

에코 모드: UPS 에너지 절감 모드 작동의 이점과 위험

백서 157

개정판 3

작성자: Neil Rasmussen

개요

"에코 모드" 혹은 몇몇 다른 명칭으로 알려진 에너지 절감 모드를 갖추고 있는 최신 UPS 시스템이 많이 있습니다. 그럼에도 불구하고 조사에 따르면 알려지거나 예측되는 부작용으로 인해 실제 이 모드를 사용하고 있는 데이터센터는 거의 없는 것으로 되었고, 이에 관한 마케팅 자료도 비용과 이점의 교환적인 측면에 대해 적절하게 설명하고 있지 않습니다.

이 백서에서는 에코 모드가 데이터센터 에너지 소비를 2% 가까이 줄여 준다는 것을 보여주며 에코 모드에 따른 여러 제한사항과 우려에 대해 설명합니다. 또한 에코 모드가 권장되는 상황과 권장되지 않는 상황에 대해서도 설명합니다.

소개

데이터센터와 산업용 애플리케이션의 에너지 사용과 관련된 재정적/환경적 비용의 증가는 데이터센터 전력 및 냉각 시스템의 효율성을 개선하기 위한 적절한 추진력을 제공했습니다.

효율성 개선, 즉 데이터센터의 PUE 감소는 데이터센터의 여러 단계에서 달성할 수 있습니다.

- 전체 시스템 아키텍처
- 적절한 규모로 확장 가능한 시스템 설계
- 개별 장치의 효율성 개선
- 작동 관련 의사 결정

에코 모드는 이 단계에서의 이점과 위험과 관련된 결정 사항입니다.

> 에코 모드는 여러 명칭이 있습니다.

기술적 명칭

- 바이패스

벤더가 붙인 명칭

- EConversion™ - 고급 에코 모드
- ESS - Energy Saving System(에너지 절감 시스템)
- SEM - Super Eco-Mode(슈퍼 에코 모드)
- VFD - Voltage and Frequency Dependent(전압 및 주파수 감응식)
- 최대 에너지 절감 모드

이 백서에서는 이중 변환 UPS를 에코 모드에서 작동하여 운영 효율성을 개선하기 위한 특수한 기법에 주력할 것입니다. 에코 모드는 전기 효율성을 개선하고 에너지를 절약하기 위해 전력 보호를 감소시킨 상태로 UPS를 작동시키는 방법으로 벤더들은 다양한 명칭(왼쪽 상자 참조)으로 마케팅하고 있습니다.

여기에서는 다음과 같은 주제에 대해 다룹니다.

- 에코 모드가 무엇이며 어떻게 작동하는가?
- 효율적인 기대 효과?
- 에코 모드와 관련된 보호 및 안정성 손실
- 작동 고려사항

에코 모드는 에너지를 절감해 주지만 적은 양에 불과하며 약간의 전기 보호 및 안정성의 감소도 수반합니다. 이러한 불이익은 데이터센터와 같은 전기 아키텍처의 설계와 에코 모드 기능을 구현할 때 사용되는 UPS 벤더의 특정 설계 접근 방식에 따라 달라집니다. 데이터센터 작업자나 플랜트 소유자는 에너지 절약이 위험과 잠재적 문제를 감수할 가치가 있다고 결정할 수도 있고 그럴 가치가 없다고 생각할 수도 있습니다.

에코 모드는 오프라인 UPS에서 "대기" 또는 "선 대화식" 모드라는 명칭으로 사용되는 기본 작동 모드와 매우 유사합니다¹. 이처럼 전통적으로 더욱 소형인 단상 UPS, 컨버터/정류기 회로는 "오프라인"이며 정상적인 전력 경로의 일부가 아닙니다. 따라서 정상 작동 시에 부하는 기본적으로 유틸리티의 원시 주전원 전력에 노출됩니다. 이 작동 모드는 전통적인 에코 모드로 작동하고 있는 이중 변환 온라인 UPS에서 발생하는 상황과 유사합니다.

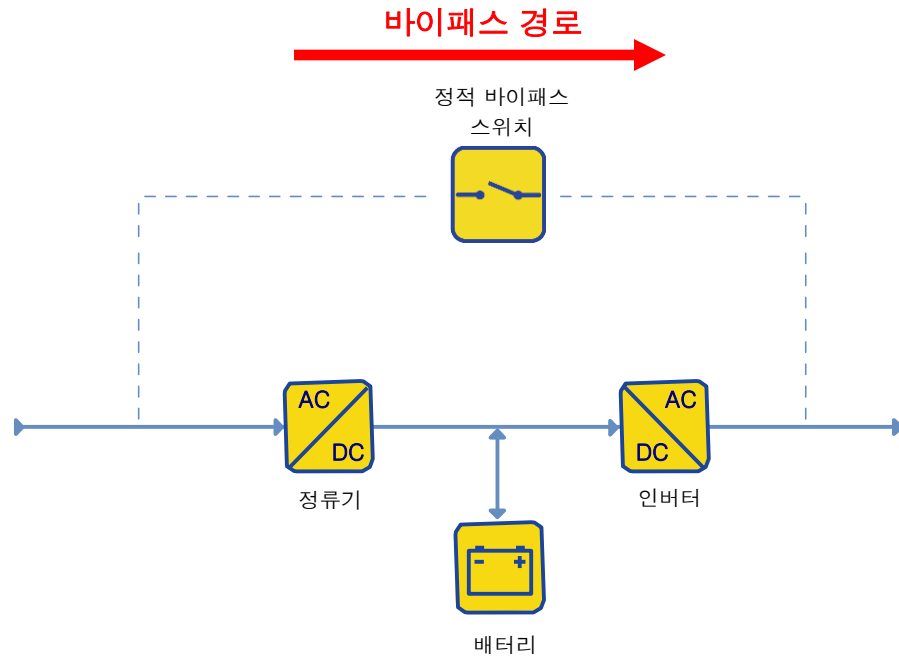
모든 대형 이중 변환 온라인 UPS는 UPS 전력 인버터의 이중화 소스 역할을 하는 등의 여러 기능을 제공하는 "정적 바이패스" 경로를 갖추고 있습니다. 이는 **그림 1**에 도식으로 표시되어 있습니다.

에코 모드에 대한 설명

¹ 백서 1, [다양한 유형의 UPS 시스템](#) 참조

그림 1

이중 변환 온라인 UPS의 전력 흐름에 대한 단순화된 계통도



부하를 공급할 수 있는 두 가지 주된 경로는 온라인(이중 변환) 경로와 바이패스 경로입니다. 부하는 바이패스가 활성화 상태일 때 원시² 무조정 주전원 전력에 연결됩니다. 다음 표는 온라인 모드와 에코 모드 작동에서 각 경로가 사용되는 시기를 보여줍니다.

표 1

에코 모드의 차이점을 보여주는 UPS가 사용되는 전력 경로

	온라인 모드	에코 모드	설명
정상 작동	정류기/ 인버터	바이패스	에코 모드는 부하를 원시 주전원에 노출시킵니다.
전력 장애 시	인버터	인버터	온라인 모드는 전력 장애 시 경로 변경이 필요하지 않습니다.
결함 상태일 때	바이패스	바이패스	거의 발생하지 않음

온라인 작동에서 UPS는 결함이 있을 때만 바이패스 경로를 사용합니다. UPS의 수명에서 이러한 상황은 거의 발생하지 않으며 실제로는 결코 발생하지 않을 수 있습니다. 따라서 온라인 모드에서 임계 부하는 주전원 전력에 문제가 있을 때에도 전력 장애의 영향을 받지 않습니다. 에코 모드에서는 주전원 전력 이상으로 인해 UPS가 바이패스와 인버터사이에서 전력 경로를 전환합니다.

온라인 모드에서 UPS는 계속해서 출력 전압을 재생합니다. 에코 모드에서 부하는 일반적으로 바이패스 경로에 의해 전원이 공급되고 원시 주전원 전력에 부하를 공급할 수 있으며 UPS 인버터는 유틸리티 주전원에 결함이 있을 경우에만 사용됩니다. 에코 모드에서 UPS 인버터는

² 이 맥락에서 "원시 주전원"이라는 용어는 용어는 전력이 주전원과 같은 전압, 파형, 주파수, 접지 시스템, 임피던스 등을 갖는다는 것을 의미합니다. 주전원 자체에 서지 억제와 같은 몇 가지 병렬 보호 기능이 있을 수 있습니다. 변압기가 바이패스 경로에 추가되는 경우가 일부 있지만 이를 통해 접지 시스템과 임피던스를 변경할 수 있으나 파형이나 주파수를 변경할 수는 없습니다. 또한 UPS에는 전압 위상 사이 또는 위상과 접지 사이에 출력 캐패시터가 존재할 수 있습니다. 이러한 캐패시터는 고주파 잡음의 필터링을 제공하지만 올바른 주파수, 전압, 또는 파형은 제공하지 않습니다. 사실상 이들 캐패시터는 나중에 그림 2에서 확인할 수 있는 것과 같은 공명을 추가하여 실제로 전압 왜곡을 악화시킬 수 있습니다.

"대기" 모드로 작동합니다. 기본적으로 이것은 UPS 제어 소프트웨어의 단순한 변경입니다. 그러나 이 백서의 뒷부분에서 설명하겠지만 실제로는 훨씬 더 복잡합니다.

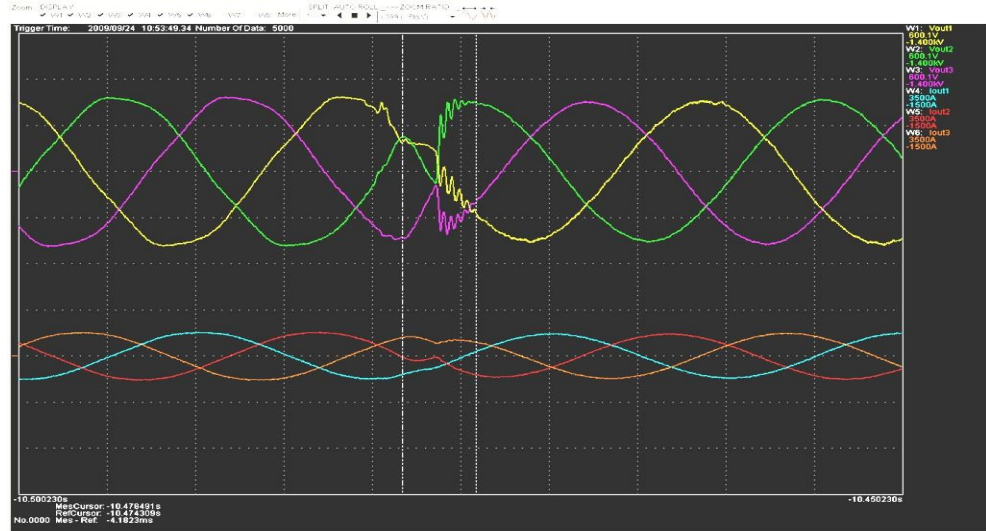
에코 모드의 이점은 기본 UPS 효율성이 94~97%인 것에 비해 바이패스 경로의 효율성은 일반적으로 98~99%라는 것입니다. 이는 에코 모드를 사용하면 UPS 효율성이 2~5% 개선된다는 뜻입니다.

에코 모드의 손실은 이중 변환 온라인 UPS가 일반적으로 제공하는 조절 없이 IT 부하가 원시 유틸리티 주전원 전력에 노출되는 것입니다. UPS는 주전원 전력을 계속해서 모니터링하고 문제가 감지되면 이 문제가 임계 부하에 영향을 미치기 전에 UPS 인버터로 신속하게 전환해야 합니다. 이는 단순한 것처럼 들릴 수 있지만 실제로는 상당히 복잡하고 여러 위험을 수반하며 잠재적으로 몇 가지 부작용이 있습니다(뒷부분에서 설명). 에코 모드로 정전에 대응하는 실제 UPS의 출력 전압 파형의 예는 **그림 2**에 나와 있습니다.

그림 2

정전에 대응하는 표준 에코 모드의 275kVA UPS의 출력 전압 파형

상단 파형은 출력 전압, 하단 파형은 출력 전류



이 벤더는 정전을 감지하고 전송하는 대응 시간이 1.2ms라고 주장하지만 이 예에서는 이러한 성능을 획득하지 못하고 있음이 분명합니다.

여러 벤더에서 에코 모드를 다양한 방식으로 구현하고 있다는 점이 중요합니다. 시스템이 대기 인버터를 작동시키는 방식에는 차이가 있습니다. 모드가 활성화되는 방식에 차이가 있으며 다양한 조건 하에서 정상 UPS 모드로 복귀합니다. 전환 스위치를 제어하기 위한 특허 받은 특별한 방식이 있다고 주장하는 벤더들도 있습니다. 그러나 이들 모두 작은 비율의 효율성 이득에 대한 대가로 임계 부하를 무조정 전력 및 전송 이벤트에 노출시키는 기본적인 개념은 동일합니다. 하지만 벤더가 에코 모드를 구현하는 방식에 따라 부하가 원시 주전원에 노출되는 정도는 크게 최소화할 수 있습니다.

고급 에코 모드

위에서 설명한 것처럼 표준 또는 "전형적" 에코 모드에서는 UPS 인버터가 기본적으로 꺼져 있습니다. 인버터가 대기 상태일 때 유틸리티 정전이 발생하는 경우 **그림 2**에 나온 것처럼 UPS의 출력 전압과 전류 파형 모두가 부정적인 영향을 받게 됩니다. UPS가 정전을 감지하고 인버터를 켜 다음 배터리에서 부하로 청정 전력을 공급하는 데는 시간이 걸립니다. 대부분의 경우 이러한 전송 시간 동안 입력 중단이 UPS 출력에 잠깐 도달하게 되는 것입니다. 그러나 이러한 문제와 표준 에코 모드의 다른 부정적 영향을 크게 줄이는 것도 가능해졌습니다. 펌웨어

제어 체계와 전기 설계의 발전이 "고급 에코 모드"의 탄생을 이끌었습니다. 이 에코 모드 방식은 현재 몇몇 UPS 벤더들이 다양한 수준으로 제공하고 있습니다.

고급 에코 모드에서 정상 작동 중 주된 전력 경로는 표준 또는 전형적 에코 모드와 동일한 바이패스 경로입니다. 그러나 고급 모드에서 인버터는 실제로 부하 전류를 취급하지 않고 병렬로 작동하면서 "켜짐" 상태를 유지합니다. 인버터가 이미 "켜짐" 상태이므로 주전원 장애가 있는 경우 보다 원활하게 출력에 대한 공급을 넘겨받을 수 있습니다. **그림 3**은 표준 에코 모드와 고급 에코 모드의 출력 전압 파형을 비교한 예입니다. 이 예는 정전 발생 시 연결된 모든 부하가 노출될 중단의 감소를 명확히 보여줍니다.

표준 에코 모드에서 작동하고 있는 UPS



고급 에코 모드에서 작동하고 있는 UPS

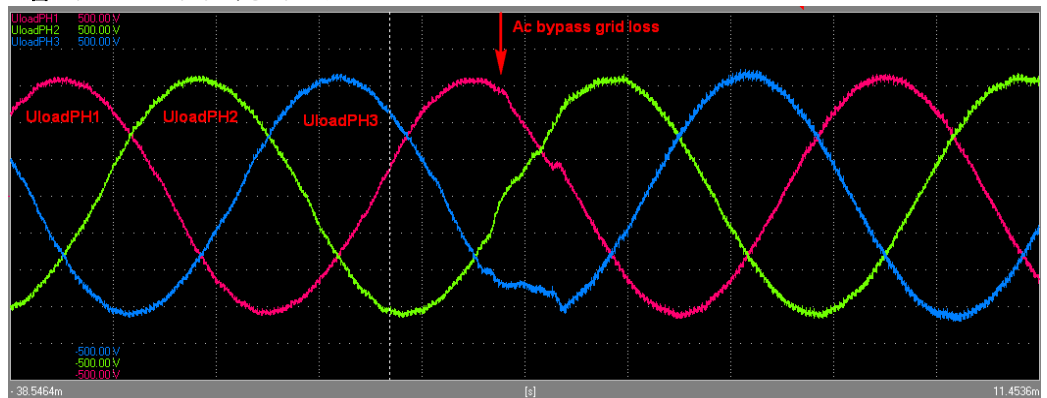


그림 3

상단 이미지는 정전 시에 표준 에코 모드에서 작동하고 있는 3상 UPS의 출력 전압 파형입니다. 하단 이미지는 동일한 정전 발생 중에 고급 에코 모드에서 작동하고 있는 3상 UPS입니다.

고급 에코 모드는 표준 에코 모드보다 뛰어난 다른 장점을 제공할 수 있습니다. 온라인 모드로 작동하고 있는 이중 변환 UPS의 알려진 기능은 유틸리티 주전원 공급을 부하에 의해 발생하는 고조파 전류로부터 보호하는 능력입니다. 이는 유틸리티 주전원이나 대기 발전기와 같은 다른 소스로 고조파가 재주입되는 것을 감소시킵니다. 발전기의 경우 낮은 고조파 전류는 전압 파형 왜곡을 줄이며 발전기가 높은 kW 부하에서 안정적으로 작동하도록 지원할 수 있습니다. 이러한 이중 변환 UPS의 "필터링" 기능은 부하 전류(고조파 포함)가 입력으로 곧장 다시 전달되기 때문에 표준 에코 모드에는 없습니다. 그러나 고급 에코 모드에서는 인버터가 켜지고 출력에 연결되며 부하 전력을 처리하지 않고 있는 경우에도 부하의 고조파 전류를 흡수하도록 제어할 수 있습니다. 기본적으로 이러한 고조파 필터링 기능은 이중 변환 UPS가 에코 모드로 작동하지 않고 있을 때 제공되는 필터링과 거의 같은 수준 및 품질로 고조파를 필터링할 수 있습니다. 에코 모드의 UPS 시스템을 제공하는 여러 벤더들은 이런 유형의 기능을 다양한 수준의 성능으로 구현합니다.

고급 에코 모드는 표준 에코 모드보다 뛰어난 이점을 제공하지만 단점 또한 있습니다. 고급 모드에서 인버터 회로가 "켜짐" 상태이면 UPS의 전체 효율성은 표준 에코 모드에서 작동하는 것처럼 감소합니다. 그 차이는 작지만 일반적으로 0.5~1.0% 범위인 것으로 관찰되고 있습니다. 따라서 고급 에코 모드의 효율성은 표준 에코 모드보다 낮지만 기존의 온라인 모드보다는 뛰어납니다.

에코 모드를 제공하는 대부분의 UPS 시스템은 이 모드를 사용할 필요가 없습니다. 이 모드는 고객 또는 인증 받은 기술자가 활성화하고 구성할 수 있습니다. 그리고 UPS가 고급 에코 모드를 제공하는 경우에는 사용자가 온라인 모드, 표준 에코 모드 및 고급 에코 모드 중에서 선택할 수 있을 것입니다. 이는 고객이 각자의 위험 프로필과 효율성 목표에 적합한 작동 모델을 선택할 수 있도록 추가적인 유연성을 제공합니다. **그림 4**는 표준 및 고급 에코 모드 작동을 모두 제공하는 슈나이더 일렉트릭의 UPS의 예를 보여주고 있습니다.



그림 4

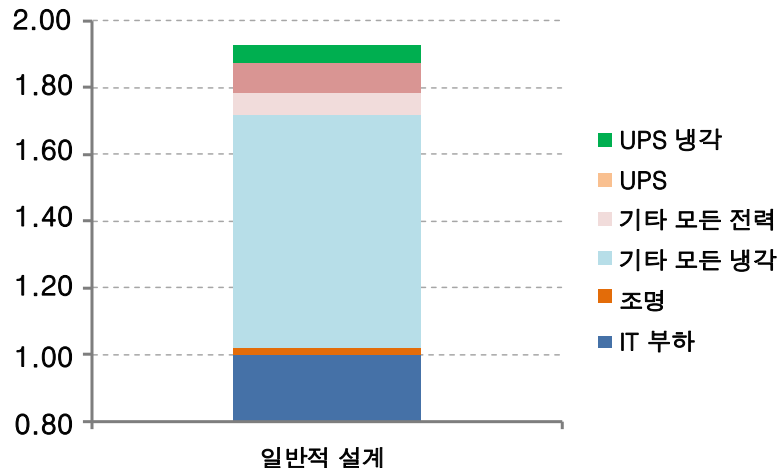
이중 변환, 에코 모드 및 고급 에코 모드에서 작동할 수 있는 UPS의 예(슈나이더 일렉트릭의 ECOConversion™ 모드의 Galaxy VM)

효율성 개선

UPS 시스템은 병원, 공장 또는 데이터센터의 전체적인 비효율성(전기적 "손실")에 영향을 주는 여러 요인 중 하나입니다. 예를 들어 데이터센터의 PUE에 대한 UPS의 일반적인 기여는 **그림 5**에 나와 있습니다.

그림 5

UPS와 다른 시스템의 에너지 소비가 총 PUE에 어떻게 기여하는지 보여주고 있는 일반적인 데이터센터의 PUE

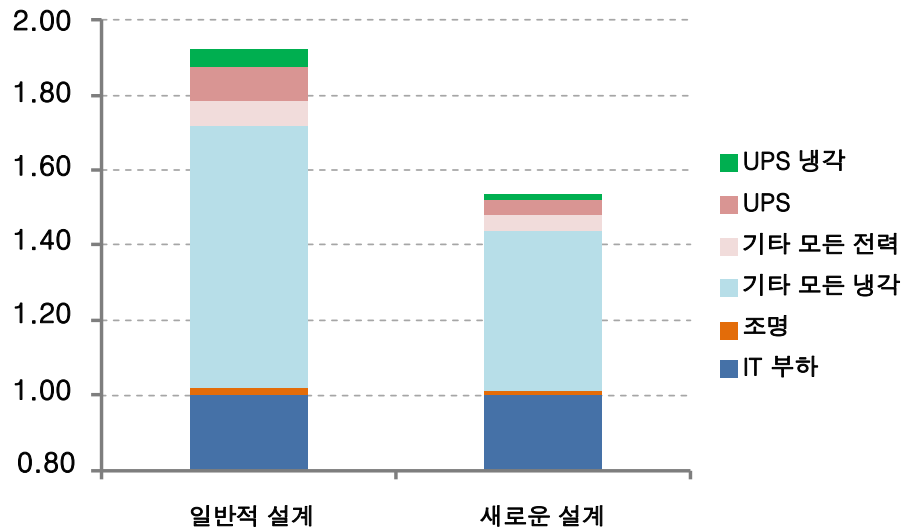


그래프의 수직축은 0이 아닌 0.8부터 시작하며 세부정보를 보여줍니다. IT 부하는 항상 정확히 1.0을 PUE 값에 기여합니다.

위 예를 계속해서 살펴보면 PUE에 대한 UPS의 기여는 두 부분으로 되어 있습니다. UPS 자체에서 사용하는 에너지는 약 9%이며 UPS가 발생시키는 열기를 냉각시키기 위해 사용되는 에너지는 약 5%입니다. UPS 전기 손실에 대한 PUE 기여는 IT 부하의 백분율로 표현되는 UPS 손실과 동일합니다. UPS 냉각 손실에 대한 PUE 기여는 냉각 플랜트에 대한 한계 성능 계수³(COP)로 나눈 UPS 손실과 동일합니다. UPS에 기인한 이러한 손실이 일반적인 PUE 값에 어떻게 기여하는지 설명하기 위해 이들 손실을 **그림 5** 막대 그래프의 가장 위에 있는 두 부분에 표시했습니다.

위 그림은 일반적인 PUE가 1.93인 설치 기반 데이터센터를 나타냅니다. 그러나 설치 기반은 데이터센터에서 사용되는 현 세대 장치를 나타내지 않는 오래된 장비로 구성되어 있습니다. 고밀도 데이터센터 설계에서 현 세대의 장비를 사용하면 **그림 6**에 있는 것과 같은 더 나은 PUE를 달성할 수 있습니다.

그림 6
기본 설치에 비해 현재 설계의 PUE 개선을 보여주는 데이터센터의 일반적인 PUE



PUE가 1.54인 새로운 데이터센터는 설치 기반 값이 1.93인 데이터센터보다 훨씬 우수합니다. 실제로 해당 IT 부하에 대한 전기 요금은 PUE에 직접적으로 비례하기 때문에 **현 세대의 데이터센터는 일반적인 설치 기반과 비교했을 때 동일한 IT 부하에 대한 에너지 사용이 보통 20% 감소할 것입니다.** 이제 에코 모드 사용 시 PUE 개선을 보여주기 위해 **그림 7**과 같이 차트에 세 번째 항목을 추가할 수 있습니다.

에코 모드로 전환하면 UPS 손실은 4%에서 1.5%로 떨어지지만(효율성이 96%에서 98.5%로 개선되는 것에 해당) PUE는 1.54에서 1.50으로 떨어질 뿐입니다. 이는 총 에너지 사용이 2.3%⁴ 절약됨을 나타냅니다. 이 분석에서 데이터센터는 최신 UPS 시스템을 사용해서 50%의 부하로 작동하는 것으로 가정합니다. 그 결과는 기본적으로 다음과 같습니다.

³ 한계 COP는 냉각 플랜트에서 필요로 하는 전력의 증분적 와트당 생성되는 증분적 냉각 용량(단위: 와트)입니다. 일반적인 값 범위는 2~6이며 팬과 펌프 같은 고정 부하로 인해 감소하는 전체적인 냉각 플랜트 COP보다 훨씬 우수합니다(큭니다).

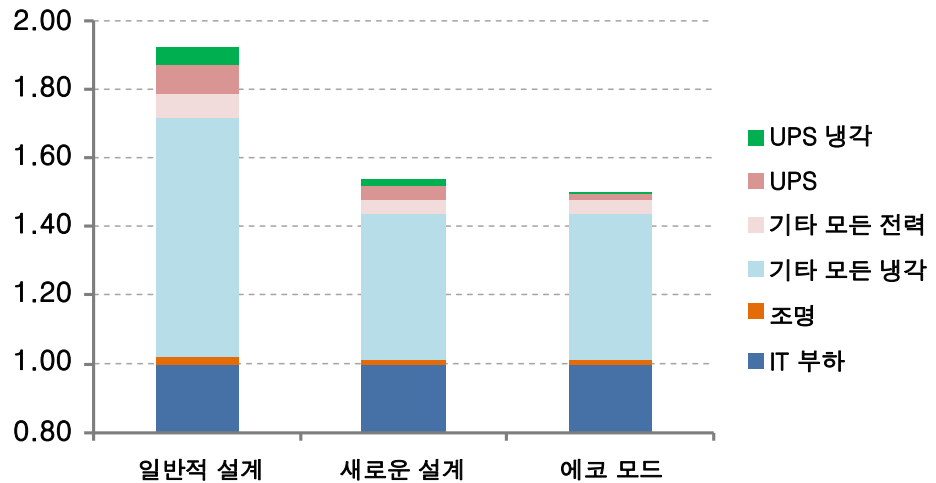
⁴ 2.3%의 총 에너지 사용 절감은 막대 차트의 손실에서 파생된 PUE 값 1.536과 1.500에서 계산했습니다. UPSonNet.com "에코 모드로 UPS 효율성 개선"에 인용된 잘못된 분석의 예: "에코 모드의 이점은 상당히 솔깃합니다. UPS 효율성만 고려해도 평균 약 3.5%의 전력 절약을 얻을 수 있습니다. 냉각 요구사항을 고려해 보면 출력 전력을 9% 가까이 아낄 수 있습니다. 실제로 3.5%의 전력을 절감하는 UPS 효율성은 전체 에너지의 약 3.2%를 절감할 수 있는 것으로 해석할 수 있습니다.

UPS 에코 모드(표준) 사용과 관련된 에너지 절감은 거의 2.3%로, 전기 요금이 0.10달러/kWh인 1MW 정격의 데이터센터가 50% 부하일 때 연간 약 10,000달러에 해당합니다.

UPS만의 에너지 절감은 병원과 공장을 비롯한 모든 애플리케이션에 적용되는 2.54%와 동일합니다.

실제 절약되는 에너지는 선택한 구체적 장비와 아키텍처, 특정 데이터센터의 부하 그리고 현지 전기 요금에 따라 달라지지만 위 내용은 일반적인 상황에 적용되는 절감에 대한 합리적 추산입니다.

그림 7
기본 설치에 비해 현재 설계의 PUE 개선을 보여주는 데이터센터의 일반적인 PUE



전체 시간(100%) 동안 표준 에코 모드로 작동하는 시스템의 에너지 절감 비율은 2.3%로 추산됩니다. 시스템이 일부 시간에만 에코 모드로 작동하는 경우에는 절감 비율이 비례해서 감소합니다. 시스템이 고급 에코 모드를 사용하는 경우에는 고급 에코 모드의 구현과 부하 고조파의 존재 여부에 따라 UPS에 추가적인 손실이 있습니다. 고급 에코 모드의 절감 효과는 표준 에코 모드에 비해 0.5% 가까이 낮거나 약 1.8%가 될 것입니다.

흥미로운 점은 일반적으로 데이터센터의 총 에너지 절감 비율이 UPS 효율성 개선 비율보다 약간 낮다는 것입니다. 에코 모드에 대한 여러 논의는 총 에너지 절감 효과가 UPS 효율성 개선보다 훨씬 높다는 것을 시사하지만 이러한 분석은 UPS 손실이 PUE에 기여하는 방식, 그리고 UPS 손실이 공기 조화기 에너지 사용에 기여하는 방식에 대한 잘못된 가정을 통해 이루어진 것입니다.

2.3%는 중대한 효율성 개선은 아니지만 가치가 있습니다. 그러나 아쉽게도 이 모드를 사용하여 효율성을 개선하기 위한 결정에서 완전히 이해해야 하는 에코 모드 작동과 관련된 중요한 결과가 있습니다. 다음과 같은 사항을 고려해야 합니다.

- 전기 보호의 감소
- 안정성 영향
- 작동 관련 문제

운영자가 에코 모드 사용에 반대하는 결정을 자주 내리게 되는 이유가 되는 이들 요소에 대해서는 다음 섹션에서 설명할 것입니다.

보호 손실

UPS 시스템의 핵심 기능은 예전부터 전압 변동, 주파수 변동 또는 원시 유틸리티 주전원 전력에 존재하는 과도 상태 없이 "청정" 전력을 재생하는 데 사용되어 왔으며, 중심 개념은 그러한 변동이 민감한 임계 부하의 작동을 간섭한다는 것입니다.

그러나 IT 장비를 비롯한 대부분의 전원 공급 장치의 특성이 놀랍도록 개선되었으며 오늘날 판매되고 있는 사실상 모든 장비가 주전원 주파수 변동에 영향을 받지 않으며 지정된 작동 범위 내에 있는 주전원 전압의 변동을 포용할 수 있도록 설계되어 있습니다. 현재의 IT 장비 전원 공급 장치는 안정적인 작동을 위해 이전 세대보다 전력 조정이 덜 필요한 것이 사실입니다.

최신 PC나 서버의 경우, 주전원 전압이 8ms 이상 20% 이상 강하하지 않는다는 것과 손상된 서지 전압이 필터링된다는 것을 보장할 수 있는 경우 안정적으로 작동할 것입니다. 원칙적으로 이는 기본적으로 UPS가 항상 에코 모드에서 실행되는 대기 유형의 데스크톱 UPS를 통해 달성할 수 있습니다. 당연히 이는 전체 데이터센터가 그러한 대기 모드 또는 에코 모드에서 실행될 것임을 시사합니다. 그러나 데이터센터나 병원, 산업 플랜트에서 발생하는 부하는 대형 PC와는 다릅니다. 데이터센터의 UPS 부하는 여러 다양한 종류의 IT 장비와 변압기를 포함한 복잡한 회로 시스템이며 정적 스위치 PDU, 팬, 펌프와 같은 다른 복잡한 장치를 포함하고 있을 것입니다. **PC나 서버는 전력 변동에 대한 대응과 관련하여 특징을 잘 파악할 수 있는 반면, 전체 데이터센터 또는 기타 산업용 애플리케이션의 성능을 보장하는 것은 훨씬 더 어렵습니다.**

에코 모드에서는 전력 문제에 대응하는 데 시간이 걸립니다.

에코 모드는 미래를 예측할 수 없습니다. 에코 모드는 이미 존재하는 문제에 대응하고 인버터로 전환해야 합니다. 이는 다음의 네 가지 상황이 발생할 때까지 UPS를 통해 주전원 전력 문제가 임계 부하까지 전달될 수 있다는 것을 의미합니다.

1. 전력 문제가 감지됩니다.
2. UPS가 대응 여부 및 대응 방법을 결정합니다.
3. UPS 컨버터에 동력이 공급됩니다(참고: 고급 에코 모드에서는 이미 동력이 공급되고 있음).
4. 정적 바이패스 스위치가 작동합니다(개방됨).

실제로 이러한 이벤트는 1~16ms가 걸릴 수 있으며 이 시간 동안 전력 문제가 임계 부하에 영향을 줄 수 있습니다. 다음과 같은 상황을 고려해 보십시오.

- 1~16ms의 전력 손실은 일반적인 2U 서버에 영향을 주지 않는 반면, 전력 변압기의 8ms의 전력 손실은 전압이 복원되었을 때 변압기가 트립 차단기의 포화 상태를 야기할 수 있습니다.
- 정적 스위치가 탑재된 PDU에 전기를 공급하는 회로에 단 몇 ms의 전력 손실이 발생하더라도 이는 해당 스위치에 상태 변경을 야기하며 전체 전력 시스템의 바람직하지 않은 상태 변경(과부하 및 부하 강하 포함)을 초래할 수 있습니다.
- 16ms 미만의 전력 손실은 펌프와 팬의 보호 장치를 작동시켜 예상치 못했던 바람직하지 않은 시스템 상태 변경을 야기할 수 있습니다.
- 1~16ms 범위에서 순간 전압 강하(dips and sags)를 처리할 때 서버처럼 잘 견뎌내지는 못할 수 있는 기타 보조 장치 및 스위치와 같은 비 서버 IT 장치가 있습니다.
- 표준 에코 모드 UPS 시스템에서 사용되는 정적 스위치는 주전원 전압이 인버터 전압보다 낮거나 주전원 전압의 부호 변환점에 있을 때만 전송할 수 있습니다. 바이패스 스위치를 최대 8ms 동안 제거할 수 없는 무효율(reactive power factor)의 부하와 같은 조건이 있기

때문에⁵ 공급에서 8ms 미만의 간극을 보장하는 것은 불가능합니다. 고급 에코 모드에서는 UPS 인버터에 부하의 무효 전류를 흡수하도록 명령할 수 있으므로 이러한 문제를 해소하고 전력의 격차를 줄일 수 있습니다. 이 작동 모드는 **그림 4**에 묘사되어 있는 UPS에서 제공되지만 고급 에코 모드의 모든 구현에 제공되는 것은 아닙니다. 8ms 미만의 중단이 필요한 경우에는 제안된 특정 UPS의 에코 모드에 대한 상세한 분석이 필수적입니다.

- 전력이 부하로 흐르고 있는 경우에는 일반적인 정적 바이패스 스위치를 개방할 수 없기 때문에 UPS가 하위 사이클 주전원 과전압을 즉시 감지하더라도 에코 모드의 UPS는 이러한 과전압으로부터 부하를 보호할 수 없습니다.

고조파와 에코 모드

분리 문제는 고조파를 수반합니다. 기존의 UPS에서(그리고 고급 에코 모드를 사용하는 UPS에서 상당한 정도까지) 부하는 주전원 **전압**의 고조파 성분으로부터 격리되며, 역으로 주전원은 부하 **전류**의 고조파 성분으로부터 격리됩니다. 표준 에코 모드에서는 이들 기능이 모두 실패합니다. 현재 IT 부하가 정격 부하에서 고조파 전류 구성이 낮은 것은 사실이지만 에너지 절전 모드 중에 상당한 고조파 구성이 있기 때문에 전체 전력 시스템에 영향을 줄 수 있습니다. 이뿐 아니라 데이터센터, 병원 및 산업용 애플리케이션은 임계 부하를 초과해서는 안 되는 고조파 전압을 주전원에 야기할 수 있는 냉각기, 팬, 펌프용 대형 모터 드라이브로 인해 악명이 높습니다. 고조파 문제는 대부분의 데이터센터에서 중요한 요소가 아니겠지만 에코 모드를 사용하려면 이를 연구하거나 완화할 필요가 있습니다.

에코 모드의 사용은 추가적 관리 및 분석이 필요합니다.

이 섹션에 기술된 모든 문제는 기술적으로 해결할 수 있습니다. 그러나 전기 설계의 모든 측면의 특징을 철저히 파악하고 분석하지 않는 한 이들 문제가 특정 설비에서 중요한 요소가 아니라는 것을 보장하는 것은 매우 어려운 일입니다. 에코 모드 사용에 따른 전력 보호 감소가 수용할 수는 있지만 무시할 수는 없는 문제라는 것은 분명합니다. 대부분의 애플리케이션은 장치들이 복잡하게 배열되어 있고 이들의 상호작용의 특징은 잘 파악되어 있지 않으며 에코 모드의 전력 보호 감소 상태에서 시스템이 안정적으로 작동할 수 있음을 보장하는 것은 불가능합니다. 따라서 모든 문제를 연구하고 테스트할 수 있는 고도로 표준화되고 사전 엔지니어링된 전기 아키텍처가 에코 모드의 사용에 가장 적합합니다.

안정성 영향

이전 섹션에서는 에코 모드에서 야기되는 전력 보호의 감소에 대해 설명했습니다. 이 섹션에서는 시스템 안정성에 영향을 줄 수 있는 문제들에 대해 설명합니다.

열 충격 및 사이클링

에코 모드에서 작동하는 시스템은 인버터를 작동시키고 감지된 전력 이벤트에 대응하기 위해 전환해야 합니다. 전환 이벤트의 발생 빈도는 UPS의 감도 설정, 주전원 전력 품질 그리고 다른 장비에 의해 시설 내에서 발생하는 전력 장애를 비롯한 여러 요인에 따라 달라집니다. 이러한 이벤트가 한 달에 한번 발생하거나 한 시간에 한번 발생하거나 상관없이 UPS 인버터에

⁵ 부하에 무효 전력이 있는 경우 AC 전압 파형 중에 부하 전류는 음이지만 부하 전압은 양인 시기가 있습니다. 이러한 시기 중에 저임피던스 위상 결함 조건으로 입력 주전원에 결함이 있는 경우, 정적 바이패스의 실리콘 제어 정류기는 닫힌 상태를 유지하며(꺼짐 명령이 내려진 경우에도) 출력을 (결함 있는) 입력 전압으로 유지할 것입니다. UPS 인버터는 이를 결함 조건으로 간주할 것이며 모든 UPS 출력 전류는 부하를 공급하는 대신 주전원에 역송공급할 것입니다. 이 상태는 8.3ms(60Hz) 또는 10ms(50Hz)가 될 수 있는 AC 라인의 다음 부호 변환점까지 지속될 것이며, 이때 정적 바이패스가 개방되고 인버터가 부하를 공급할 것입니다.

적용되는 전력의 단계 변경은 인버터에 적용되는 부하 전류 단계를 생성하며 이는 시스템에 열 이벤트와 충격을 야기합니다. 열 저항이 전력 시스템 장애의 일차적 원인이라는 점은 잘 알려져 있습니다.

더욱 심각한 문제는 열 저항이 UPS가 가장 필요한 시기에 정확하게 적용되며 다른 대안은 없다는 것입니다. 따라서 시스템에서 가장 필요로 하는 정확한 시간에 발생하는 고장 위험에 중점을 둘 것입니다.

에코 모드 없는 정상적인 UPS 작동에서는 주전원이 정전일 때 열 충격이나 열 저항이 없습니다. UPS 인버터가 우발적인 고장을 겪는다면 이는 주전원 전력이 존재할 때인 경우가 거의 확실하기 때문에 UPS는 부하 강하 없이 바이패스로 이동할 것입니다.

구성품 마모

대부분의 전기 구성품의 수명은 시간의 경과에 따라 작동 온도와 전류 스트레스의 영향을 받습니다. UPS가 에코 모드로 작동하고 있을 때 UPS 정류기와 인버터, 관련 캐패시터와 기타 장치는 기본적으로 바이패스되며 부하에 의미 있는 전력을 제공하지 않습니다. 이는 이러한 장치의 온도를 낮추고 장치 수명을 연장시키며 고장률을 줄입니다.

그러나 UPS의 고장률이 UPS 기능 손실이나 임계 부하 중단과 직접적인 관련이 있는 것은 아니라는 사실을 반드시 유념해야 합니다. UPS 인버터나 정류기의 고장은 대체로 주전원이 있을 때 발생하고 UPS가 바이패스로 전환하여 부하를 보호하기 때문에 일반적으로 부하를 강하시키지 않습니다. 따라서 구성품 마모의 감소는 에코 모드의 이점이지만 이전 섹션에서 설명했던 열 충격 및 사이클링으로 인한 위험을 반드시 상쇄하거나 균형을 맞추는 것은 아닙니다.

배터리 수명

에코 모드와 배터리 수명에 관련하여 흥미로운 요소가 두 가지 있으며 이는 배터리 마모와 배터리 작동 온도입니다.

인버터 작동으로의 전환은 일반적으로 주전원 전력이 존재하고 배터리 충전기가 기능할 수 있을 때에도 배터리의 순간 작동을 유발합니다. 이는 에코 모드 작동이 이중 변환 모드로 작동하는 동일한 UPS보다 훨씬 더 자주 배터리로 전환되어야 한다는 것을 의미합니다. 그러한 이벤트가 몇 달에 한 번 정도만 발생한다면 아무런 영향도 없을 것이지만 하루에 몇 차례씩 발생한다면 불필요한 배터리 마모가 발생할 것입니다. 이 추가적인 배터리 마모는 에코 모드의 구현, 현지 전력 품질 및 에코 모드 설정에 따라 달라집니다. 배터리 마모를 예측하는 것은 어려울 것이므로 특정 장소에서 실제 경험과 함께 시간의 흐름에 따라 파악해야 합니다.

원칙적으로 에코 모드가 보다 효율적이므로 UPS는 열을 덜 발생시킵니다. 이는 배터리가 더 차가운 상태에서 작동하기 때문에 수명이 더 오래 간다는 것을 의미할 수 있습니다. 하지만 실제로는 이러한 효과를 가정할 수 없으며 배터리 온도는 UPS 설계로부터 크게 영향을 받을 것입니다. 예를 들어, 배터리가 UPS 팬에 의해 냉각되고 이러한 팬이 에코 모드에서는 꺼진다면 배터리는 에코 모드에서 실제로는 더 높은 온도에서 작동할 수 있습니다. 배터리가 UPS 전력 전자로부터 격리된 캐비닛에 있을 경우 에코 모드로부터 전혀 영향을 받지 않을 것입니다. 따라서 에코 모드가 배터리 수명에 미치는 영향에 대한 일반적인 가정은 불가능하며 배터리 온도에 대한 에코 모드의 영향은 개별적으로 확립되어야 합니다.

결함 제거

정상적인 설정의 UPS는 출력 결함을 감지하며 차하위 보호 장치를 빠르게 개방하기 위해 필요한 추가적인 결함 제거 전류를 얻을 수 있도록 바이패스로 전환합니다. 이는 결함 상황 중에 장애 IT 부하의 가동 중단 시간을 방지할 수 있는 중요한 기능입니다. 그러나 UPS가 에코 모드에 있으면 출력 결함을 입력 전력 손실과 구분하는 것이 매우 어려울 수 있습니다. 출력 결함 중에 에코 모드의 UPS는 인버터로의 전환을 야기하는 입력 전압 강하를 감지할 수 있으며, 이는 결함 제거 시간을 연장하고 임계 부하를 순간적인 전력 손실에 노출시킬 수 있습니다. Eaton과 같은 몇몇 벤더들은 자신들의 에코 모드 UPS에 정교한 제어 및 감지 알고리즘이 있어서 이런 문제를 줄일 수 있다고 주장합니다. 그럼에도 불구하고 이러한 문제는 에코 모드의 효율성 이점이 다양한 비용 및 위험과 균형을 맞추기 위해 고려해야 하는 추가적 요소입니다.

작동에 대한 영향

에코 모드 사용은 작동에 중요한 영향을 미칠 것이므로 이를 인식하고 대비하는 계획을 마련해야 합니다. 이에 대해서는 다음 섹션에서 설명합니다.

테스트

에코 모드의 동작은 위치에 따라 다릅니다. 에코 모드 동작은 주전원 전력 품질의 영향을 받으며 시설 내 다른 부하의 영향도 받게 됩니다. 이런 이유 때문에 에코 모드가 설비와 호환되는지 여부를 확인하고 적절한 에코 모드 설정을 결정하기 위해 테스트를 수행하는 것이 중요합니다. 여기에는 시운전 테스트뿐만 아니라 장치가 의도대로 작동하고 있는지 확인하기 위한 지속적인 측정도 포함됩니다.

실제 데이터센터나 병원에서 에코 모드가 안정적으로 작동하는지를 검증하는 것은 어려운 일입니다. 테스트 중에 시뮬레이션하기가 매우 어려운 다양한 유형의 출력 과도와 이벤트가 많이 있습니다.

에코 모드 설정

모든 에코 모드 UPS 시스템에는 장소나 사용자 선호도에 맞게 조정할 수 있는 다양한 설정이 있습니다. 일반적으로 이러한 설정은 에코 모드와 관련된 지연이나 민감도를 조정하는 것을 포함합니다. 에코 모드 민감도가 너무 높은 경우에는 사소한 주전원 장애에 대해 과잉 반응을 보이고 너무 자주 인버터를 활성화할 수 있습니다. 민감도가 너무 낮으면 에코 모드가 중요한 전력 문제에 대응하기까지 너무 오랜 시간이 걸릴 수 있습니다. 또한 UPS는 일반적으로 전력 문제가 확인되면 에코 모드를 잠시 비활성화했다가 일정 시간 동안 전력이 안정된 후에 재활성화하는 기능이 있습니다. 이 기능과 관련된 설정도 있을 것입니다. 이러한 설정은 다양한 UPS 벤더들 전반에서 표준화되어 있지 않으며 서로 다른 명칭으로 통용되거나 다르게 작동할 수 있습니다.

어떤 벤더는 에코 모드가 켜지는 시간을 정하는 기능을 제공합니다. 예를 들어, IT 안정성이 덜 중요한 야간 및 주말에 에코 모드가 켜지도록 프로그래밍할 수 있습니다.

에코 모드 설정은 시간의 경과에 따라 조정이 필요할 수 있으며 현재 설정과 설정 내역은 문서화해야 합니다.

절차

운영 관리자는 에코 모드 사용과 관련된 절차를 확립할 것인지 여부를 고려해야 합니다. 예를 들어 빈번한 전환이 관찰되는 경우 에코 모드를 비활성화하는 절차를 확립해야 합니다(이는

근처의 시공 작업 등에 의해 야기될 수 있습니다). 다른 가능성은 시스템 복원력을 개선할 수 있도록 폭풍이 임박했을 때 에코 모드를 비활성화하는 절차를 확립하는 것입니다⁶.

전력 포렌식

데이터센터와 병원 같은 고가용성 애플리케이션에서는 실제 부하 강하 또는 고장이 발생한 경우 근본 원인 식별이 필요한 경우가 많습니다. PowerLogic™ ION 시리즈 측정기 및 소프트웨어와 같은 기록 및 포렌식 기능이 있는 전력 측정기는 나중의 분석을 위해 정전 이벤트 중에 전력 세부사항을 기록할 수 있으며 일반적으로 이런 용도로 사용됩니다. 고객은 데이터센터의 전력 포렌식 필요성을 줄이기 위해 UPS 시스템 격리에 의존하거나 비용 또는 기타 이유로 이 기능을 포기할 수도 있습니다. 그러나 에코 모드를 사용하는 경우 임계 부하의 무조정 전력에 대한 노출은 UPS의 모드 전환 발생 빈도의 증가와 더불어 전력 문제의 근본 원인을 파악하려는 요구가 있을 때 전력 포렌식의 필요성을 크게 증가시킵니다.

⁶ 어떤 벤더들은 UPS로 전달되는 소프트웨어 기상 경보를 통해 이 기능을 자동화하는 것에 대해서도 설명했습니다.

결론

에코 모드는 데이터센터, 병원 그리고 다른 UPS 애플리케이션에서 에너지를 절약하기 위한 잠재적 방법을 대표합니다. 데이터센터 운영자는 에코 모드가 활성화되면 전체 에너지의 약 2~3%가 절감될 것으로 기대할 수 있습니다. 데이터센터가 매우 가벼운 전력 부하에서 작동하는 경우에는 더 높은 비율로 절감할 수 있습니다. 최신 UPS 시스템이 효율성을 개선하면서 에코 모드와 관련된 에너지 절감은 줄어들고 있습니다.

에코 모드의 사용은 위험을 수반합니다. 에코 모드는 데이터센터의 여러 가지 새로운 작동 모드를 소개하며 전력 보호를 감소시킵니다. 현재의 전원 공급 장치와 IT 장비는 이전 세대의 유사한 장비에 비해 전력 변동에 대한 회복력이 훨씬 우수하며, 이는 이 장비가 에코 모드를 사용할 때 안정적으로 작동해야 한다는 점을 시사합니다. 그러나 IT 장비, 변압기, 전환 스위치 및 기타 비 IT 부하의 혼합으로 구성된 복잡한 시스템은 드물게 발생하는 비정상적인 전력 이벤트에 대응하는 예측성이 떨어지며 에코 모드와의 호환성이 좀 더 불확실합니다. 이러한 고려사항은 과거에 실제 데이터센터의 에코 모드 사용을 크게 제한해 왔으며 앞으로도 계속 그럴 것으로 보입니다.

그러나 고급 에코 모드의 출현은 이러한 위험(이미 드물어진)을 크게 감소시켰으며 표준 에코 모드에 비해 적은 비용으로 효율성을 개선했습니다. 고급 에코 모드는 표준 에코 모드에서 작동하는 것에 비해 연결된 부하에 대한 보호 기능을 개선하는 동시에 에너지를 절감해줍니다. 다양한 벤더가 고급 에코 모드를 다양하게 구현하고 있으며 다양한 UPS 제품들은 결합 대응, 고조파 완화 및 기타 특성에 상당한 차이가 있습니다.

에코 모드의 작동은 이어달리기에서 배턴을 넘기는 것과 비슷합니다. 바르게 작동하는 것이 매우 중요하지만 배턴을 넘기는 각 상황은 약간씩 다르며 아주 드물게 문제가 생길 수 있습니다. 이런 이유 때문에 에코 모드는 배턴을 넘기는 횟수가 가능한 적은 상황(예: 전력 품질이 우수한 경우)에서 사용되어야 합니다.

데이터센터, 병원 및 산업 설계가 더욱 표준화되고 장비는 지속적으로 개선되며 에코 모드를 사용하는 실제 경험이 축적되면서 에코 모드에 대한 예측 가능성과 자신감은 개선될 것입니다.



저자 소개

Neil Rasmussen은 Innovation for Schneider Electric의 수석 부사장이다. 그는 핵심 네트워크의 전력, 냉각, 랙 인프라를 위한 세계 최대의 R&D 예산의 기술적 방향을 수립한다.

Neil은 고효율, 고밀도 데이터센터의 전력과 냉각 인프라에 관한 25개의 특허를 보유하고 있으며 전력 및 냉각 시스템에 관한 50권 이상의 백서를 발표했다. 이 백서의 대부분이 10개 이상의 언어로 출간되었다. 가장 최근에는 에너지 효율성 개선에 주력하고 있다. 그는 고효율성 데이터센터라는 주제에 관하여 국제적으로 인정을 받는 기조 연설자이다. 고효율과 고밀도, 확장성을 갖춘 데이터센터 인프라 솔루션 과학을 발전시키기 위한 연구를 진행 중인 Neil은 APC InfraStruXure 시스템의 주요 설계자이기도 하다.



[다양한 유형의 UPS 시스템](#)

백서 161



[모든 백서 찾아보기](#)

whitepapers.apc.com



[모든 TradeOff Tools™](#)

[찾아보기](#)

tools.apc.com



문의하기

이 백서의 내용에 대한 피드백과 의견은 다음으로 보내주십시오.

Data Center Science Center
dcsc@schneider-electric.com

자사의 데이터센터 프로젝트에 대한 질문이 있는 고객은

Schneider Electric 담당자에게 문의하십시오.
www.apc.com/support/contact/index.cfm