

입력역률 보정을 위한 단상 UPS의 디지털제어

*김대곤, **이승환, ***박해암, ****이강연, 한업용, 백형래
*전남과학대, **한전전력연구원, ***광주보건대학, ****조선대학교

Digital Control of Single Phase UPS for Input Power Factor Compensation

*D. G. Kim, **S. H. Lee, ***H. A. Park, ****K. Y. Lee, E. Y. Han, H. L. Baek
*Chunnam Techno College, **KEPCO, ***Kwangju Health College, ****Chosun University.

Abstract - A conventional UPS can supply the clean power to the load. However, it may generate input current harmonics and the input power factor can be very poor. Therefore, the UPS itself may be a power interruption. This paper provides multifunctional converter of using single phase UPS. The proposed UPS can supply the clean power to the load without polluting the mains power system. The multi-functional converter provides battery charging, var compensation and harmonic suppression simultaneously. It was simulated to verify this work.

1. 서 론

컴퓨터나 산업용기기와 같은 중요부하들은 교란된 전력이 손상되기 쉬운 반면 이런 부하들의 내부의 스위칭 작용으로 인해 근접한 다른 전자장비에 고조파 발생으로 인한 오동작을 일으킬 수도 있다(1). 전원선로 왜곡의 영향은 MOV'S, EMI, AVR'S APLC'S와 UPS'S와 같은 전력 제어기를 사용하여 개선될 수 있다. 그러나 그 자체가 장어의 원천이 될 수도 있다. 유효전력 제어기는 전력공급원을 오염시키지 않는 반면 전압변동과 정전 문제를 해결할 수 없다. 하지만 UPS는 비록 입력역률이 낮으며 입력 전류 고조파가 높다는 단점이 있을 지라도 전원선로 왜곡에는 가장 좋은 해결책이다(2-3).

최근 입력역률 및 고조파 제거의 기본적인 방법의 하나로 다상정류 방식은 현저하게 개선효과를 볼 수 있었다. 그러나 이들 기기는 정류기를 사용하므로 UPS의 역률은 여전히 개선될 수 없는 문제점을 안고 있다(4).

본 연구에서는 단일 입력역률을 위한 양방향 컨버터 UPS를 제안 하였다. 이 시스템은 부하에 필요한 유효전력은 전원이 정상일 때 직접 전원에서부터 공급받으며 컨버터는 전력선의 고조파 억제제를 위한 고조파 보상과 배터리에 에너지 저장, 상용전원이 절체 되었을 때 인버터로서 부하에 전력을 공급하도록 되어 있다. 또한 비선형 부하에 따른 능동 전력 필터에서 고조파 보상, 입력 역률개선과 상용전원이 오프 되었을 때 인버터로서의 동작등을 디지털 제어 방법을 통해 구현 하고자 했으며 그 결과를 시뮬레이션을 통해 입증 하였다.

2. 시스템 구성

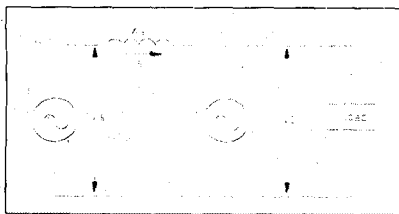


그림 1 제안된 UPS의 등가회로

Fig. 1. The equivalent circuit of the proposed UPS

그림 1은 제안된 회로의 등가회로이며 입력전원과 변환기라는 두 개의 전압원으로 구성되어 있다. 만일 한 회로에서 두개의 연속노드의 전압 파형이 사인곡선 신호 라면, 이 두 노드간의 전류가 사인파형일 것이라는 원리에 근거를 두고 이 두 노드간 전류위상은 두 노드중 한 노드의 위상과 진폭을 조절함으로써 제어될 수 있다. 전원전압이 순수 사인파형이라고 가정하면 다음식으로 나타낼 수 있다.

$$v_s(t) = V_p \sin(\omega t) \tag{1}$$

만일 다기능 변환기의 출력전압과 부하전류를 식 (2)로 가정한다면,

$$v_c(t) = V_c \sin(\omega t - \delta) \tag{2}$$

$$\delta = \sin^{-1} \left(\frac{I_L \cos(\theta_1) X_s}{V_c} \right) \tag{3}$$

$$V_c = \sqrt{V_p^2 + (I_s X_s)^2} \tag{4}$$

식 (3)과 (4)는 변환기 출력전압의 증폭도가 V_p, I_s, X_s 에 의해서 결정된다는 것을 보여준다.

전원으로부터 공급된 전력은 (5)처럼 나타낼 수 있다.

$$s_m(t) = v_s(t) i_s(t) \tag{5}$$

식(5)는 유효전력과 무효전력 요소로 세분화될 수 있으며, 그것들은 (6)처럼 나타낼 수 있다.

$$P_s = \frac{V_p V_c}{2 X_s} \sin(\delta) \tag{6}$$

$$Q_s = \frac{V_p}{2 X_s} (V_p - V_c \cos(\delta)) \tag{7}$$

부하에 의한 소비전력은

$$s_L(t) = v_c(t) i_L(t) = p_L(t) + q_L(t) \tag{8}$$

부하에 의해서 소비된 유효전력의 평균식은 식(9)처럼 나타낼 수 있다.

$$p_L(t) = V_c \sin(\omega t + \delta) I_L \cos(\theta_1) \sin(\omega t) = \frac{V_c I_L \cos(\theta_1) \cos(\delta)}{2} \tag{9}$$

$$s_{c(t)} = s_m(t) - s_L(t) - q_{Ls}(t) = p_c(t) + q_c(t) \tag{10}$$

$q_{Ls}(t)$ 가 link inductor에 의해서 소비된 무효전력이고, $p_c(t)$ 가 변환기에 의해서 흡수된 유효전력, $q_c(t)$ 가 변환기 의해서 소비된 무효전력이라면 변환기 전력은 식 (10)이다. 식 (11)은 부하에 소비된 유효전력과 배터리 유효전력이다.

$$\frac{V_p V_c}{2 X_s} \sin(\delta) = \frac{V_c I_L \cos(\theta_1) \cos(\delta)}{2} + P_{bat} \tag{11}$$

만일 배터리가 충전하면, P_{bat} 는 0이다.

$$\frac{V_p V_c}{2X_s} \sin(\delta) = \frac{V_c I_1 \cos(\theta_1) \cos(\delta)}{2}$$

$$= \frac{V_p I_1 \cos(\theta_1)}{2} \quad (12)$$

위 방정식을 재정리한 후에, (12)에서 보여진 δ 는 식 (3)과 같다[5].

3. 제어도

제시된 UPS의 동작은 식(6)과 식(7)에 의해 제어 될 수 있고 주전압은 제어할 수 없으며, X_s 는 고정되어 있다. 유효전력과 무효전력은 변환기 출력전압의 진폭과 위상을 조절함으로써 제어된다.

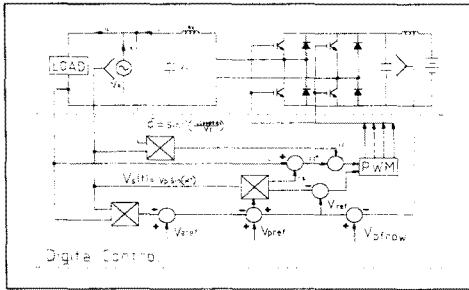


그림 2 제안된 UPS의 제어 블록도

Fig. 2. The control block diagram of the proposed UPS

그림 2는 제안된 UPS의 제어블록도를 나타내며 위상 제어도는 관련 사인파형 신호 $V_{ref}(t)$ 의 위상이 알맞게 되도록 하는데 이용되며 전원에서부터 공급된 유효전력은 부하와 배터리에 필요한 전력과 같다. 필요한 유효전력은 정상적인 상태에서는 직접 전원에서 부터 공급받고 부하가 변할 때는 부하유효전력도 변한다. 유효전력의 균형을 위해서 전원과 부하간의 유효전력차는 전원의 유효전력이 부하의 변화에 반응하기 전에 배터리에 의해서 보상될 수 있다. 유효전력의 흐름은 배터리로 충전된 배터리의 유효전력의 제어에 의해서 조절 가능하다. 증폭제어는 관련 사인파형 기준신호 $V_{ref}(t)$ 에 알맞은 증폭을 일으키는데 이용된다. 입력역률은 이러한 제어도를 사용해서 교정될 수 있다. $V_{ref}(t)$ 는 전원전압과 입력전류 위상차가 0인 기준전압이고 변조신호와 삼각 반송파 신호는 전력장치의 드라이브 신호를 일으키는 PWM 변조기로 출력된다.

4. 시뮬레이션 결과

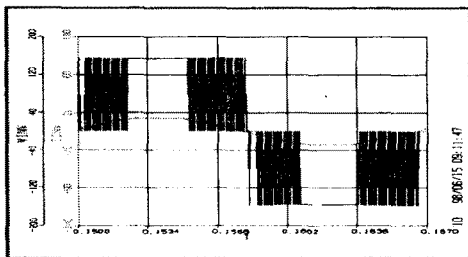
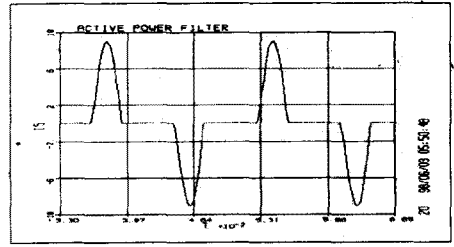
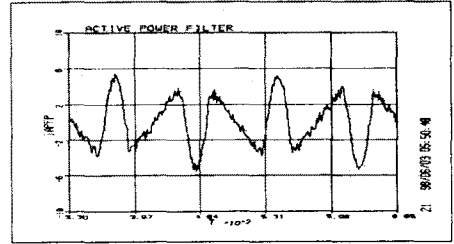


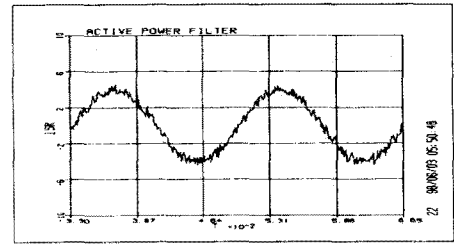
그림 3 인버터 출력전압 및 전류
Fig. 3. Inverter output voltage and current



(a)



(b)



(c)

그림 4 비선형부하시 보상파형

Fig. 4. Compensation waveforms of nonlinear load

- (a) 입력전류, (b) 보상전류, (c) 출력전류
- (a) Input current, (b). Compensation current
- (c). Output current

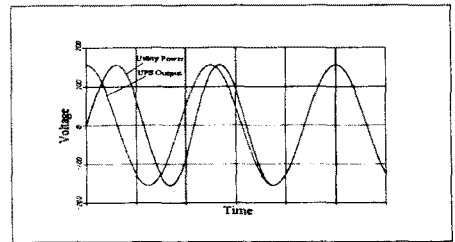


그림 5 상동기 전압

Fig. 5. Phase Synchronization Voltage

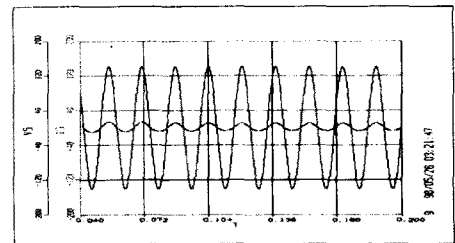


그림 6 부하 입력전류, 입력전압
Fig. 6. Load input current and voltage

그림 3은 전원오프시 인버터 출력을 나타내고 있다.
 그림 4의 (a),(b),(c)은 비선형 부하시의 입력전류, 보상전류, 보상후 출력전류를 나타내고 있다.
 그림 5는 상동기 추종상태를 보여주고 있다.
 그림 6은 비선형 부하시 입력 전압과 전류 파형을 나타내고 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 양방향 컨버터를 이용한 단상 UPS의 디지털제어에 의해 정류부를 없애고 입력역률을 보정하는 방법을 제시하였고, 등가회로를 이용하여 인버터 출력전압과 상동기 추종상태, 비선형부하시 입력전류에 대한 고조파보상을 위한 보상전류, 보상후의 출력전류 등을 시뮬레이션한 결과 양호함을 알수 있었다. 따라서 양방향 컨버터를 이용한 UPS의 입력역률이 보정됨을 입증하였다. 앞으로 실험을 통해 양방향 컨버터를 이용한 UPS의 디지털제어로 그 결과를 입증할 계획이다.

(1)R. Cheung, L.Cheng,P.Yu " New Line-Interactive UPS System with DSP-based Active Power-Line Conditioning," IEEE PESC'96, pp. 981-985, Jun. 1996.
 (2)W. M. Grady, M.J. Samotyj, and A. H. Noyola, "Survey of active power line conditioning methodologies," IEEE Trans. Power Delivery, vol. 5, no 3, pp. 1536-1542, July 1990.
 (3)M. Takeda, K. Ikeda, A. Teramoto, and T. Aritsuka, "Harmonic current and reactive power compensation with an active filter," in IEEE PESC '88 Rec.pp. 1174-1179, Apr.1988.
 (4)G. H. Choe and M. H. Park, "A new injection methd for ac harmonic elimination by active power filter," IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 35, no. 1, pp 141-147, Feb. 1988.