

능동필터 겸용 무정전 전원장치

강유리* 김원호** 김중수** 임근혁**
 * 러시아 전기물리설비연구소 ** 한국전기연구소

Parallel processing of an active filter and a UPS

Yuri Kang* Wonho Kim** Jongsoo Kim** Geunhie Rim**
 * Russia Institute of Electrophysical Apparatus ** KERI

Abstract - Recently, various active filters such as current type and voltage type have been proposed to suppress harmonics caused by nonlinear load due to the use of semiconductor switching devices. At the early stage, active filters are used only to suppress harmonics. However, it has been proposed that they offer more functions such as voltage regulations, improvements of power factor and 3 phase unbalance. This study presents a combined function of active filter and a UPSs with one power processing stage.

1. 서론

전력수요의 증가와 더불어 송배전 계통이 점차적으로 복잡해짐에 따라 부하 변동이나 부하측의 사고, 낙뢰 및 기타 선로 사고 등으로 인하여 상용전원의 전압이 순시 단전되는 전란 교란이 자주 발생하고 있다. 또한, 최근에 들어 반도체 소자를 이용한 비선형 부하의 급속한 증가와 마이크로를 사용하는 계절소, 정지형 조상설비 등의 증가로 무효전력 뿐만 아니라 고조파 무효전력이 발생됨에 따라 입력전압이 왜형된 형태를 가지게 되어 낮은 입력 역률 특성을 나타내는 경우가 많다. 더불어, 날로 정보화가 가속화되어져 가는 추세에 따라 컴퓨터 시스템의 사용이 날로 증가되고 있으며 컴퓨터에 의해 제어되는 각종 사무자동화나 공장자동화 기기 등의 사용이 보편화 되어 전란 교란으로부터 이들 기기를 보호함과 동시에 무효전력 보상과 고조파 리플 보상을 위한 무정전 전원장치(UPS)와 능동 전력필터(APF)의 사용이 날로 증대되고 있다.

본 연구에서는 무정전 전원장치 및 전력용 능동필터의 기능을 도입하여 병렬처리 인버터의 저장장치로 사용한 축전지를 이용한 시스템의 구성방안에 대하여 연구하였으며 실험을 통하여 그 가능성을 입증하였다. 제안한 UPS & APF 시스템은 병렬처리 방식을 채택함으로써 기존의 시스템에 비하여 새로운 기능과 특성을 가지며 특히, 비선형 펄스 부하의 경우에 무효전력 및 고조파 보상과 전력 계통에 스트레스를 감소할 수 있으며 기존의 APF 개념에 따라서 부하와 관련된 부하전압 THD를 개선한다.

2. UPS & APF의 시스템의 구성

UPS & APF의 시스템의 구성도는 그림 1.과 같다. 상용전원의 주파수 혹은 전압이 정격을 벗어나거나 단전된 경우 전자스위치 SW가 차단되므로 축전지에 저장된 에너지는 inverter와 coupling 인덕터 LC를 통하여 inverter의 단동모드로 운전하면서 자체에 설정된 정격주파수와 전격전압을 추종 전압으로 변환하여 부하에 공급

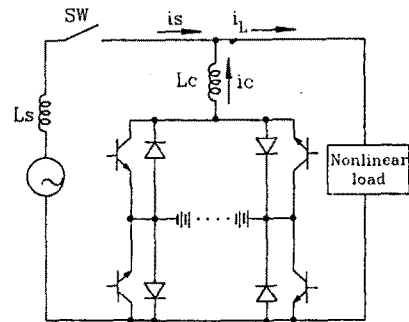


그림 1. UPS & APF의 전력회로

한다.

상용전원이 정상인 경우 즉, 정격주파수 및 정격전압으로 공급될 경우 상용전원은 전자스위치 SW를 통하여 부하에 공급된다. 부하가 비선형일 경우나 무효전류 성분을 가지고 있는 경우에는 inverter가 발생하는 보상전류로서 부하의 무효 및 고조파 전류가 보상된다. 전원측에 별도로 이용한 리액턴스가 있으면 일정교류 출력전압제어가 가능하다.

현재의 병렬연결 시스템들은 inverter의 출력측과 다른 교류 전원간에 coupling inductance가 비교적 작으나 병렬로 운전되는 UPS나 APF 등의 경우에는 공급 line이 긴 경우 큰 값의 coupling inductance를 가진다. 이러한 경우 다음의 3가지 문제가 발생하게 되는데

- 1) 저저항값을 가지는 inductance로 인하여 시스템에 oscillation이 발생한다.
- 2) Inverter와 다른 교류 전원간에 빠른 위상차 제어를 필요로 한다.
- 3) 교류전원이나 돌입전류, 부하측의 단락전류 등의 외란에 대한 inverter의 전류보호를 고려해야한다.

병렬처리 무정전 전원장치의 장점은 그림 1.에서 스위치 SW를 차단할 경우, 부하와 inverter사이가 항상 연결되기 때문에 전력공급이 중단되지 않으면 계통이 APF회로에서 inverter회로로 자연스럽게 넘어간다.

APF회로에서 본 논문에서 제시하는 시스템과 기존 APF 시스템과의 차이는 전력 저장장치이다. 저장장치로서 축전지를 사용하는 경우에 축전기의 수명문제가 발생하며 또, 경우에 따라서 축전지를 전원측 전력으로 충전하고, 아니면 부하측으로 전력을 공급하

여 방전시킨다. 방전 및 충전 전류를 따로따로 조절하여 전원측 전력계통에 부담을 주지 않고 오히려 전원계통에 도움을 주는 것이 가능하다.

본 연구에서는 병렬처리 inverter의 모드에서 일정교류 출력전압 제어 가능성은 사용하지 않고 다만 다음과 같은 가능성을 고려하고 개발하였다.

- 1) 단독 운전 모드에서 정전압 전원
- 2) 단독 운전 모드에서 무정전 전원장치
- 3) 병렬 운전 모드에서 능동전력필터

단독 운전 모드에서의 정전압 전원으로의 사용 방식은 기존의 DC/AC inverter를 일컫는다. 이 경우에는 relay contact 등은 2) 상태에 있다. 60Hz 발전기의 출력신호 $V_i(f)$ 는 곱하기를 통해서 제어입력을 발생하며 이 신호의 증폭된 값은 전원전압의 크기와 비례관계에 있으므로 원래의 모드로 부드럽게 넘어간다.

3. 시스템의 제어

병렬 운전 모드는 기존 능동필터의 동작과는 축전지의 착륙특성에 따라서 차이가 있다. 예를 들면 축전지의 착륙 모드에 따라서 수명이 변하고 이 모드에서 어떤 high level 시스템의 명령에 따라서 전원측 전력조절 가능성이 있다.

본 연구에서는 이와 같은 기능을 도입하여 전체 시스템의 구성이 간단하게 3 loop 시스템으로 구성되었다. 그림 2.는 주회로를 제어하기 위한 제어회로의 구성을 나타낸 그림이다.

Main loop는 hysteresis control 방식으로 제어가 구현되며 이 loop는 축전지의 전압과 지령치 전압 비례에 따라서 축전지의 모드(충전, 방전)를 결정하는 역할을 수행하며 다음 loop의 충전/방전 전류 지령치를 구체적으로 발생한다. Loop의 feedback 신호는 축전지의 전류를 sensing하여 주기간에 흐르는 평균전류를 구함으로서 얻어진다. 그림 2.와 같이 이 sensor는 축전지 전류

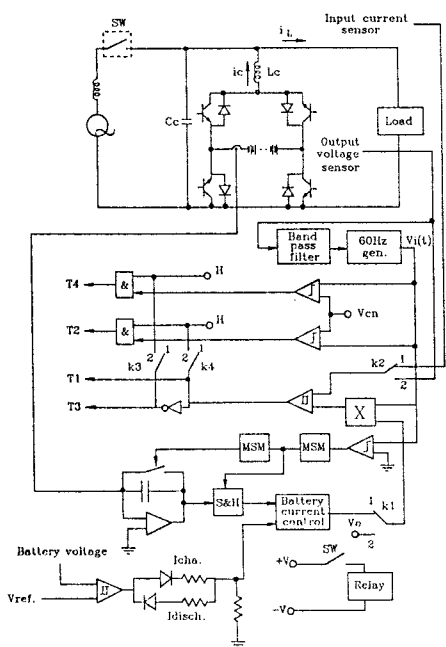


그림 2. UPS & APF의 제어회로 구성도

sensor, 스위치로 shunt된 integrator, sample & holding 소자와 comparator, 2개의 monostable multivibrators 등으로 설계된 drive로 구성되었다. 그러므로, 본 계통에서는 무효전력 보상은 축전지 충전/방전 주기간에 보상되고 있다.

축전지 전류 제어기의 출력 신호는 곱셈기를 통하여 다음 loop의 command 신호로 사용되고 있다. 이 신호파형은 sine파형이고 feed back신호는 전원측 전류이다. 이 loop의 기능은 부하와 병렬로 연결된 inverter의 전류를 조절하여 전원측 전류를 sine파형으로 만드는 것이다. 다르게 말하자면, 비선형 부하 경우에 어떤 다른 비선형 부하를 병렬로 연결하여 이의 결과로서 선형 등가 부하를 만들어 내는 것이다.

다양한 파형을 가진 부하전류를 보상하기 위해서는 inverter의 출력전류는 4 quadrant에서 완벽하게 조절되어야 한다.

병렬 운전 inverter의 coupling inductance 전류조절은 전원전압의 위상 및 스위칭 모드와 관련되고 있다.

4. 실험결과

이상에서 설명한 제어 방식을 토대로 본 논문에서 행한 실험 결과를 제시한다.

그림 3.은 본 논문에서 제시한 시스템이 능동전력필터로 동작하고 있을 때, 전원측 전류와 보상전류의 파형을 나타낸 그림이다. 그림에서 보는 바와 같이 전원측 전류는 고조파가 거의 포함되지 않은 sine 파형의 형태를 가지고 있으므로 inverter의 스위칭에 따른 능동전력 필터의 동작이 잘 행해지고 있음을 알 수 있다.

그림 4.의 (a)와 (b)는 시스템이 능동필터로 동작하고 있을 때, 전원측의 전류와 축전지의 전류를 나타낸 그림이다. (a) 그림의 경우는 축전지가 충전하고 있을 때의 파형을 나타낸 그림이며 (b)의 그림은 방전하는 경우의 파형을 보여준다. 축전지가 충전하는 경우에는 전류의 흐름이 zero 값을 기준으로 양의 방향으로 증가하고 있으며 방전하는 경우에는 전류의 흐름이 zero 값을 기준으로 음의 방향으로 증가하고 있음을 알 수 있다.

그림 5.는 시스템이 무정전 전원장치로 동작되고 있을 때, 전원측 전압과 전류의 파형을 나타낸 그림이다.

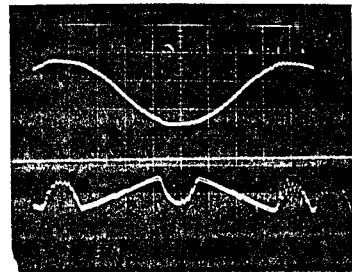
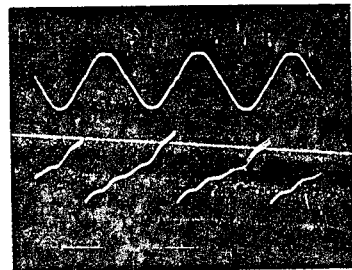
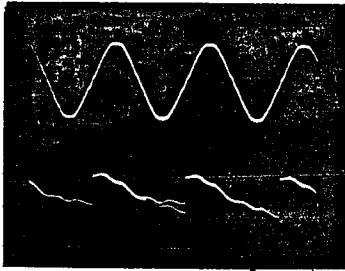


그림 3. 전원측 전류와 보상전류의 파형 (APF mode)



(a) 축전지 충전 시



(b) 축전지 방전 시

그림 4. 전원측의 전류와 축전지의 전류 파형

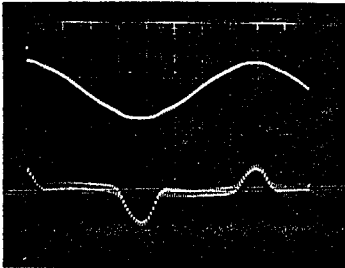


그림 5. 전원측 전압과 전류의 파형(UPS mode)

5. 결론

본 논문에서는 무정전 전원장치 및 전력용 능동필터의 기능을 도입하여 병렬처리 inverter의 저장장치로 사용되는 축전지를 이용하는 시스템의 구성방안에 대하여 연구하였으며 실험을 통하여 그 가능성을 입증하였다. 제안한 UPS & APF시스템은 병렬처리 방식을 채택함으로써 기존의 UPS와 APF 시스템과 비교하여 다음의 새로운 기능특성을 가지고 있다.

- 1) 단독 운전 모드에서는 무정전 전원장치
- 2) 병렬 운전 모드에서는 무효전력 및 고조파 보상장치
- 3) 경우에 따라서 전원측 입력 전력 조절장치

본 연구의 결과는 특히 비선형 펄스 부하의 경우에 무효전력 및 고조파 보상과 전력계통에 stress를 감소할 수 있으며 기존의 APF 개념에 따라서 시스템은 부하변화와 관련된 부하전압 THD(Total harmonic distortion)을 개선한다.

참고문헌

1. T. Kawabata et al., "Parallel Processing Inverter System", IEEE Trans. Power Electro., vol. 6, no. 3, pp442-450, July, 1991.
2. David A. Torrey and Adel M. A. M. Al-Zamel, "A Single-Phase Active Power Filter for Multiple Nonlinear Loads", IEEE APEC., pp901-908, 1994.
3. H. Kawahira et al., "Active Power Filter", IEEE IPEC., pp981-992, 1983.