



$$v_c = \sqrt{2} V \sin\left(\omega t + \frac{2}{3}\pi\right) \quad (3)$$

라 두면,

$$v_a + v_b = \sqrt{2} V \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right) \quad (4)$$

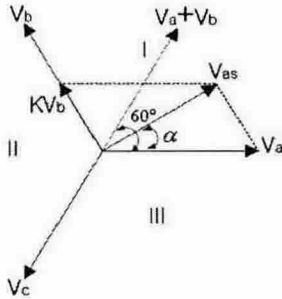


그림 2 각 상전압 벡터도  
Fig. 2 Voltage vector diagram

이 되어  $v_a$ 보다 위상이 지연된 전압을 얻을 수 있다. 유사한 원리로 각 상전압의 크기를 조절하여  $\alpha$ 의 각도 만큼 위상 변위를 발생시킬 수 있다. 가령,  $v_b$ 의  $K$ 배 전압을 얻는다고 가정하면,

$$v_{ad} = \pm K v_b \quad (5)$$

$$v_{as} = v_a + v_{ad}$$

$$= \sqrt{2} V \sin \omega t \pm \sqrt{2} K V \sin\left(\omega t - \frac{2}{3}\pi\right)$$

$$= \sqrt{2} V \sqrt{1 \pm K + K^2} \sin(\omega t \pm \alpha) \quad (6)$$

여기서,

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{K \sin \frac{2}{3}\pi}{1 + K \cos \frac{2}{3}\pi}\right) \quad (7)$$

이 되어 크기와 위상이 가변하는 전압을 발생한다. 식 (6)과 (7)를 토대로  $\alpha$ 의 변화에 대한  $v_{as}$ 의 크기를 나타내면 그림 3과 같다.

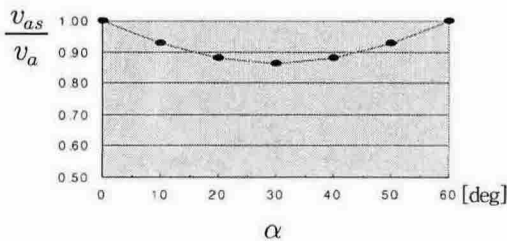


그림 3 위상변위  $\alpha$ 에 따른 전압변동  
Fig. 3 Voltage variation with phase shift  $\alpha$

따라서 위상을 가변하기 위해서는 전압의 크기도 변해야 한다는 문제가 있는데, 전압의 크기를 일정하게 유지할 필요가 있는 경우에는 그림 1의 회로를 일부 수정할 필요가 있다. 회로를 수정하기 전에 먼저 전압의 크기를 일정하게 유지하기 위한 방

안을 모색하면 다음과 같다. 그림 4는 출력전압을 일정하게 유지하면서 위상지연이 가능한 경우의 각 부분 입출력 전압 벡터도를 나타낸다. a상 출력전압  $v_{as}$ 의 크기는  $v_a$ 와 동일하게 하고 위상은  $\alpha$ 만큼 지연되게 하려면,  $v'_a$ 와  $v'_c$ 의 전압을 만들어서 벡터적으로 합하면 된다. 이때  $v'_a$ ,  $v'_c$ ,  $v_{as}$ 의 관계는 다음과 같다.

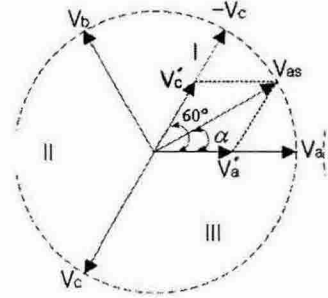


그림 4 입출력 전압 벡터도  
Fig. 4 Vector diagram for input and output voltage

$$v_{as} = \sqrt{(v'_a + v'_c \cos 60^\circ)^2 + (v'_c \sin 60^\circ)^2} \quad (8)$$

$$v'_a = V \cos \alpha - V \frac{\sin \alpha}{\tan 60^\circ} \quad (9)$$

$$v'_c = V \frac{\sin \alpha}{\sin 60^\circ} \quad (10)$$

여기서  $V$ 는  $v_a \sim v_c$ 의 실효값을 의미한다. 식 (8)~(10)로부터  $v_{as}$ 를 일정하게 유지하면서  $\alpha$ 를  $0^\circ \sim 60^\circ$  범위에서 가변시  $v'_a$ 와  $v'_c$ 의 크기를 살펴보면 그림 5와 같다.

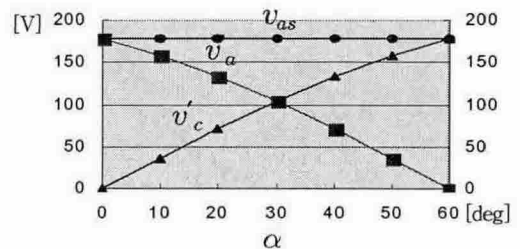


그림 5 위상변위  $\alpha$ 의 변화에 따른  $v'_a$ ,  $v'_c$ ,  $v_{as}$   
Fig. 5  $v'_a$ ,  $v'_c$  and  $v_{as}$  with the variation of  $\alpha$

이와 같은 특성을 갖도록 그림 1의 회로를 일부 수정하면 그림 6과 같다. 그림 6에서  $T_1$ 과  $T_2$ 는 3상 슬라이드스이며  $S_{oa} \sim S_{oc}$ 는 outage 발생을 위한 것이며  $S_{Ta} \sim S_{Tc}$ ,  $S_{pa} \sim S_{Pc}$ 는 식 (8)~(10)을 구현하기 위한 것이다. 그림 6의 회로에서 outage를 발생하려면  $S_{oa} \sim S_{oc}$ 를 턴오프한다. 이때  $S_{Ta} \sim S_{Tc}$ ,  $S_{pa} \sim S_{Pc}$ ,  $S_{Ba} \sim S_{Bc}$ 도 모두 오프상태를 유지한다. outage 종료 후 위상변위된 전압을 출력하고자 하면  $T_1$ 과  $T_2$ 의 2차측 설정전압을 식 (9)와 (10)에 따라 정해두고  $S_{Ta} \sim S_{Tc}$ ,  $S_{pa} \sim S_{Pc}$ 를 턴온  $S_{Ba} \sim S_{Bc}$ 를 턴오프한다.

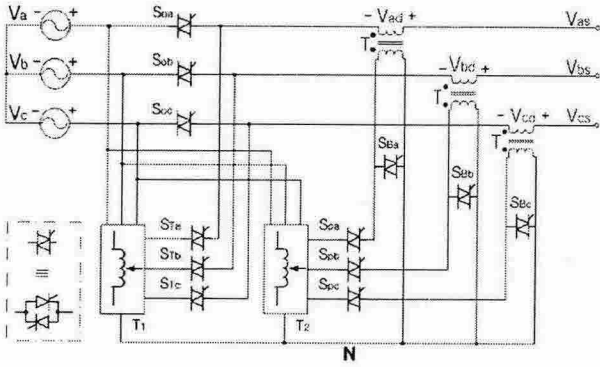
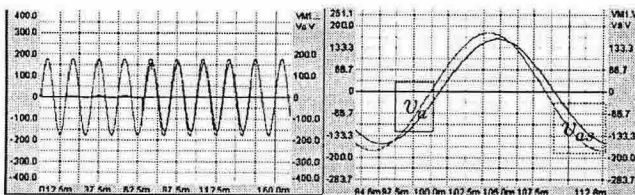
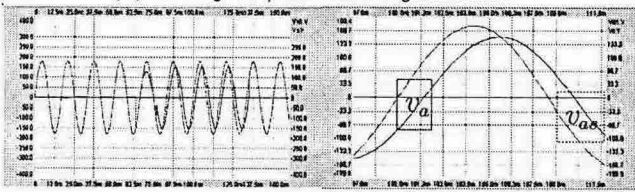


그림 6 제안한 방식의 전력품질 외란 발생기-2  
Fig. 6 Proposed power quality disturbance generator-2

### 3. 시뮬레이션 결과

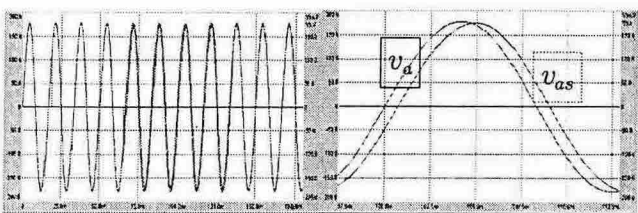


(a) 15° 위상변위  
(a) 15 degree phase shift generation

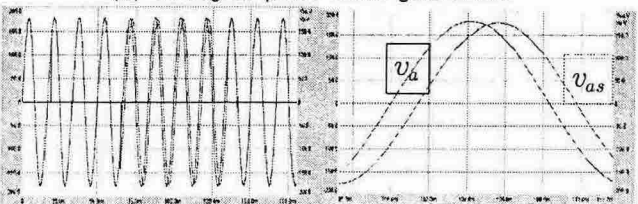


(b) 30° 위상변위  
(b) 30 degree phase shift generation

그림 7 위상변위 발생(그림 1의 경우)  
Fig. 7 Phase shift generation(In case of Fig. 1)



(a) 15° 위상변위  
(a) 15 degree phase shift generation



(a) 30° 위상변위  
(a) 30 degree phase shift generation

그림 8 위상 변위 발생 (그림 6의 경우)  
Fig. 8 Phase shift generation (In case of Fig. 6)

그림 7은 그림 1의 회로방식으로 정전 발생 후 전원전압 재인가시 위상이 각각 15°, 30° 지연되는 경우의 파형을 나타낸다. 각 경우에  $v_{as}$ 가  $v_a$ 보다 각각 10%, 14% 감소하였음을 알 수 있다. 그림 8은 그림 6의 방식으로 그림 7과 동일한 조건으로 시뮬레이션한 결과를 나타낸다. 위상변위가 있음에도 불구하고  $v_{as}$ 와  $v_a$ 의 크기가 동일함을 알 수 있다.

### 4. 결론

본 논문에서는 전력품질 개선을 위한 전력품질 개선장치의 성능 테스트를 위한 새로운 방식의 전압변동 발생장치를 제안하였다. 제안한 방식은 전압 sag, swell, outage는 물론 전압 불평형 및 위상변위도 발생시킬 수 있고 위상변위시 출력전압도 일정하게 유지하였다. 제안한 방식에 대한 시뮬레이션 결과 광범위한 전압변동 발생이 가능함을 확인하였다.

제안한 방식이 갖는 주요 특징을 정리하면 다음과 같다.

- 구조가 매우 간단하여 경제적 구현이 가능하며 효율이 높고 소형 경량화 가능하다.
- 슬라이닥스와 SCR 사이리스터를 사용함으로 경제적이고 신뢰도가 높다.
- Sag와 Swell의 크기를 임의로 바꿀 수 있다.
- Outage 및 전압 불평형 발생이 용이하다
- 전압의 위상 변위를 임의로 발생 시킬수 있으며 전압을 일정하게 할 수도 있고 가변할 수도 있다.
- 제어가 간단하다.

본 연구는 산업자원부 지원에 의하여 기초전력연구원 (과제번호:R2005-B-109)주관으로 수행된 과제임.

### 참고 문헌

- [1] 최재호, "전력품질 장애와 대책," 전력전자학회지 5권 1호, pp. 13-18, 2000
- [2] R. S. Weissbash, G. G. Karady, P. G. Farmer, "A combined uninterruptible power supply and dynamic voltage compensator using a flywheel energy storage system," IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 16, No. 2, pp. 265-270, April 2001
- [3] Power Standards Lab. "Industrial Power Corruptors-standard power quality disturbance generators." 2003.
- [4] Elgar electronics Co., "Smartwave Swit-ching amplifier operation manual." 2002
- [5] J.W.Lim, K.S.Lee, E.C.Nho, I.D.Kim, T.W.Chun, H.G.Kim, S.S.Lee, "3-Phase Voltage Disturbance for Performance Test of A Flywheel Energy Storage UPS" Proceeding of ICPE'04, pp. 222-225, 2004.