

온라인 vs 라인 인터랙티브

UPS 설계의 기술적 비교

By Jeffrey Samstad
Michael Hoff

백서 #79

APC[®]

by Schneider Electric

요약

5000VA 미만의 UPS 시스템은 '라인 인터랙티브' 또는 '온라인 더블 컨버전'이라는 두 가지 기본 설계 방식으로 구성되어 있다. 본 백서에서는 각 설계 방식의 장단점을 기술하고 실제 사용환경에서 적용되는 요건에 관하여 오해의 소지가 있는 부분들을 다뤄 보고자 한다.

서론

어떤 UPS를 구매할 것인지 결정하는 요인 중에 배터리 백업 시간, 비용, 사이즈, 제조사, 콘센트 수량, 유지보수의 편리성 등은 분명하고 쉽게 이해할 수 있는 부분이다. 그러나 그다지 뚜렷하지 않아 쉽게 이해되지 않는 것들도 있다. 그 중 이해도가 가장 낮으면서 여전히 많이 논의되는 것은 **토폴로지**이다. 다양한 환경에서 UPS의 토폴로지(내부 설계)는 작동하는 방식에 영향을 미친다.

특정 토폴로지가 우수하고 미션-크리티컬한 적용 분야에 절대적으로 필요하다는 주장으로 인해, 올바른 토폴로지의 선택이 복잡하고 까다로운 일이 될 수 있다. 이러한 주장은 전형적으로 자사의 소위 '탁월한' 제품을 판매하려는 제조사들에게서 나오며, 이렇게 객관적이지 못한 주장에만 근거해서는 제대로 된 결정을 내리기가 어렵다. 이 백서의 목표는 가장 많이 사용되는 두 가지 토폴로지인 '**라인 인터랙티브**' 및 '**온라인 더블 컨버전**' 방식의 장단점을 객관적으로 설명하는데 있다.

전력 스펙트럼상, 양단에서는 이 두가지 토폴로지의 상대적 장점에 대해 이견이 거의 없다.¹ 5000VA의 용량을 초과하는 범위에서, '라인 인터랙티브' 방식은 크기가 크고 비용이 많이 들기 때문에 지금까지는 실용 가치가 없는 것으로 알려졌다. 반면 750VA 이하의 용량대에서는 '온라인 더블 컨버전' 방식이 거의 고려되지 않는데, 이는 기타 토폴로지('라인 인터랙티브' 포함)가 소용량 부하에서 보다 실용적이기 때문이다.

'온라인 더블 컨버전' 대 '라인 인터랙티브' 토폴로지의 논란은 대개 전원 용량 범위, 즉 750VA와 5000VA 사이에서 중점적으로 나타난다. 이 범위에서는 특정 토폴로지가 다른 토폴로지에 비해 기능적 장점 및 경제적 장점이 분명하지 않고, 토폴로지 선택의 기준이 설치 환경의 조건에 따라 다르기 때문이다. 이 전원 용량 범위에서 '라인 인터랙티브'는 지금까지 가장 많이 제조되고 배치되는 토폴로지이지만 반도체 기술 및 제조 기술의 발전으로 '라인 인터랙티브'에 대한 '온라인 더블 컨버전'의 가격 프리미엄이 사라지면서 토폴로지 선택이 과거보다 더욱 어렵게 되었다. 이처럼 "중첩"되는 범위에서 최고의 토폴로지를 선택하려면 각각의 토폴로지와 관련된 '트레이드오프'의 개념을 이해할 수 있어야 한다.

현재 적용 환경에 대한 이해

UPS 토폴로지에 대한 결정을 내리기 전에 보호 대상 장비의 요구 조건 및 UPS가 설치되는 환경을 이해하고 있어야 한다. 이와 같은 기본 요건의 파악은 현재의 적용 환경에 가장 적합한 UPS 토폴로지를 결정하는데 반드시 필요하다.

IT 장비 및 AC 전력: 스위치 방식 전력 공급 (SMPS)

전기는 일반적으로 발전소 및 보조 발전기로부터 교류(AC) 전력으로 배분된다. AC 전압은 양극과

¹ 높은 전력량(200,000VA 이상)에서는 온라인 더블 컨버전 vs 온라인 델타 컨버전의 상대적 장점에 초점을 둔 다른 논의가 진행된다. 이들 두 개의 온라인 토폴로지 비교는 APC 백서 #1, "여러가지 유형의 UPS 시스템"을 참조한다.

음극을 교류하면서 이상적인 완전한 사인파를 그리며 1주기당 0 V를 두 번 통과한다. 육안으로는 볼 수 없지만 계통 전압에 연결된 전구가 전압이 제로 지점을 통과하여 극성이 바뀔 때 실제로 초당 100 또는 120회(50 또는 60Hz AC) 깜박인다.

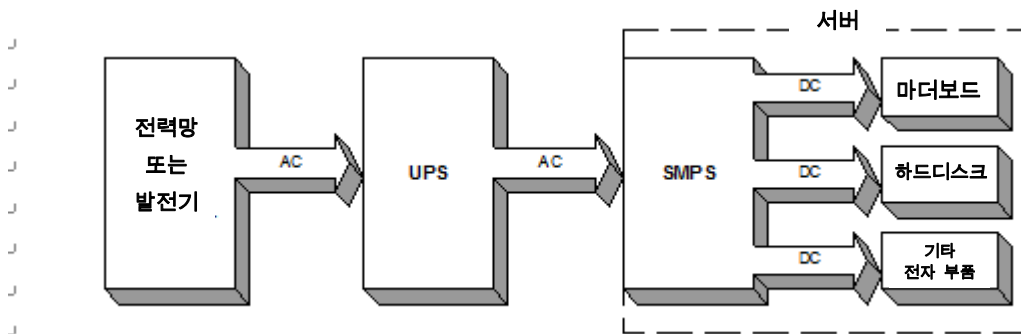
IT 장비는 처리 회로에 전원을 공급하기 위해 어떻게 AC 전기를 사용하는가? 각 라인의 전압이 바뀔 때 초당 100회 이상 “턴 오프” 하는가? 여기에 IT 장비가 반드시 풀어야 할 문제가 있다. 사실상 모든 현대식 IT 장비가 이 문제를 **SMPS(스위치 방식 전력 공급) 방식**으로 해결하고 있다.² SMPS는 우선 비이상적인 요소(전압 스파이크, 왜곡, 주파수 변동 등)를 포함하고 있는 AC 전압을 균일한 모양의 DC로 전환한다. 이 과정에서 **커패시터**라고 불리는 에너지 저장 요소를 충전하는데 그것은 AC 입력과 나머지 전력 공급 사이에 위치한다. 이 커패시터는 AC 입력에 의해 교류 1주기당 2회씩[빠르게 연속적으로 충전되며 이때 사인파는 정점(양극 및 음극) 또는 그 인근에 있게 되고 IT 처리회로의 다운스트림이 요구하는 속도로 방전된다. 커패시터는 이와 같은 정상 AC펄스를 비정상 전압 스파이크와 함께 설계수명 내내 연속적으로 흡수한다. 따라서 깜박이는 전구와 달리 IT장비는 전력망에서 유입된 맥동 AC 대신 DC의 안정적 흐름을 이용하여 가동된다.

이 뿐만이 아니고 전자 회로는 매우 낮은 DC 전압이 필요하나(3.3V, 5V, 12V 등) 커패시터를 통하는 전압은 최대 400V나 된다. SMPS는 이러한 고전압 DC를 안전하게 조절하여 낮은 전압의 DC 출력으로 전환한다.

이와 같은 전압 강하 과정에서 SMPS는 또 다른 중요한 기능인 전기적 절연을 제공한다. 전기적 절연은 회로의 물리적 분리를 뜻하며 두가지 목적이 있다. 첫째 목적은 안전 즉 전기 쇼크로부터 보호하는 일이다. 둘째 목적은 일반 모드의 전압 또는 노이즈로 인한 장비의 손상 또는 고장을 방지하기 위함이다. 접지 및 공통 모드 전압에 관한 정보는 APC 백서 #9 (“컴퓨터 일반 모드의 취약성”) 및 #21 (“중성선 와이어; 사실 및 가설”)를 참조하기 바란다.

그림1은 UPS의 보호를 받는 IT 장비(예시:서버)를 보여준다. SMPS를 포함하는 서버의 내부 구성 품도 함께 보여주고 있다.

그림1 - 전형적인 UPS 적용 : UPS 및 서버

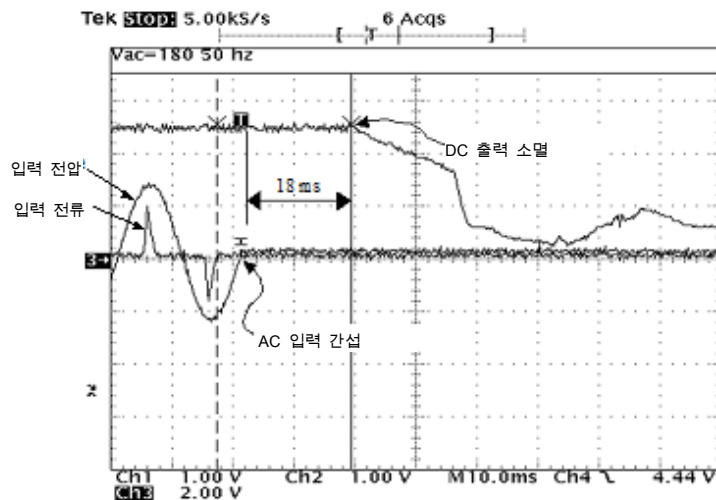


² "스위치 방식(switch-mode)은 전원 공급의 내부 회로 특징을 의미하며 본 논의와는 무관하다.

동일한 방법으로 SMPS는 AC 입력 사인파의 정점 사이의 간격을 “타고 넘고(ride through)”, 또한 AC 공급시 유입되는 다른 노이즈 간섭 및 왜곡 파형 역시 타고 넘는다. 이러한 특성은 UPS가 없는 경우에도 장비가 제대로 작동되기를 바라는 IT 장비 제조업자들에게 있어서 매우 중요하다. IT 장비 제조업자라면 누구든 AC 라인의 경미한 왜곡마저도 감당하지 못하는 전원 공급으로 인해 출시된 장비의 품질 및 성능에 대한 평판이 나빠지는 것을 바라진 않을 것이다. 이점은 특히 고사양의 네트워킹 및 컴퓨터 장비에서 더욱 두드러지며, 따라서 이러한 장비에는 고품질 전원 공급 장치가 장착된다.

이러한 “타고 넘는” 능력을 증명하기 위해 컴퓨터 전원 공급 장치에 충분한 전원을 공급한 후 AC 입력 공급을 중단해 보았다. 전원 공급 장치의 출력을 모니터링하여 AC 입력이 중단된 후 얼마나 오랫동안 가용 출력 전압이 지속되는지를 측정한다. 그림2는 이러한 측정 결과를 보여준다. 표시된 파형은 전원 공급의 입력 전압, 입력 전류 및 DC 출력 전압을 나타낸다.

그림 2 – 전원 공급의 “타고 넘기”



상부 궤적: 전원 공급
저전압 DC 출력
중간 궤적: 입력전압 및 전류

AC 공급이 중단되자 전원이 충분히 공급된 전원 공급 장치의 출력은 상당한 지연 시간 경과 후 사라졌다.

AC 입력을 중단하기 전의 입력 전압은 그림2의 사인파와 같다. 부드러운 곡선 모양의 전압 커브 밑에 뾰족한 궤적으로 표시된 입력 전류는 양의 꼭짓점의 짧은 펄스와 음의 꼭짓점의 짧은 펄스로 구성된다. 이와 같은 전류 펄스가 있는 동안에만 SMPS의 커패시터는 충전된다. 나머지 시간 동안은 전력이 커패시터에서 빠져 나와 처리 회로에 전원을 공급한다.³ 그림2의 ‘상부 궤적’은 SMPS 출력에서 DC 전압을 나타낸다. AC 입력이 중단된 후에도 출력 전압은 18ms 동안 확실하게 조절된 점을 주목하기 바란다. APC는 여러 컴퓨터 및 기타 IT 장비 제조사의 전원 공급 장치를 검사했으며 매우 유사한 결과를 얻었다. 전원 공급장치의 전원 공급량이 적으면 “타고 넘는” 시간이 더 길어 지는데 그 까닭은 커패시터의 방전 속도 또한 그만큼 더 느려지기 때문이다.

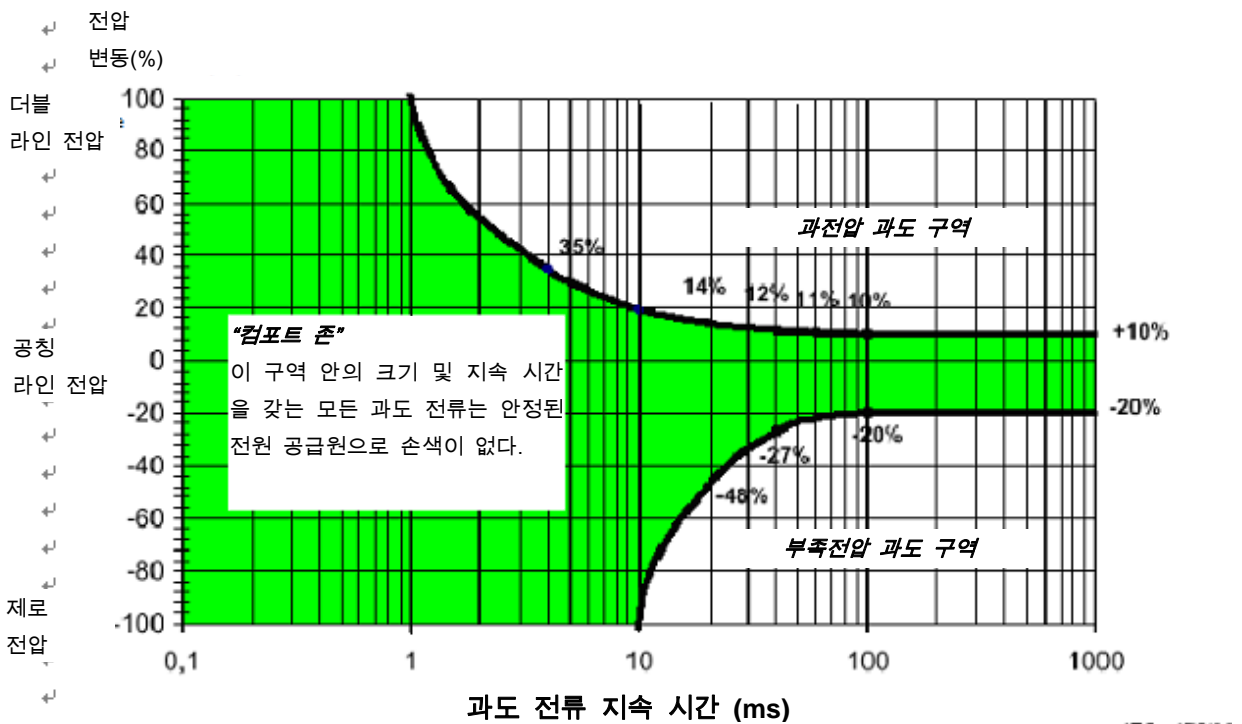
³ 일부 SMPS는 뒷부분에서 논의될 역률 개선(PFC)을 수행하며, 입력 전류를 사인파로 인출한다. 이들 역시 동일한 “타고 넘는” 기능을 가진 고압의 커패시터를 가지고 있다.

SMPS 부하에 대한 UPS 호환성의 국제 표준

지금까지 SMPS가 전력 공급의 짧은 전원 간섭 및 왜곡을 타고 넘어 파동형 AC 입력 전압을 끌어오는 기능을 살펴 보았다. 그런데 여기서 “짧은”의 의미는 무엇인가?

그림3은 국제 표준인 IEC 62040-3의 설계 명세를 보여 준다. 이 설계 명세는 SMPS 부하에 적합한 UPS 출력 전압의 장애나 간섭 및 왜곡의 크기 및 지속 시간을 규정하고 있다. 음영 처리된 ‘컴포트 존’에서 볼 수 있듯이 과도 전류의 크기가 작을수록 UPS 출력에 머무르는 시간이 길어진다. 이와 같은 표준은 비교적 넓은 범위의 전압 변동 (+10%에서 -20%)을 허용하고 있음을 주목하기 바란다. 달리 말하면 UPS 출력 전압은 그 범위 내에서 무한히 변동하며 SMPS 가동에는 악영향을 미치지 않는다. 이것은 이와 유사한 SMPS 표준이 UPS 출력에 허용된 범위 보다 넓은 입력 편차 범위에 대해 ‘타고 넘는’ 능력을 요구하기 때문이다.⁴

그림3 - IEC 표준 62040-3: SMPS 부하에 적합한 AC 전압 편차의 크기 및 지속 시간



녹색 바탕의 “컴포트 존” 안에 있는 크기 및 지속 시간을 갖는 전압 장애(“과도 전류”)는 SMPS 장치에 연결된 UPS 출력으로서 무난하다. 이 범위를 벗어난 다른 모든 전압 장애는 허용되지 않는다.

⁴ 관련 SMPS 표준은 편차의 범위를 규정하는 바, SMPS는 "ITI/CBEMA 곡선" 및 IEC 61000-4-11을 수용해야 한다.

그림3을 활용하면 120V AC 공칭 출력을 가진 UPS의 적합성 요건은 다음과 같다:

- 최대 1ms의 지속 시간에 대해 UPS 출력 전압은 최대 240V까지 허용된다.
- 최대 10ms의 지속 시간에 대해 UPS 출력 전압은 0이 될 수 있다.
- 최대 100ms의 지속 시간에 대해 심하지 않은 변동(위 또는 아래로)은 허용된다. 허용 시간은 장애의 심한 정도에 좌우된다.
- 100ms를 초과하는 장애는 UPS 출력 전압이 반드시 96V와 132V 사이에 있어야 한다.

일부 신흥시장을 제외한 대다수 국가에서 전력은 비교적 안정적이다. 하루 중 전압 변동은 공칭 전압 상하 5% 이내로서 그림3에서 보여주는 허용 전압 변동의 범위 안에 있다. SMPS는 이러한 특성을 가진 AC 전원으로부터 전력을 끌어 올 수 있기 때문에 전형적인 계통 전압과 확실하게 연동하는데 필요한 견고성을 제공한다.

SMPS 이점을 요약하면 다음과 같다:

- 성능의 저하 없이 입력 전압 및 주파수의 광범위한 변동폭을 수용할 수 있다.
- AC 입력과 DC 출력 사이에 전기적 절연 장치가 내장되어 있어서 ‘업스트림 커먼 모드’ 절연을 할 필요가 없다.
- 내용(耐用) 연수의 저하 없이 상당한 정도의 입력 전압 왜곡을 허용한다.
- 단시간의 전력 간섭 현상을 견딜 수 있도록 ‘타고 넘는’ 능력이 내장되어 있다.

‘이론’ 대 현실

‘이론’: 민감하고 중요한(미션-크리티컬) 장비의 경우 제로(0) 절체 시간이 필요하다. (예를 들면 네트워크 스위치의 ‘락업’ 및/또는 패킷 손실을 방지하기 위해서)

현실: SMPS는 거의 모든 중요한 장비에서 볼 수 있는 전원공급장치이다. 10ms이상의 ‘타고 넘는’ 능력이 있어야 국제 표준에 적합하다 (그림3참조). 이 정도의 ‘타고 넘는’ 능력이 없는 모든 전자장비는 일반적으로 열등한 설계의 제품이거나 극히 드물다 (예를 들면 컴퓨터나 IT 장비가 아닌 경우).

UPS 옵션에 대한 이해

APC 백서 #1 “여러가지 유형의 UPS”에서 오늘날 사용되고 있는 다섯 가지 주요 UPS 토폴로지를 성능 및 특성과 함께 서술하고 있다:

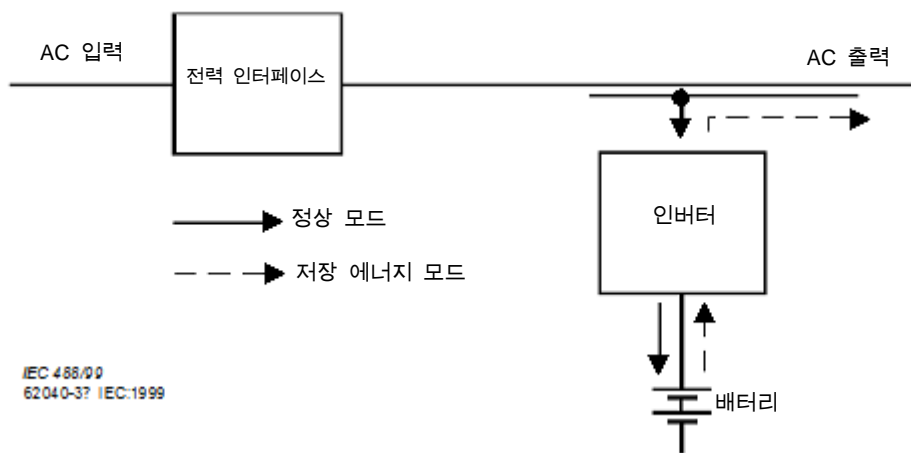
- 스탠바이
- 라인 인터랙티브
- 스탠바이 퍼로
- 온라인 더블 컨버전
- 온라인 델타 컨버전

750VA에서 5000VA의 전력 범위 내의 오늘날 IT 응용 분야에서 사용되는 거의 모든 UPS는 라인 인터랙티브 또는 온라인 더블 컨버전이다. 이 범위에서 여타 토폴로지는 흔하지 않으며 그 이유는 이 백서에서 다룰 수 있는 영역을 벗어나므로 설명을 생략한다.

라인 인터랙티브 UPS

라인 인터랙티브 UPS는 전력망에서 오는 AC 전력을 조절하며 주로 메인 전력변환기 하나만을 사용한다. 그림4는 IEC 표준 62040-3에서 발췌한 이 토폴로지의 표준을 보여준다.

그림4 – IEC 62040-3의 라인 인터랙티브 UPS 토폴로지
전력 인터페이스 및 하나의 메인 전환블록을 보여주는 회로 구성도



AC 입력이 있을 때 그림4의 ‘전력 인터페이스’ 블록은 AC 전력을 필터링하고 전압 스파이크를 억제하여 앞서 살펴본 기술 명세 범위 안에서 가동이 되기에 충분한 전압조절을 한다. 이러한 조절 기능은 수동 필터 부품 및 탭 변경 변압기를 통해 달성된다. 메인 전력 컨버터(인버터 블록)는 AC 전력 중 일부의 방향을 바꾸어 AC 라인 전압이 머무는 동안 배터리를 충분히 충전한다. 이 작업은 UPS 정격 전력의 10% 미만이 소요되어 구성 부품은 이 모드로 작동하는 동안은 서늘하게 유지된다. 예를 들면 3000와트 라인 인터랙티브 UPS에서 인버터 블록은 배터리를 충전할 때 300와트 미만(용량의 10%)에서 가동된다. 다수의 전부하 가동용의 구성품들은 AC를 쓸 수 있을 때 주위 온도보다 약간 높은 온도에서 가동할 수 있으며 이는 가장 흔한 가동 모드이다. AC 라인 전압이 전력 인터페이스의 입력 범위 밖으로 떨어졌을 때 인버터는 배터리 전원으로부터 AC 출력을 공급한다. 전력 인터페이스의 입력 전압 범위는 대개는 고정된 범위이며 전형적으로 공칭의 -30% ~ +15%이다. 예를 들면 공칭 출력 전압이 120V인 라인 인터랙티브 UPS는 입력 전압이 84V에서 138V로 변동할 때 출력 전압은 107V에서 127V를 유지한다.

라인 인터랙티브 UPS 가동에 관하여 미세하지만 중요한 사실 하나는 부하에 공급되는 전압을 필터링하고 조절하는 동안, 부하에 유입되는 전류의 파형이 변하지 않는다는 점이다. 따라서 부하에 PFC⁵가 있다면 라인 인터랙티브 UPS는 역률 교정을 통해 왜곡되거나 간섭받지 않을 것이다.

⁵ PFC 장치는 AC 입력 전류를 펄스에서보다 완만한 사인파로 보정한다. 비PFC 출력의 예는 그림 2를 참조한다.

부하 SMPS에 PFC가 없고 (그림2에서 보는 바와 같이) 피크치 전류를 끌어 들인다면 라인 인터랙티브 UPS는 이 파형을 변경 또는 “교정”할 수 없을 것이다.

이론적으로 소수의 구성품 및 메인 전력 컨버터(그림4의 인버터 블록)의 냉각 동작은 모두 제품의 오랜 수명과 높은 신뢰도에 기여한다. 그러나 실제로 뒷부분에서 언급될 ‘신뢰도 항목’ 부분의 기타 요소들에 의해 일반적으로 신뢰도가 결정되고 있다.

라인 인터랙티브 UPS는 비용이 낮고 내구성이 우수하여 전 세계 수백만 IT 시설에서 성공적으로 사용되고 있다.

고려사항 (라인 인터랙티브):

개발 도상 국가나 열악한 인프라로 인해 어려움을 겪고 있는 지역에서는 AC 라인 전압이 불안정하고 변동폭이 넓거나 크게 왜곡된다. 이러한 국가나 지역에서 라인 인터랙티브 UPS는 하루에 1회 또는 2회 심지어는 더 자주 배터리에 의존한다. 이는 라인 인터랙티브 설계가 AC 전원을 끊고 배터리 전원으로 전환하지 않는 한, 큰 폭의 전압 변동 및 과도한 왜곡이 부하에 도달하는 것을 차단하는 능력이 제한적이기 때문이다. 라인 인터랙티브 UPS가 배터리 전원을 사용할 수 있는 동안 IEC 한계치(그림3) 내의 출력 전압을 공급하더라도 배터리를 자주 사용하면 용량 저하를 초래하여 정전 시간이 긴 경우에 가용 가동 시간은 짧아질 수 밖에 없다. 한편 배터리가 완전 방전되지 않더라도 잦은 사용은 배터리 교체를 자주해야 하는 결과를 가져온다.

라인 인터랙티브 토폴로지의 이점

- 저전력 소비(낮은 가동비용) – 가용 AC 입력의 전력변환이 적어 더욱 효율적이다.
- 이론적으로 높은 신뢰도 – 구성품의 수가 적고 가동온도가 낮다(‘신뢰도 항목’ 참조)
- 시설에 대한 열부하가 적다 – UPS에 의한 열발생이 적다

라인 인터랙티브 UPS 설치가 바람직하지 않은 경우:

- AC 전력이 불안정하거나 크게 왜곡되는 경우.
이런 경우 시방서 범위 내의 UPS 출력을 유지하기 위해 배터리 전원을 너무 자주 사용해야 하기 때문
- PFC가 요구되고 부하장비에 이런 기능이 없을 때

‘이론’ 대 현실

‘이론’: 라인 인터랙티브 UPS는 전력을 조절하지 않는다 – 노이즈 및 스파이크가 끼어들어 공급 전력을 소모한다.

현실: 고품질 라인 인터랙티브 장비는 강력한 서지 및 노이즈 억제 장치가 내장되어 출력을 적합한 수준으로 유지하므로 부하의 신뢰도에 영향을 주지 않는다.

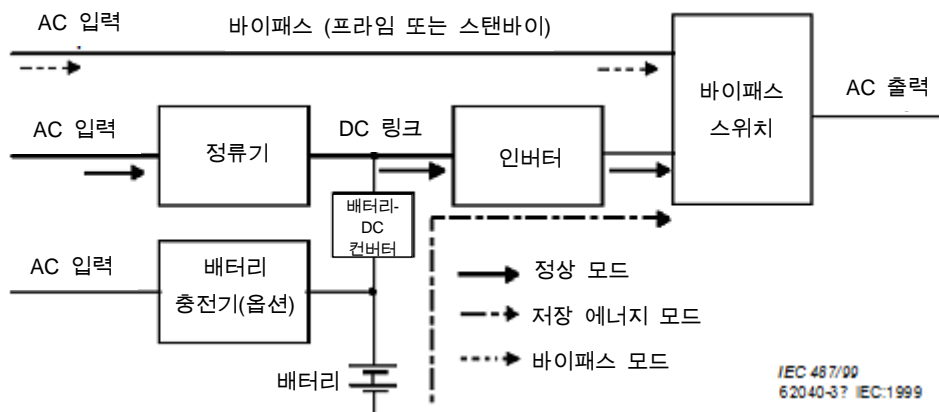
온라인 더블 컨버전 UPS

명칭에서 알 수 있듯이 온라인 더블 컨버전 UPS는 전력을 두 번 전환한다. 첫째, 전압 스파이크, 왜곡 및 기타 장애 요소를 포함한 AC 입력을 DC로 전환된다. 이 과정은 앞서 다룬 IT 장비의 SMPS 작용과 매우 유사하다. 그리고 SMPS처럼 온라인 더블 컨버전 UPS는 커패시터를 사용하여 이러한 DC 전압을 안정시키고 입력 AC에서 나온 에너지를 저장한다. 둘째, DC는 다시 AC로 전환되고 UPS는 전환된 AC를 확실히 조절한다. 이러한 AC 출력은 입력 AC와는 다른 주파수를 갖게 되는 경우도 있는데 이런 현상은 라인 인터랙티브 UPS에서는 일어나지 않는다. 부하 장비에 공급된 모든 전력은 AC 입력이 머무는 동안 이러한 더블 컨버전 과정을 거치게 된다.

입력 AC가 특정된 범위를 벗어나는 경우, UPS는 자체 배터리로부터 전원을 끌어오기 때문에 UPS 출력은 영향을 받지 않는다. 다수의 온라인 더블 컨버전 설계에서 UPS 내부에서 발생하는 입력 AC와 배터리 사이의 전환은 수초(ms) 내에 이루어진다. 이러한 전환 과정에서 저장된 에너지를 인버터에 공급하는 일은 “DC 링크” (그림5)에 있는 커패시터가 맡는다. 따라서 “DC 링크” 안으로 들어가는 전력에 짧은 간섭이 발생하더라도 UPS 출력 전압은 영향을 받지 않고 지속적으로 유지되는 것이다.

현대식 설계에서는 추가 배터리 충전 회로가 거의 어김없이 토폴로지에 포함된다. 따라서 온라인 더블 컨버전 UPS는 적어도 3단계의 전력 전환 단계를 거치게 된다. 그림5는 IEC 표준 62040-3에 기초한 이러한 토폴로지를 상세히 보여 준다.

그림5 - 온라인 더블 컨버전 UPS 토폴로지; 4개의 컨버터 블록을 나타낸 IEC 62040-3 회로 구성도



AC에서 DC로의 전환 기능 외에 정류기는 PFC를 제공하여 AC 라인에서 전류를 펄스가 아닌 완만한 사인파로 끌어온다(역률 개선을 하지 않은 입력 전류를 나타낸 그림 2 참조). PFC는 입력 전류 파형을 “교정”하기 때문에 고주파성 고조파의 감소를 포함하여 보다 적은 전류를 끌어오게 된다. 이것은 UPS에서 전원 공급을 받는 IT 장비가 전류를 펄스 방식(비PFC)으로 끌어오더라도 발생하게 된다. 역률 개선 및 중성 고조파에 관한 보다 상세한 내용은 APC 백서 #26 “고조파 위험 및 중성 과부하”를 참조한다.

100% 부하 가동시 온라인 더블 컨버전의 적합한 AC 입력 범위는 라인 인터랙티브의 그것과 유사하다. 그러나 라인 인터랙티브와 달리 온라인 더블 컨버전은 UPS에 100% 부하가 걸리지 않는 한 훨씬 적은 입력 전압으로 가동할 수 있다. 전형적인 120V 더블 컨버전 UPS의 경우 아주 적은 부하에서 입력 전압이 공칭의 50%(60V)에 불과하더라도 AC 전력으로 가동할 수 있다. 이점은 온라인 토폴로지의 관심을 끌만한 속성이지만 이 정도 크기의 긴 전원 장애 현상은 매우 드물고 실제에 있어서 부하상태는 가변적이기 때문에 유용성은(시연 목적 외에는) 거의 없다고 할 수 있다.

온라인 UPS는 대체로 같은 용량의 라인 인터랙티브 UPS보다 크기가 작다. 구성품이 더 많지만 (3배), 그 크기가 보다 작다. 이런 특징은 2200VA 가 넘는 고전력 장비에서 뚜렷하게 나타나며 런타임을 연장할 수 있는 라인 인터랙티브 UPS와 비교했을때 더욱 극명하게 확인할 수 있다.

온라인 토폴로지는 대체로 바이패스 회로를 포함하며 이 회로는 과부하가 지속되거나 더블 컨버전 회로 중 하나가 고장일 때 사용된다. 바이패스와 인버터 가동 사이의 전환은 수초(ms) 사이에 출력을 떨어뜨리는데 라인 인터랙티브 UPS의 배터리 전환에서도 유사한 현상이 발생한다. 그 결과 다수의 온라인 장비는 SMPS에 의존해서 이러한 전원 장애 현상을 타고 넘어 UPS 출력을 끌어낸다. 라인 인터랙티브 장비와 마찬가지로 UPS 출력 간섭이 그림 3의 기술 명세에서 정한 범위를 넘지 않는 한 이로 인해 어떠한 문제도 발생되지 않는다.

고려사항 (온라인 더블 컨버전)

온라인 전력 전환 단계는 출력 전압을 확실히 조절하여 공급하므로 지속적으로 가동이 가능하며 최대 정격 전력까지 부하를 걸 수 있다. 그러나 이렇게 향상된 성능은 곧 비용 증가를 의미한다.

전형적인 온라인 더블 컨버전 UPS는 다중 전력 변환 단계로 인해 라인 인터랙티브 UPS보다 그 구성품이 훨씬 많다. 이러한 구성품은 부하 장비가 끌어온 모든 전력을 쉬지 않고 처리하기 때문에 AC 입력이 있을 때의 온도는 라인 인터랙티브 UPS 구성품보다 높다. 이론적으로 연속적인 가동과 높은 온도는 UPS 구성품의 신뢰도를 떨어뜨린다. 그러나 실제로는 종종 아래 '신뢰도 항목'에서 다루고 있는 기타 요인에 의해 결정된다.

시간 경과에 따른 온라인 더블 컨버전 UPS 가동에 필요한 추가 에너지는 고려해야 할 또 다른 요소이다. 더블 컨버전 온라인 UPS는 설계에 따라서는 85%에서 92% 사이의 효율성을 가지고 지속적으로 가동된다. 이 수치는 라인 인터랙티브 UPS의 96%에서 98%의 효율성과 비교된다. 예를 들어 90%의 효율성을 갖는 1000W UPS는 100% 부하 상태에서 지속적으로 100W의 전력을 소비한다. 이는 연간 약 100달러의 추가 전력 비용(평균)이 추가로 소요됨을 의미한다. 그리고 전력 비용 외에 100W의 열은 반드시 제거되어야 하며 이는 곧 추가 냉각 비용이 발생됨을 의미한다.

'이론' 대 현실

'이론': 온라인 UPS는 커먼 모드(CM) 노이즈에 대해 보다 강력한 보호를 받는다.

현실: 온라인 및 라인 인터랙티브 토폴로지는 전기적 절연을 위한 설계가 가능하지만 둘 다 CM전압을 줄이기 위해 수동 구성품을 사용한다. 온라인 및 라인 인터랙티브 토폴로지 모두 이런 점에서 기본적인 장점이 없다. SMPS는 이미 전기적 절연을 갖추고 있다. 따라서 외부 절연은 필요하지 않다. 보다 상세한 정보를 보려면 APC 백서 #9 및 #21을 참조한다.

다. 이러한 냉각 비용은 각각의 냉각 시스템 효율에 따라 차이가 있다. 이것 하나만 놓고 볼 때는 비용이 대수롭지 않게 보일 수 있다. 그러나 회사가 보유하는 다수의 UPS 전체의 모든 손실을 합산했을 때 또는 단일 UPS의 내용(耐用) 연한 내내 소비하는 에너지 비용을 생각해 보면 이것이 UPS TCO 측면에서 볼 때, 상당히 중요한 요인으로 작용함을 알 수 있다. 이와 대조적으로 라인 인터랙티브 UPS는 위의 경우와 비슷한 부하를 걸었을 때 부하 전력당 에너지 비용이 3분의 1에 불과하다.

온라인 더블 컨버전의 이점:

- 입력 전압이 심히 왜곡되고 변동폭이 매우 클 때에도 배터리 전원 사용빈도가 상대적으로 낮다
- 부하의 종류에 관계없이 역률 개선(PFC)이 제공된다
- 특히 대응량의 전력 수준에서 소형, 경량화 되어 있다.
- 출력 주파수를 조절이 가능하며, 50Hz에서 60Hz(또는 60Hz-50Hz)로의 주파수 '변환'도 가능하다

'이론' 대 현실

'이론': 보다 확실한 전압 조절은 IT 장비의 성능 및 신뢰도를 향상시킨다.

현실: 모든 SMPS는 입력 AC를(스파이크 및 왜곡과 함께) 안정된 DC로 전환한다. 이러한 DC는 모든 IT 부하에 대해 잘 조절된 흠 없는 DC 출력을 만들어 낸다. 정격 범위 내의 입력 라인 상태는 SMPS 출력 품질이나 IT 장비의 성능에 영향을 미치지 않는다.

확실하게 조절되는 출력 전압이 과연 온라인 토폴로지의 장점이 될 수 있느냐에 대해서는 논란의 여지가 있다. 그러나 SMPS는 본 백서 앞 부분에서 설명한 바와 같이 전압 조절 기능이 내장되어 있기 때문에 이와 같은 확실한 전압 조절 기능이 필요하지 않다.

주목해야 할 점:

- 온라인 더블 컨버전은 고온에서 지속적으로 가동하는 구성품이 보다 많으며 다른 모든 사정이 동일하다 하더라도 라인 인터랙티브에서 볼 수 있는 유사한 부품보다 내용(耐用) 기한이 짧다.
- 온라인 더블 컨버전은 AC 입력이 있을 때는 계속해서 전력을 입력에서 출력으로 전환하기 때문에 보다 많은 전기를 사용한다.
- 온라인 더블 컨버전은 보다 많은 열을 방출하며 이 열은 IT 환경에 그대로 방출된다. 이러한 열은 반드시 효과적으로 제거하여 다른 시스템의 수명 뿐만 아니라 UPS의 자체 배터리에 미치는 악영향을 줄여야 한다.

신뢰도 항목

두가지 토폴로지 모두 설계상 확인할 수 있는 확실한 부분은 이론적으로 가동 수명 및 신뢰도를 증가 또는 감소시킨다는 것이다. 라인 인터랙티브의 경우 소수의 구성품 및 주 전력 단계의 냉각 작용으로 인해 가동 수명 및 신뢰도를 증가시키는 경향이 있다. 온라인 더블 컨버전의 경우 끊임 없는 가동 및 높은 가동 온도로 인해 비교적 가동 수명 및 신뢰도를 감소시키는 경향이 있다.

실제로는 신뢰도가 토폴로지와 상관 없이 제조사의 UPS 설계 및 제조 능력과 사용된 구성품의

품질에 의해 결정된다. 품질은 판매자에 좌우되기 때문에 고품질 온라인 더블 컨버전 설계와 저품질 라인 인터랙티브 설계 또는 그 반대의 경우가 발생할 수 있다.

요약 비교

다음 표는 라인 인터랙티브 및 온라인 더블 컨버전 UPS 토폴로지의 장단점을 요약한 것이다.

표1 – 라인 인터랙티브 및 온라인 더블 컨버전 토폴로지의 비교

토폴로지	신뢰도	TCO	입력	출력	크기/중량
라인 인터랙티브	+	+	-	+/-	-
	부품수가 적다 가동 온도가 낮다	초기 비용이 낮다 (부품수가 적다) 가동 온도가 낮다 (전기소모가 적다)	PFC 없음 극심한 전압 왜곡 때문에 배터리 사 용 빈도가 높다.	출력 주파수가 구 성 가능한 범위 내에서 변동한다.	대체로 크고 중량이 무겁다
온라인 더블 컨버전	-	-	+	+	+
	부품수가 많다 가동 온도가 높다	최초 비용이 높다 (부품수가 많다) 가동 비용이 많이 든다(전기로 및 냉각비용)	PFC 가능 배터리에 의존하 지 않고 극단적인 전압 왜곡을 수용 할 수 있다.	출력이 구성가능 한 주파수에 고정 된다.	특히 높은 전력 용량대에서 대체 로 작고 가볍다

결론

750VA와 5000VA의 전력 범위에서 두 가지 유형의 UPS 모두 전력 장애로부터 장비를 적절히 보호한다. 따라서 어떤 토폴로지를 사용할 것인지는 이를 응용하는 고객의 특수한 상황에 기초해서 결정하면 좋을 것이다.

초기 비용, 가동 비용, 열 발생, 신뢰도 등은 모든 응용 분야에서 주된 관심 사항이기 때문에 ‘애초 선택’(디폴트 초이스)은 라인 인터랙티브라야 할 것 같다. 사실 라인 인터랙티브는 전형적인 IT 환경에서 효율이 뛰어난 믿음직한 UPS로서 자리를 잡고 있다.

그러나 특정 환경에서는 온라인 더블 컨버전이 보다 나은 선택이 될 수도 있다. 특히 AC 전력이 크게 왜곡되거나 극단적인 전압 변동이 있는 지역에서는 온라인 더블 컨버전 UPS를 쓰면 배터리에 자주 의존하지 않고서도 적정 출력을 유지할 수 있다. 배터리 사용 빈도가 적으면 장시간의 정전에 대비한 배터리 성능 및 배터리 수명 보존이 가능해진다. 이외에도 배터리 교환 비용을 줄일 수 있다면 라인 인터랙티브 UPS의 낮은 초기 비용 및 운영 비용상의 이점을 상쇄할 수 있을 것이다. 온라인 더블 컨버전 UPS가 필요한 기타의 경우로는 흔하진 않지만 PFC, 작은 사이즈, 주파수 변환 등의 기능을 필요로 하는 일부 의료 기기 또는 계측 장비가 있다.

저자 약력

Jeffrey Samstad는 American Power Conversion의 Smart-UPS 제품 라인의 수석 엔지니어로 근무하고 있다. 전기공학 학사 학위를 받은 후 14년간 UPS 팀을 지휘하고 여러 유형의 UPS 시스템을 다룬 경험이 있다.

Michael Hoff는 Northeastern University에서 전기공학, 전력 계통에 관한 석사 학위를 받고 American Power Conversion의 신규 기술 리서치 그룹을 지휘하고 있다. APC에서 16년간의 근무 기간 동안 교란 불능 전력 공급 장치 및 UPS 설계를 개발했으며, 미국 및 해외에서 제품 개발 프로젝트 관련 팀 및 그룹의 관리 책임자로 근무하였다.