

직병렬 보상형 무정전 전원장치에 관한 연구

° 전 성 족
부산공업대학교

* 조 규 형
* 한국과학기술원

Series-Parallel Compensated Uninterruptible Power Supply

° Jeon, Seong Jeub
Pusan Nat'l Univ. of Technology

* Cho, Gyu Hyeong
* KAIST

Abstract

In this paper a new series-parallel compensated uninterruptible power supply is proposed. Its series compensator shapes input current to sinusoid. The power handled by series compensator is only a quarter of ratings. And parallel compensator delivers sinusoidal voltage to nonlinear load. The parallel compensator is backedup with battery. This system has capabilities of power line conditioner and backup power with reduced size.

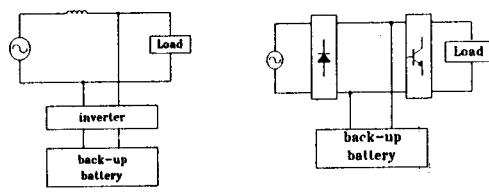
I. 서론

전원의 상실을 허용할 수 없는 계통에서는 무정전전원장치(UPS: Uninterruptible Power Supply)의 사용이 필수적이다. 가장 간단한 형식의 UPS는 그림1-(a)와 같은 구조를 할 수 있고 inverter는 정상 동작시 부하의 고조파제거에 사용될 수 있다.^[1] 일반적인 UPS는 그림1-(b)와 같은 구조를 가지고 있으며^[2] 전단의 rectifier는 단순 정류회로로 구성할 수 있으며 고조파제거 및 역률 개선을 위해서는 controlled rectifier를 사용할 수 있다. 본 논문에서는 그림2와 같은 구조의 직병렬 보상형 UPS를 제안하였다. 이 UPS는 그림 1-(b)의 UPS에 비해 전단 converter의 용량이 적어도 되는 잇점이 있다. 후단의 inverter도 정상동작시 취급하는 전력이 적어진다. 전단의 inverter는 전원측의 전류가 전압과 동상이며 정현파가 되도록 제어되며 후단의 inverter는 부하전압이 일정하도록 제어된다.

II. 제안된 UPS의 동작

1. 전력의 흐름(기본파 전력)

그림2에 제안된 UPS에서 부하의 복소전력 S_L 은 다음과 같다고 하자.



(a) 간단한 구조 (b) 일반적인 구조
그림1 UPS의 구조

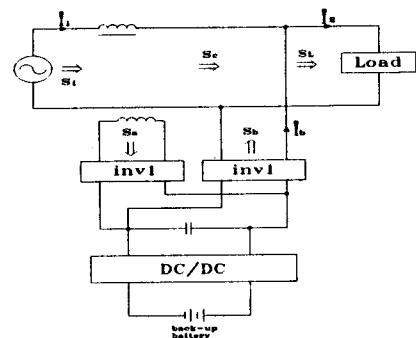


그림2 제안된 직병렬 보상형 UPS

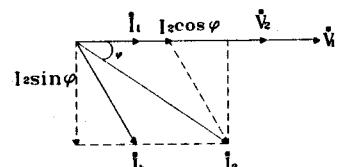


그림3 전압전류의 phaser도

$$S_L = P_L + jQ_L \quad (1)$$

Inv1에서 I_1 은 V_1 과 동상이며 정현파가 되도록 제어되므로 입력역률은 1에 가깝다. 전류의 크기는 다음과 같이 되도록 제어된다.

$$I_1 = \frac{V_2}{V_1} I_2 \cos \phi \quad (2)$$

Inv2에서 \dot{V}_2 는 \dot{V}_1 와 동상이며 일정한 크기가 되도록 제어된다. 그러면 전원에서 유입되는 전력은 다음과 같이 된다.

$$S_i = V_1 I_1 = V_1 \frac{V_2}{V_1} I_2 \cos \phi = P_L \quad (3)$$

Inv1에 유입되는 전력은 다음과 같다.

$$S_a = (\dot{V}_1 - \dot{V}_2) I_1^* = P_L \left(1 - \frac{V_2}{V_1}\right) \quad (4)$$

Inv2에서 공급되는 전력은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} S_b &= S_L - \dot{V}_2 I_1^* \\ &= P_L \left(1 - \frac{V_2}{V_1}\right) + jQ_L \end{aligned} \quad (5)$$

$\operatorname{Re}(S_a)$ 와 $\operatorname{Re}(S_b)$ 가 같으므로 DC-link의 capacitor에 유입되는 평균전력은 없다. Inv1은 정상동작시 출력전압과 입력전압의 차만을 보상하는 전력을 공급한다. 입력전압의 허용범위를 20[%]로 할 때에 유입 또는 유출되는 전력은 그림 4와 같다. 정격용량의 25[%]의 크기만 가지고 있어도 충분하다. Inv2는 정상동작시 출력전압과 입력전압의 차만을 보상하는 전력과 무효전력을 공급한다. 정상동작시의 피상전력은 그림5와 같다. 부하역률이 높을수록 처리할 전력이 적어진다.

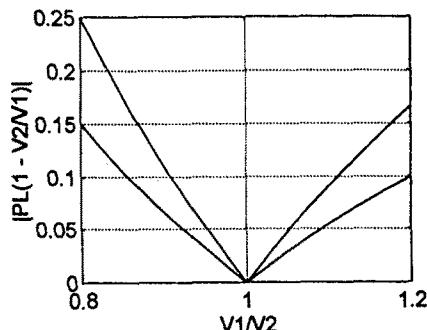


그림4 Inv1이 처리하는 전력

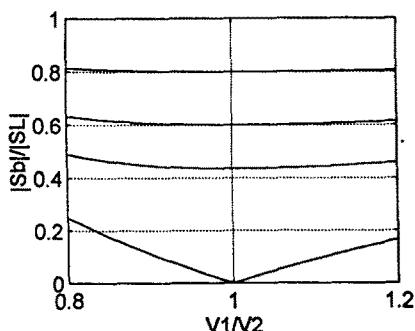
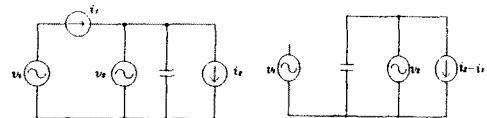


그림5 Inv2가 처리하는 전력

2. 고조파 억제

제안된 UPS는 고조파 제어면에서 보면 [3]과 같은 구조를 하고 있다. Inv1은 전류가 정현파가 되도록 전류제어를 한다. 그래서 제어가 정상으로 이루어진 경우 고조파의 흐름 측면에서 보면 그림6-(b)과 같이 전원과 부하측은 격리되어 있다. 부하에 흐르는 고조파는 Inv2와 C에 의해 공급된다. 낮은 차수의 고조파는 Inv2에 의해 공급되고 높은 차수의 고조파는 C에 의해 공급된다.



(a) 기본파에 대한 등가회로 (b) 고조파에 대한 등가회로
그림6 UPS의 간이 등가회로

III. 시스템의 제어

1. 입력전류의 제어

Inv2는 전압원으로 볼 수 있으므로 Inv1의 동작만을 보기 위해서는 그림 6-(a)에서 부하를 제거하여도 된다. 부하 전류는 전압원으로 볼 수 있는 Inv2에 의해 자연스레 공급된다. 그러면 그림7에서와 같이 Inv1의 출력에는 입력과 출력의 차 전압이 인가된다. 전류제어를 위한 제어루프는 그림8과 같이 된다. 입력전류를 제어할 때에는 전원 전압과 출력전압은 일정하다고 볼 수 있으면 약간의 전압변동은 외란으로 취급하면 된다.

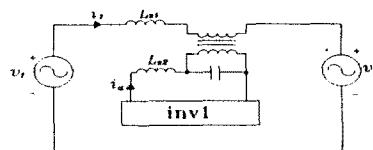


그림7 Inv1을 위한 등가회로

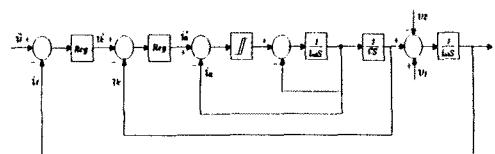
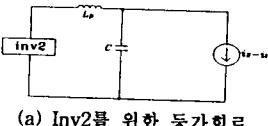


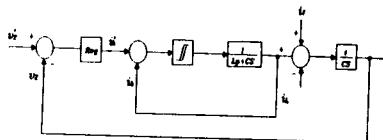
그림8 입력전류제어를 위한 제어루프

2. 출력전압의 제어

Inv1은 전류원으로 볼 수 있으므로 그림 9-(a)와 같은 회로에서 생각하면 된다. 전압 제어를 위한 제어루프는 그림9-(b)와 같이 형성할 수 있다. 내부루프에 의해 이득을 크게 할 경우 인덕터를 무시할 수 있으며 L-C 공진 현상을 제거할 수 있다.



(a) Inv2를 위한 등가회로



(b) Inv2를 위한 제어루프

그림9 Inv2를 위한 등가회로 및 제어루프

3. DC-link 전압의 제어

Inv1과 Inv2는 위의 1, 2에서와 같이 비교적 decouple된 계통으로 볼 수 있다. Inv1과 Inv2는 DC-link에서 연결이 된다. Inv1과 Inv2는 비교적 빠른 응답을 가지고 있다. DC-link를 비교적 느린 응답을 갖도록 제어를 하면 DC-link 제어도 독립적으로 할 수 있다. 정상동작에서 $\text{Re}\{S_a\}$ 와 $\text{Re}\{S_b\}$ 는 (3)식과 같이 같다. 만일 두 전력이 같지 아니하면 전압 변동이 생긴다. 변동 전압은 근사적으로 다음과 같이 표현된다.

$$\Delta V_{dc} = \frac{\text{Re}\{S_a\} - \text{Re}\{S_b\}}{CV_{dc}}$$

그래서 DC-link 전압을 제어하기 위한 제어루프는 그림 10과 같이 구성될 수 있다.

이 제어 투파내의

regulator은 120[Hz]의 ripple을 제거할 수 있는 저역여파기의 특성을 가져야 한다. 이 제어기의 출력의 하나인 i_L^* 는 Inv1의 입력으로 사용된다. 즉 Inv1은 DC-link 전압이 일정하게 유지되도록 제어되고 이에 따라 입력전류가 결정되어진다.

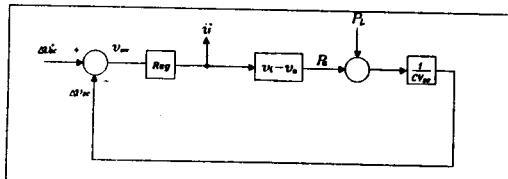


그림10 DC-link 전압제어를 위한 제어루프

IV. Simulation

그림11은 Inv1에 의해 형성되는 전류파형을 보여준다. 입출력의 전압차는 30[V]이다. 그림12은 Inv2에 의해 제어되는 출력전압 과정을 보여준다. 부하는 4[ms]의 폭을 갖는 구형파이며 Inv1으로부터 5[A]의 전류가 흘러 들어온다.

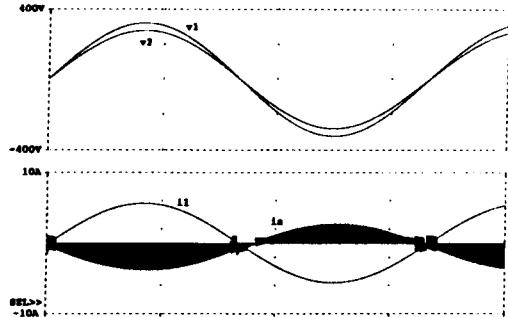


그림11 Inv1의 동작파형

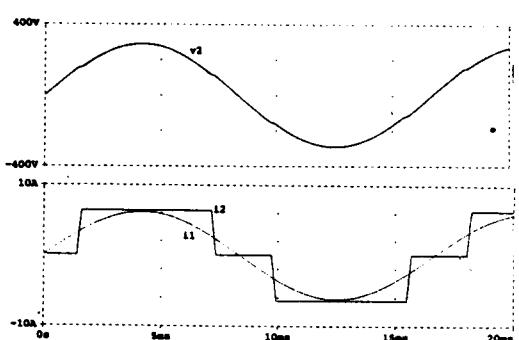


그림12 Inv2의 동작파형

V. 결론

본 논문에서는 직별렬보상형 무정전전원장치를 제안하였다. 이 회로의 장점은 입력측의 inverter 용량이 적으면서도 정출력전압 특성과 고입력역률 특성을 가지고 있어 최근에 요구되는 엄격한 환경에 적합한 UPS의 형태로 사료된다.

참고문헌

- [1] H. L. Jou, et al, "A New Parallel Processing UPS with the Performance of Harmonic Suppression and reactive Power Compensation", IEEE PESC '94 record, pp.1443-1450, 1994
- [2] N. Mohan, et al, Power Electronics, Wiley, PP358-363, 1995
- [3] H. Akagi, et al., "A New Approach to Harmonic Compensation in Power Systems-", IEEE Trans. on Ind. Appl., Vol. 26, No. 6, pp.983-990, 1990