

다이나믹 UPS의 성능시험을 위한 순시전압 변동 발생기

김중원, 이기수, 변우열, 노의철, 김인동, 전태원\*, 김흥근\*\*  
부경대학교, \*울산대학교, \*\*경북대학교

Instantaneous Voltage Disturbance Generator for the Performance Test of Dynamic UPS

J.W. Kim, K.S. Lee, W.Y. Byeon, E.C. Nho, I.D. Kim, T.W. Chun\*, H.G. Kim\*\*  
Pukyong National University, \*University of Ulsan, \*\*Kyungpook National University

**Abstract** - This paper deals with a novel 3-phase power quality disturbance generator. The proposed generator can be applied to the performance that of custom power devices. Voltage sag, swell and outage are provided by the generator. The control scheme for the disturbance generation is simple, and hardware setup is cost effective, compared with conventional scheme. The operating principle of the generator is described and the usefulness verified through simulation with 10KVA power rating.

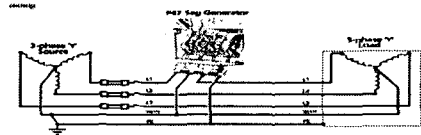


그림 1 PSL사의 Sag Generator  
Fig. 1 Sag generator provided by PSL Co.Ltd

1. 서 론

산업용 첨단장비, 자동화기기, 의료기기, 컴퓨터, PLC, 금융, 사무용기기 등 고도의 디지털 정보처리 시스템을 요하는 이들 기기들은 공급 전원의 Sag, Swell, 순간정전, 과전압, 저전압, 전압 불평형 등의 전압 변동에 매우 민감하게 반응하여 오동작 또는 동작이 정지되는 경우가 빈번히 발생한다. 이러한 사고가 발생하면 생산라인이 정지되거나 또는 정보처리센터의 업무가 마비되는 등 막대한 피해를 초래하는 경우가 많다. 이러한 문제를 해결하기 위해 전력 품질 개선을 위한 다양한 방안들이 제시되어 사용되고 있다. 정전 및 전압변동에 대응하기 위해 UPS가 대표적으로 사용되고 있으며, 최근에는 고전압 대전류 전력제어기기인 Custom Power Devices에 대한 관심이 고조되어 이에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다[1]. 그런데 이러한 전력 품질 개선 장치들의 성능을 테스트하기 위해서는 Sag, Swell, 순간정전 등의 전압 변동을 임의로 발생시켜 줄 수 있는 장치가 반드시 필요한데 기존의 장치는 너무 고가이고 취급하기가 용이하지 않다. 그림 1은 PSL사의 Sag 발생기이다 [2]. 이 Sag 발생기는 전원과 부하사이에 저항을 직렬로 연결하여 저항에 의한 전압강하를 이용하여 전압의 Sag를 얻는 것으로서, 조작이 간편하고 설치가 간단하며 각 상간 전압 불평형을 쉽게 만들 수 있는 장점이 있다. 그러나 저항을 사용하기 때문에 부하가 증가할 때 원래 설정된 Sag 값에서 변동이 발생하는 문제점이 있다. Swell의 발생 범위는 25% 정도로 제한되어 광범위한 Swell을 얻기가 곤란하다. Elgar사의 SW5250A는 위상 변이 및 서지, 스파크 등의 발생기능도 있으나 [3] Sag, Swell 발생 범위가 적고 가격이 고가이다. 최근 저가이면서 실용적인 TCR(Thyristor Controller-d Reactor)을 이용한 방식[4]이 제안되었으나 과도한 유효전력을 필요로 한다는 단점이 있다. 본 논문에서는 간단한 구조와 고신뢰도를 갖는 새로운 방식의 전압 변동 발생 장치를 제안하고자 한다. 제안하는 방식은 플라야휠의 저장에너지를 이용한 다이나믹 UPS[5,6]시스템의 성능 테스트에 적용하여 동작 원리와 특성해석을 함으로써 그 유용성을 확인하였다.

2. 제안한 방식의 회로

그림 2는 제안한 방식의 전압변동 발생기를 3상에 적용한 경우를 나타낸다. 일정한 전원전압  $V_a, V_b, V_c$ 로부터 Sag, Swell, Outage의 전압 변동이 있는 부하 상전압  $V_{as}, V_{bs}, V_{cs}$ 를 만들기 위해서  $V_a, V_b, V_c$ 와  $V_{as}, V_{bs}, V_{cs}$  사이에 직렬로  $V_{ad}$ 를 추가한다.  $V_{ad}$ 의 전압은  $V_{Ta}$ 에 의해 결정되며  $V_{Ta}$ 는 전원전압  $V_a$ 로부터 얻어진다.  $T_a \sim T_c$ 는 슬라이드스를 의미하며 접점

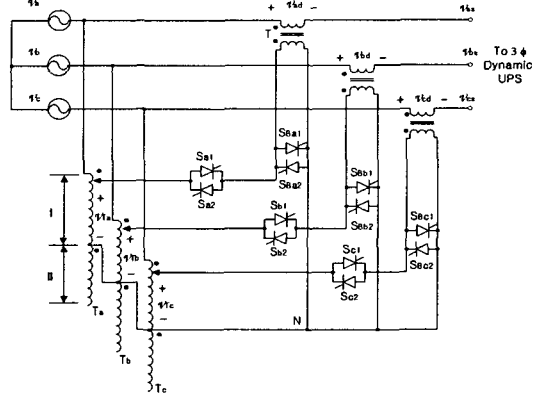


그림 2 3상 Sag, Swell Generator  
Fig. 2 3-phase Sag, Swell Generator

이 I-영역에 있을 경우는 Swell, II-영역에 있는 경우는 Sag를 발생하며 Sag 및 Swell의 크기를 조절하려면 접점의 위치를 바꾸면 된다. 크기를 고정하여 사용하는 경우는 단권변압기가 사용하면 된다.

$S_{a1}, S_{a2}, S_{b1}, S_{b2}$ 는 SCR 사이리스터로 구성된다. SCR 사이리스터는 최상의 순방향 전도 특성과 높은 전력 처리 능력을 가지고 있고, 양극 전압의 극성을 역전시켜 on 상태에서 역 저지 상태로 쉽게 스위칭된다. 한편 전력 반도체 소자중 가장 낮은 on 상태 전압을 가지므로 최소한의 손실로 출력을 발생할 수 있는 고효율

시스템 구동이 가능하다. 대용량의 Sag, Swell 발생기를 사용할 경우 각 단의 SCR을 병렬로 사용하여 전류 분담율을 높여 대전력에도 쉽게 적용 가능하다. SCR을 양방향으로 설치한 것은 교류전원이므로 극성에 무관하게 Sag와 Swell을 발생시킬 수 있도록 하기 위해서이다. 직렬 변압기를 사용한 이유는 부하에 무관하게 일정한 크기의 Sag나 Swell을 발생하기 위한 것이다.

### 3. 제안한 방식의 회로원리

그림 2의 3상 Sag, Swell 발생기의 동작원리를 기술하면 다음과 같다. 표 1은 그림 2에 다이내믹 UPS로 공급되는 전압  $V_{as}$ 가 정상, Sag, Swell, Outage로 변하기 위해 필요한 SCR 사이리스터의 온/오프 상태와 슬라이더스 접점위치를 정리해서 나타낸 것이다.

표 1 전압 변동에 따른 스위치 상태와 T-접점위치  
Table 1 Each switch operating condition and T-contact point

$V_{as}$	$S_{a1}, S_{a2}$	$S_{Ba1}, S_{Ba2}$	T접점
정상	OFF	ON	-
sag	ON	OFF	II-구간상단
swell	ON	OFF	I-구간
outage	ON	OFF	II-구간하단

각 상의 동작 원리가 모두 동일하므로 여기서는 a-상만 분석한다.

그림 2에서  $v_a, v_{as}, v_{ad}$ 의 관계는

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

(1)

이며, 여기서

$$v_{ad} = v_T / n$$

$$v_T = v_a / n_T$$

이다, 여기서  $n_T$ 는 슬라이더스 T의 변압비이다. 따라서 Sag를 발생시키려면  $v_a$ 보다 작아지도록 해야 하며, 이를 위해서는  $v_{ad}$ 가 마이너스(-)로 출력되어야 한다.  $S_{Ba1}$ 과  $S_{Ba2}$ 가 온되어 있으면 T의 1차와 2차는 단락상태이므로  $v_{ad}$ 는 영이 되어 정상상태를 유지한다. 이때  $S_{Ba1}$ 과  $S_{Ba2}$ 를 턴오프하면서  $S_{a1}$ 과  $S_{a2}$ 를 턴온하면 T의 1차측에는 슬라이더스 2차측 전압이 인가된다.  $v_d$ 의 극성이 마이너스가 되기 위해  $v_T$ 에서는 T의 II-구간에서 얻어져야 한다. 이때

$$v_{as} = v_a(1 - 1/n \cdot n_T)$$

이 되며 Sag의 정도는 T와 T<sub>d</sub>의 변압비로 결정된다. 슬라이더스의 구조상 I, II 구간내의 임의의 지점에서  $v_{Ta}$ 를 용이하게 얻을 수 있으며, 전압 Sag 정도도 접점 위치에 따라 임의로 설정 가능하므로 0~100% 전 범위에 걸쳐 광범위한 Sag를 얻을 수 있다.

접점이 T<sub>a</sub>의 하단부로 내려올수록 Sag의 정도는 증가하여 100%가 되면

$$v_{as} = -v_a$$

가 되어 식 (1)에서

$$v_{as} = 0$$

이 되므로 Outage 즉, 정전상태를 발생하게 된다.

T<sub>a</sub>의 접점을 I-구간에 두면 식 (1)~(3) 으로부터

$$v_{as} \approx v_a(1 + 1/n \cdot n_T)$$

(7)

이 되어 Swell 이 발생하며 Swell의 정도는  $n_T$ 로 조절하며 변압기의 용량과 권선비에 따라 조절 범위가 매우 다양한 값을 얻을 수 있다.

### 4. 시뮬레이션 결과

시뮬레이션은 회로 시뮬레이션 패키지인 Simplerer를 사용하였고 각 파라미터 및 회로는 각각 표 2와 같고 그림 3과 같다.

표 2 시뮬레이션 파라미터  
Table 2 Parameters for the simulation

파라미터	값
교류 3상전원	22CV, 60Hz
부하 리액터(L1,L2,L3)	2mH
변압기 main inductance	0.1H
변압기 leakage inductance	600μH
부하 저항	20Ω
SCR Forward voltage	0.8V

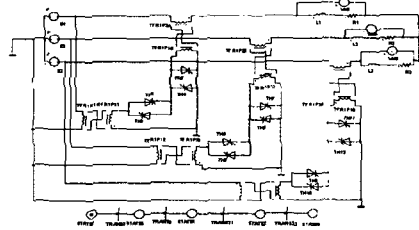
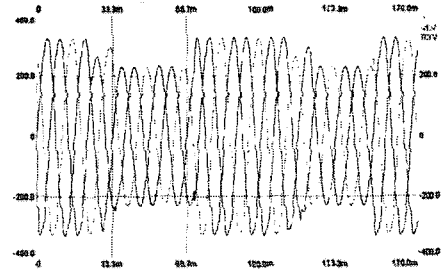


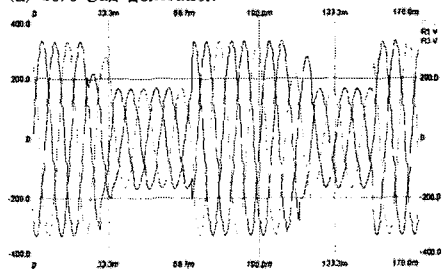
그림 3 시뮬레이션 회로도  
Fig. 3 Simulation Circuit

그림 4(a)는 기본파에 대해 30%, 50%, 70% Sag, 발생시의 출력 전압을 보여주는 파형으로서 전압 Sag의 범위가 매우 넓다는 것을 알 수 있다.



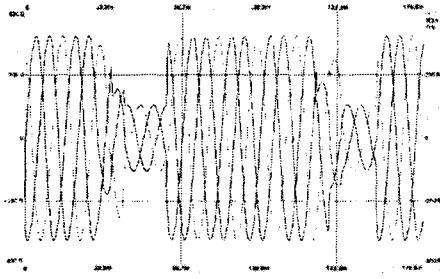
(a) 30% Sag 발생

(a) 30% Sag generation



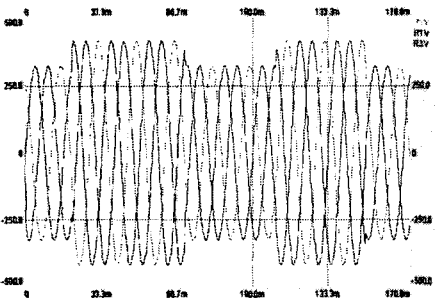
(b) 50% Sag 발생

(b) 50% Sag generation

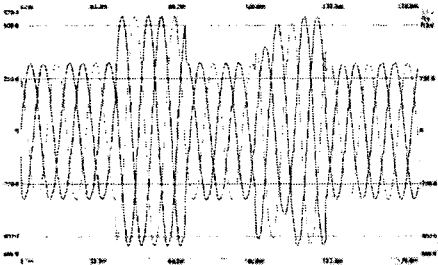


(c) 70% Sag 발생  
(c) 70% Sag generation

그림 4 Sag 발생  
Fig. 4 Sag generation



(a) 30% Swell 발생  
(a) 30 % Swell generation



(b) 70% Swell 발생  
(b) 70% Swell generation

그림 5 Swell 발생  
Fig. 5 Swell generation

그림 5(a),(b)는 각각 전원전압의 30%, 50%, 70% Swell 발생, 그림(b)는 70% Swell 발생 파형으로서 역시 Swell 발생 만큼 출력전압이 전원전압보다 증가함을 알 수 있다.

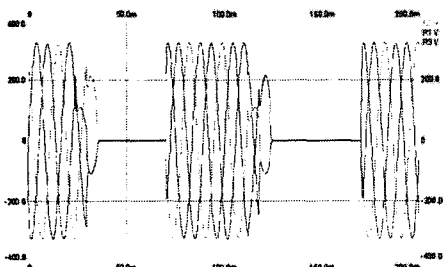


그림 6 정전 발생  
Fig. 6 Outage generation

그림 6은 정전 상태시의 파형이다. 이는 순간 정전 상태 및 정전시의 성능시험을 가능하게 한다. 이상의 파형을 통해서 정리해보면 Sag-Swell 발생기의 출력전압을 전원전압보다 크거나 작게 할 수 있으며 그 변동 범위도 광범위하게 할 수 있음을 알 수 있다.

## 5. 결론

본 논문에서는 전력품질 개선을 위한 custom power devices의 성능 테스트를 위한 새로운 방식의 전압변동 발생장치를 제안하였다. 제안한 방식은 전압 Sag, Swell, Outage를 임의로 발생할 수 있으며 기존 방식에 비해 구조가 간단하고 제어가 용이하여 저 비용으로 고성능 구현이 가능하다. 또한 용량에 무관하게 광범위한 용량을 대상으로 적용 가능하다. 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.
- 전압 Sag 변동 범위가 매우 넓다(0 ~ 100%).
- Outage, 저전압, 과전압 발생도 가능하다.
- 전압 Sag, Swell, Outage 발생을 위한 제어가 간단하다.
- 중·소 용량뿐 아니라 수십 MW급 이상의 대형 기기에도 효과적으로 적용 가능하다.

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초 전력공학 공동연구소 주관으로 수행된 과제(02-중-02)임

## [참고 문헌]

- [1] 최재호, "전력품질 장애와 대책," 전력전자학회지 5권 1호, pp. 13-18, 2000
- [2] Power Standards Lab. "Industrial Power Corruptors-standard power quality disturbance generators." 2003.
- [3] Elgar electronics Co., "Smartwave Switching amplifier operation manual." 2002
- [4] Y. H. Chung, G. H. Kwon, T. B. Park, G. Y. Lim, "Voltage Sag and Swell generator with thyristor controlled rectifier," IEEE Power Con 2002, Vol. 3, pp. 1933-1937, 2002
- [5] 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
- [6] R. G. Lawrence, K. L. Craven, G. D. Nichols, "Flywheel UPS," IEEE IA Magazine, pp. 44-50, may/June, 2003