

모드결환식 다기능 무정전 전원장치

김제홍

영동대학 전기자동화과

Multifunctional UPS with Mode Transfer Method

Je-Hong Kim

Yeongdong College

Abstract - This paper proposes a new control strategy of multifunctional uninterruptible power supply(UPS) with the performance of active power filter which compensate the harmonics and reactive power. To improve the transient response for the effective compensation in active power filter mode, it is considered that a simple and precise calculation method of the compensation reference current for the harmonics and reactive power compensation. So a novel closed-loop control strategy is used to calculate the reference current. And the current regulated instantaneous voltage control scheme is used in back-up power mode. The system model and control algorithm are described and analyzed, and the system performance is verified by the simulation results.

1. 서 론

최근 급속도로 발전하고 있는 사무자동화(OA)나 공장자동화(FA) 기기에 이용되는 컴퓨터 정보통신망 시스템은 전원전압의 변동에 매우 민감해서 전압강하나 순간정전시 경지하거나 오동작을 일으키게 되어 정보를 파괴시키기도 한다. 따라서, 이러한 상용전원측의 해로운 영향들을 억제하고 일정전압 일정주파수(Constant voltage constant frequency; CVCF)의 안정된 전력을 주요부하기기에 공급하기 위하여 무정전 전원장치(Uninterruptible power supply; UPS)가 도입되었다.[1-3]

본 논문에서는 기존의 예비전원장치의 기능을 가지면서 전원계통과 부하가 직접 연계된 경우에 부하에서 발생된 고조파 및 무효전력을 전력변환장치가 보상하는 전력용 능동필터 기능을 가지는 다기능 무정전 전원장치를 제안하고자 한다. 제안된 시스템은 단지 하나의 전력변환장치를 사용하지만 충전기 및 정류기 기능과 고조파 억제 및 무효전력 보상 기능과 배터리 저장전력 공급 기능 등을 가지고 있다. 이 시스템의 동작은 전력용 능동필터 모드(Active power filter mode; APF Mode)와 배터리 방전전력 모드(Battery back-up power mode; BBP mode)의 2개의 동작모드로 구분된다. 즉, 상용전원이 정상일 경우는 전원계통에 부하와 병렬로 접속되어 부하에서 발생하는 고조파 및 무효전력을 보상하고 전원전류를 정현파화하고 입력역율을 개선하며 배터리의 충전동작을 수행하여 배터리 전압이 일정한 값으로 유지되도록 한다. 한편, 상용전원이 불량하거나 정전 시에는 배터리로부터 직류전력을 공급받아 교류전력으로 변환하여 부하로 교류전력을 공급한다. 이 시스템은 정상시에는 고조파 전류 및 무효

전력만 보상하고 비교적 손실이 적어서 효율이 높다. 또한, 별도의 충전기와 절연용 변압기를 사용하지 않아도 되므로 크기가 작고 효율이 높고 경제적이다. 그리고 본 논문에서는 전력용 능동필터 모드에서 부하의 고조파 전류 및 무효전력을 정확히 보상하기 위해서 단순하면서도 정확한 보상이 가능한 폐-루프 방식의 새로운 기준 전류계산방법을 제안한다.

마지막으로 제안된 전력용 능동필터형 다기능 무정전 전원장치에 대한 디지털 시뮬레이션을 수행하여 제안된 이론의 타당성을 입증한다.

2. 시스템 설명

그림 1은 제안된 다기능 UPS 시스템의 형태를 보여준다. 그것은 쌍방향 컨버터와 배터리로 구성되어 있으며 LC 저역통과 필터를 통해 상용전원계통에 연결된다. 쌍방향 컨버터의 DC 입력전류는 전력용 반도체 스위치들의 스위칭패턴에 의존하며 DC 성분과 많은 고조파전류들을 포함한다. 만약 고조파전류가 배터리로 직접흐른다면, 그것은 열손실을 일으킨다. 따라서, 종래에는 컨버터와 배터리 사이에 고조파성분을 제거하기 위하여 대부분 LC 저역통과필터를 사용하였는데, 제안된 시스템에서는 LC직렬공진형 필터를 설치하여 전원주파수의 2배에 대해 공진을 일으키게 하므로서 주파수를 제거하도록 하였다. 그리고 병렬 평활용 커패시터는 스위칭패턴에 의하여 발생하는 고조파성분들을 억제하는 기능을 가지도록 하였다.

상용전원이 정상일 경우, 역병렬 사이리스터 스위치들은 AC 상용전원이 부하에 AC 전력을 공급하도록 ON상태가 된다. 그때, 쌍방향 컨버터는 비선형 부하에 기인한 고조파 및 무효전력의 보상을 위하여 그림 2와 같이 전력용 능동필터모드(Active power filter mode; APF mode)로 동작한다.

상용전원이 정전이 되거나 불량할 경우는 그림 3과 같이 배터리 백-업 전력모드(Battery back-up power mode; BBP mode)로 동작하며, 사이리스터 스위치들은 쌍방향 컨버터가 부하에 배터리 백-업 전력을 공급하도록 OFF 상태로 된다.

3. 전력용 능동필터 모드

상용전원이 정상인 경우 부하에서 필요로 하는 전력은 기본적으로 상용전원으로부터 공급받는다. 이 경우에 비선형 부하특성에 기인하여 상용전원에는 고조파 및 무효전력이 발생

하여 상용전원전압이 이상적인 정현파라 할지라도 상용전원 전류는 고조파가 포함되고 위상이 지연된다. 따라서, 상용전원 전류를 전원전압과 동상의 정현파로 유지하기 위하여 부하에서 요구하는 고조파 및 무효전력을 전력변환장치로부터 보상받을 수 있도록 전력변환장치는 전력용 능동필터모드로 동작한다. 전력변환장치가 전력용 능동필터로 동작하는 경우에는 전력변환장치의 교류 출력측에는 무효전력만이 흐르게 되므로 전력변환장치에서의 손실을 무시하면 전력변환장치의 직류측 커패시터 양단의 전압은 평균적으로 일정하다. 그러나 전력변환장치의 스위칭 소자에서의 손실과 계통선에서의 손실과 배터리의 손실 등을 고려한다면 직류측 전압은 전력변환장치의 동작에 따라서 점점 감소하게 된다. 따라서, 전력변환장치의 제어동작이 정상적으로 이루어질 수 있으려면 직류 전압을 일정하게 유지하여야 하는데 이를 위하여 상용전원으로부터 유효전력을 공급받는다.

그림 4는 제안된 알고리즘을 사용한 전력용 능동필터 모드의 제어블럭도를 나타낸다. 전력변환장치는 전력용 능동필터 모드에서 전력용 능동필터와 배터리 충전기의 성능을 가진다.

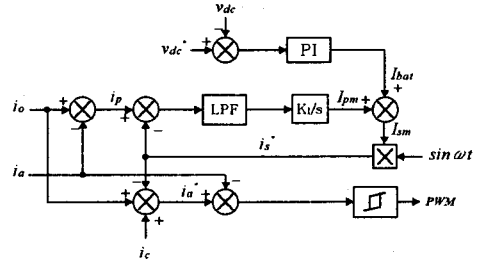


Fig. 4 Control block diagram of the proposed APF mode.

4. 배터리 백-업 전력모드

만약 상용전원이 정전되거나 표준전압범위를 벗어나 있다면 그때 사이리스터 스위치들은 오프되며 양방향 전력용 컨버터는 배터리의 직류 방전전력을 부하로 공급한다. 따라서, 전력용 컨버터는 직류전력을 교류전력으로 변환하기 위한 인버터로서 동작하며 이것은 제안된 시스템의 배터리 방전전력 모드에 해당된다.

상용전원이 오프되면 유효전력과 무효전력은 배터리로부터 부하로 직접 공급된다. 배터리 방전전력 모드에서 전력용 컨버터의 교류 출력전압은 이상적인 전압원이 된다. 무정전 전원장치 시스템의 부하는 일반적으로 비선형 부하이다. 그러므로, 무정전 전원장치의 과도상태응답을 어떻게 개선하고 출력전압을 어떻게 제어할 것인가가 중요한 문제로 대두된다. 왜냐하면, 출력전압 파형의 왜형은 전압제어기의 과도상태응답의 성능에 의존하기 때문이다. 즉, 과도응답특성이 우수한 전압제어기를 사용하면 무정전 전원장치의 출력전압의 파형은 비선형 부하에서도 정현파가 될 것이다. 이 논문에서는 이중제어루프의 형태로 외부 루프의 순시전압제어기와 내부 루프의 순시전류제어기를 사용하여 무정전 전원장치의 출력전압파형이 비선형 부하에서도 정현파를 유지하도록 하였다. 이때, 내부 루프 전류제어기의 제어동작은 외부 루프 전압제어기의 제어동작보다 10배 정도 빠르게 구성하는 것이 일반적이다.

배터리 방전전력 모드에서 제안된 시스템은 빠른 과도응답특성을 가지도록 이중제어루프(Double control loop)에 의하여 출력전압의 순시제어가 수행된다. 이는 커패시터 양단의 전압과 인덕터에 흐르는 전류사이에는 선형적인 관계가 있으며 출력측 커패시터 양단의 전압을 제어함에 있어서 전압제어루프의 내부에 인덕터에 흐르는 전류의 제어루프를 설치함으로써 부하가 변동하는 과도상태나 정류기와 같은 비선형 부하계통에서도 출력전압파형을 정현파로 유지할 수 있기 때문이다.

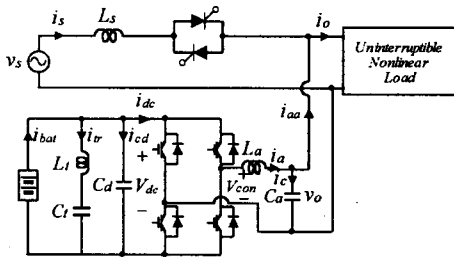


Fig. 1 Configuration of proposed multifunctional UPS system.

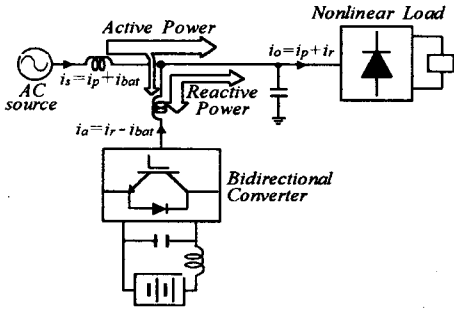


Fig. 2 Power flow of active power filter mode.

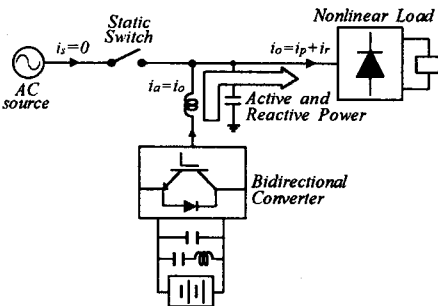


Fig. 3 Power flow of battery back-up power mode.

그림 5는 배터리 방전전력 모드의 제어블럭도를 나타낸 것이다.

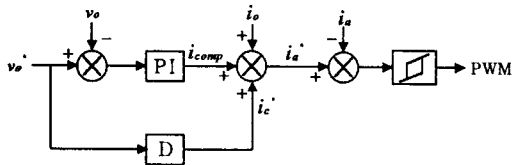


Fig. 5 Control block diagram of the battery back-up power mode.(D: differentiator)

5. 시뮬레이션

그림 6, 7 그리고 8은 제안된 시스템에 대한 시뮬레이션 결과들을 보여준다. 커패시터 입력형 다이오드 브리지가 비선형 부하로서 계통에 연결된다.

그림 6은 동작모드 전환시 상용전원전류, 부하전류와 보상전류를 보여준다. 상용전원이 정상일 때, 전력용 컨버터는 전력용 능동필터로서 동작하고 있다. 그리고 컨버터는 무효전류 성분으로서 보상전류를 공급한다. 상용전원이 정전이 되었을 때, 컨버터는 AC 부하전류를 공급한다.

그림 7은 동일모드에서 상용전원전압, UPS출력전압 그리고 DC 배터리 전압을 보여준다. UPS 출력전압은 상용전원이 비정상일지라도 변화되지 않는다. 그러나 동일상황에서 DC 배터리 전압은 AC 부하전력을 공급하기 위한 방전동작으로서 감소된다.

그림 8은 부하변동시 상용전원전류, 부하전류 그리고 보상전류를 보여준다. 부하전류의 증가 또는 감소시, 전원전류 역시 증가되거나 감소되지만 고조파와 무효전력의 보상 때문에 결코 왜형되지 않는다.

제안된 APF 모드와 배터리 백-업 전력모드들이 잘 동작함을 알 수 있다. 그리고 또한, 상용전원이 정전이 되거나 부하가 변동할지라도, 제안된 시스템의 과도상태특성이 우수함을 알 수 있다.

6. 결 론

본 논문에서는 기존의 예비전원장치의 기능을 가지면서 전원계통과 부하가 직접 연계된 경우에 부하에서 발생된 고조파 및 무효전력을 전력변환장치가 보상하는 전력용 능동필터 기능을 가지는 다기능 무정전 전원장치를 제안하였다. 그리고 제안된 다기능 무정전 전원장치의 전력회로와 제어기법 등이 검토되고 연구되었다.

참고문헌

1. J.H.Kim, et. al.: A bi-directional UPS with the performance of harmonic and reactive power compensation, *PEDS Conference'97*, 1997, pp.323 - 328

2. H.L.Jou, et. al.: A new parallel processing UPS with the performance of harmonic suppression and reactive power compensation, *IEEE-PESC Conference '94*, 1994, pp.1443-1450

3. C.Y.Hsu, et. al.: A new single phase active power filter with reduced energy storage capacitor, *IEEE-PESC Conference '95*, 1995, pp.202-208

4. S.Tepper, et. al.: A simple frequency independent method for calculation of the reactive and harmonic current in a nonlinear load, *IPEC Conference '95*, 1995, vol.1, pp.370-375

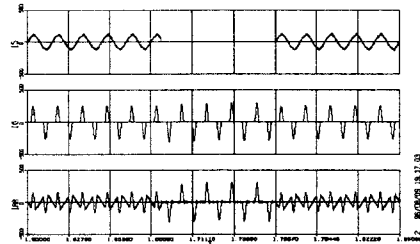


Fig. 6 Simulation results with the diode rectifier load; (upper) utility line current (middle) load current (lower) converter output current

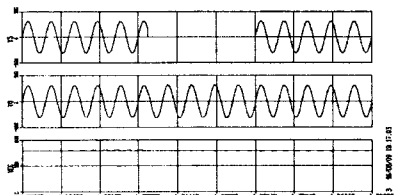


Fig. 7 Simulation of the proposed system with the diode load. (upper) utility voltage, (middle) output voltage, (lower) battery voltage

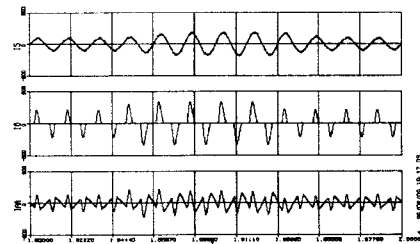


Fig. 8 Simulation results with the diode rectifier load under the load change; (upper) utility line current (middle) load current (lower) converter output current