety Stop 동작

3. 실험

실험은 천안사업장 공조용 FAN을 통해 실행하였으며, 전원 공급 차단 시 순간전압강하 보상 알고리즘이 작동했을 때의 동작 특성을 그림 4에 나타내었다. 2sec이내의 순간정전 후 복전 시 정상 목표 주파수로 복구됨을 알 수 있었다.(그림 4.[a]) 입력 전원이 신속하게 복전 되지 않더라도 전동기가 정지할 때까지 부하 기계 관성 에너지를 이용하여 직류단 전압이 유지되는 것을 볼 수 있다.(그림 4.[b])

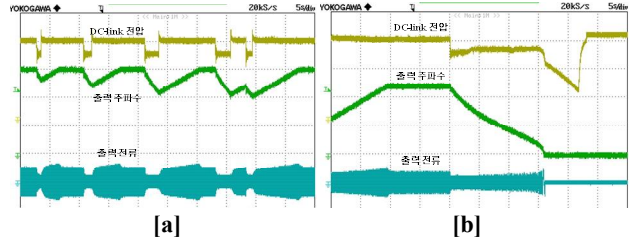


그림 4. [a] 순간정전 시 파형 입력전원 복전 2sec 이내
[b] 순간정전 시 파형, 입력전원 복전 2sec 이상

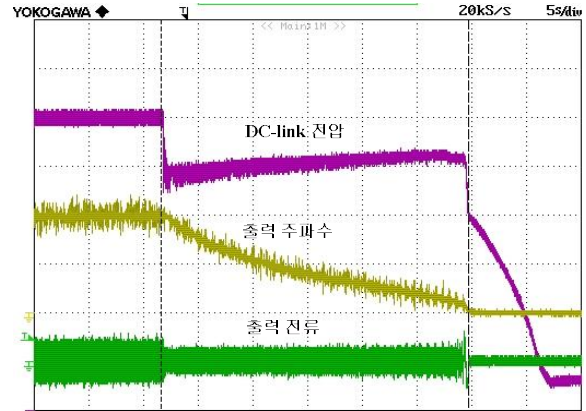


그림 5. 정전 발생 시 인버터 출력 파형

그림 5는 인버터 입력 전원 정전 시 출력파형을 보여준다. 인버터 정전 후 25sec 이상 제어기의 전원이 부하측의 관성 에너지를 이용하여 동작하였으며 전동기 정지 정지 시점에서 DC-link 전압이 LVT Level이하로 떨어지는 것을 확인 할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 순간정전 시 정전패턴과 부하관성의 특징에 따른 DC-Link 전압강하 보상 알고리즘을 알아보았다. 특히 VT부하 용으로 적용 되고 있는 고압인버터 및 범용 인버터의 전압 강하보상 제어기법을 통해 순간정전 혹은 정전 발생 시 인버터가 정지하는 문제를 개선하여 공정자동화 라인이나 반도체 설비 등 신뢰성이 요구 되는 중요 설비의 신뢰성 향상을 가져올 수 있음을 알 수 있다.

Reference

[1] Mark F. McGranaghan et al., Electrical Power System Quality, Mcgraw-Hill, 1996
 [2] Kai Pietiläinen and Lennart Harnefors, Andreas Petersson, Hans-Peter Nee “DC-Link Stabilization and Voltage Sag Ride-Through of Inverter Drives”, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 53, No. 4, Aug. 2006, 1261~1268
 [3] 전미림, 김광연, 김정빈, 김경서, “산업용 인버터의 Power Loss Ride-Through” 전력전자학술대회 논문집, pp. 309-310, 2010, July
 [4] Brian J. Seibel, Russel J. Kerkman, and David Leggate, “Inverter Control During Overload and Following Power Interruption”, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 28, No. 3, pp. 567-573, May/June. 1992.