

# 3상 다이내믹 UPS의 성능 시험을 위한 Sag-Swell 발생기

## Sag-Swell Generator for the test of 3-phase Dynamic UPS

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

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

**Abstract** - This paper describes a new 3 phase Sag-Swell generator for the test of custom power devices such as UPS, DVR, DSTATCOM, SSTS, etc. The proposed scheme has good features of simple structure, high reliability, wide range of sag and swell variation, It can also generate voltage outage. The control scheme for the generation is simple. The operation principle of the proposed scheme is described and verified through simulations.

-tribution Static Compensator), SVC(Static Var Compensator), Active Filter, SSTS(Solid State Transfer Switch) 등에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다[1]. 그런데 이러한 전력 품질 개선 장치들의 성능을 테스트하기 위해서는 Sag, Swell, 순간정전 등의 전원 변동을 임의로 발생시켜 줄 수 있는 장치가 반드시 필요한데 기존의 장치는 너무 고가이고 Sag, Swell의 동시 발생이 용이하지 않다. 최근저가이면서 실용적인 TCR(Thyristor Controlled Reactor)을 이용한 방식 [2]이 제안되었으나 과도한 유효전력을 필요로 한다는 단점이 있다.

본 논문에서는 간단한 구조와 고신뢰도를 갖는 새로운 방식의 전압 변동 발생 장치를 제안하고자 한다. 제안한 방식은 중·소용량 뿐 아니라 수십 MW급 이상의 대형 기기에도 효과적으로 적용할 수 있다.

### 1. 서 론

전기, 전자, 정보통신 기술의 비약적 발전으로 현대 사회는 정보화 사회로 진입하여 일반 가정은 물론 전체 사회 및 산업 시스템이 보다 긴밀히 유기적으로 결합된 네트워크로 진행되고 있다. 이러한 네트워크에서 여러 복합 시스템은 단일계통에 의해 통제되는 중앙 집중제어 시스템화되고 이에따라 정보처리 능력은 급속히 증대되고 있다. 그런데 이러한 정보화 사회의 기본이 되는 정보처리 시스템은 매우 안정된 전원이 공급되지 않으면 신뢰도를 전혀 확보할 수 없다. 즉 산업용 첨단장비, 자동화기기, 의료기기, 컴퓨터, PLC, 금융, 사무용기기 등 고도의 디지털 정보처리 시스템을 요하는 기기는 상용전원의 Sag, Swell, 순간정전, 과전압, 저전압, 전압 불평형 등의 전압 변동에 매우 민감하게 반응하여 오동작 또는 동작이 정지되는 경우가 빈번히 발생한다. 이러한 사고가 발생하면 생산라인의 정지 및 정보처리센터의 업무마비 등 막대한 피해를 보게 된다. 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 DVR(Dynamic Voltage Restorer), DSTATCOM(Dis

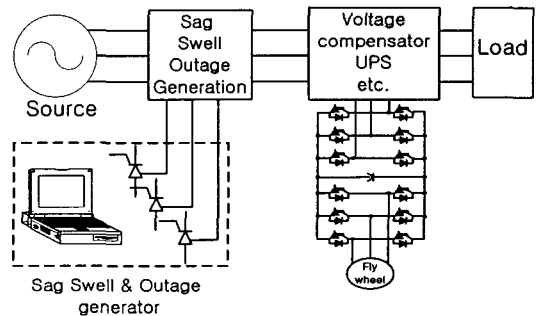


그림 1 Sag-Swell 발생기의 사용용도  
Fig. 1 Sag-Swell generator application

여기서는 차세대 환경친화형 UPS로 각광 받고 있는 플라이휠의 저장에너지를 이용한 다이내믹 UPS(3.4)시스템의 성능 테스트에 적용하여 동작원리와 특성해석을 하고자하며 단상의 경우[5]를 3상으로 확대하여 분석한다.

그림 1은 Sag-Swell 발생기의 적용 예를 나타낸 것으로서 전압 보상기와 UPS등의 성능시험을 위한 것이다.

## 2. 제안한 회로의 구성

그림 2는 제안한 방식의 전압변동 발생기 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 슬라이다스를 의미하며 접점이 I영역에 있을 경우는 Swell, II영역에 있는 경우는 Sag를 발생하며 Sag 및 Swell의 크기를 조절하려면 접점의 위치를 바꾸면 된다. 크기를 고정하여 사용하고 경우는 단권변압기로 사용하면 된다.  $S_{a1}, S_{a2}, S_{Ba1}, S_{Ba2}$ 는 SCR 사이리스터로 구성되며 고조파 왜곡이 필요한 경우는 회로를 보완하여 SCR 대신 IGBT나 IGCT등 온/오프 제어 가능소자를 사용하면 된다.

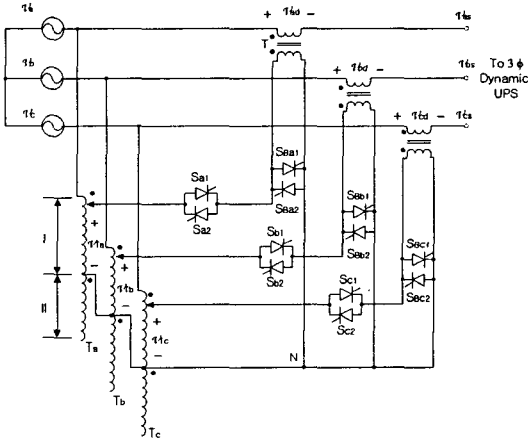


그림 2 3상 Sag, Swell Generator  
Fig. 2 3-phase Sag, Swell Generator

## 3. 제안한 회로의 동작원리

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 슬라이다스 접점위치를 정리해서 나타낸 것이다. 각 상의 원리가 모두 동일하므로 여기서는 a-상만 분석한다.

표 1 전압 변동을 위한 각 부분 동작 상태  
Table 1 Each operating condition for voltage distortion

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

그림 2에서  $v_a, v_{as}, v_{ad}$ 의 관계는

$$v_{as} = v_a + v_{ad} \quad (1)$$

이며, 여기서

$$v_{ad} = v_T / n \quad (2)$$

$$v_T = v_a / n_T \quad (3)$$

이다. 여기서  $n_T$ 는 슬라이다스  $T$ 의 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  $T$ 의 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  $T_a$ 의 1차측에는 슬라이다스 2차측 전압이 인가된다.  $v_a$ 의 극성이 마이너스가 되기 위해  $v_T$ 서는  $v_a$ 는  $T$ 의 II-구간에서 얻어져야 한다. 이때

$$v_{as} = v_a(1 - 1/n \cdot n_T) \quad (4)$$

이 되며 Sag의 정도는  $T$ 와  $T_a$ 의 변압비로 결정된다. 슬라이다스의 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  $T_a$ 의 하단부로 내려올수록 Sag의 정도는 증가하여 100%가 되면

$$v_{as} = -v_a \quad (5)$$

가 되어 식 (1)에서

$$v_{as} = 0 \quad (6)$$

이 되므로 Outage 즉, 정전상태를 발생하게 된다.

$T_a$ 의 접점을 I-구간에 두면 식 (1)-(3) 으로부터

$$v_{as} = v_a(1 + 1/n \cdot n_T) \quad (7)$$

이 되어 Swell 이 발생하며 Swell의 정도는  $n_T$ 로 조절한다.

#### 4. 시뮬레이션 결과

시뮬레이션은 회로 시뮬레이션 패키지인 Simplorer를 사용하였고 시뮬레이션에 사용된 각 파라미터는 표 2와 같고 회로는 그림 3과 같다.

표 2 시뮬레이션 파라미터  
Table 2 Parameters of prototype system

파라미터	값
교류 3상전원	220V, 60Hz
부하 리액터(L1,L2,L3)	2mH
변압기 main inductance	0.1H
변압기 leakage inductance	1m
부하 저항	20Ω
SCR Forward voltage	0.8v
SCR Bulk resistance	1mΩ

샘플링 시간은  $1\mu\text{sec}$  이고 시뮬레이션은 170ms로 실행하였다.

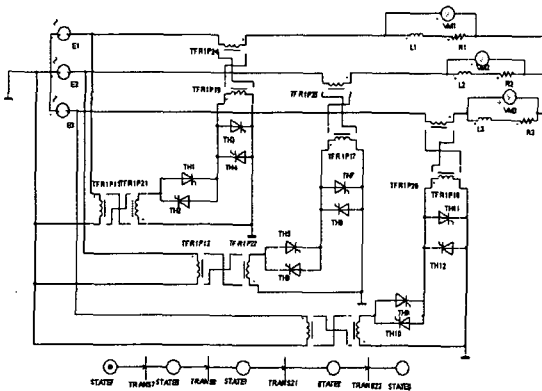
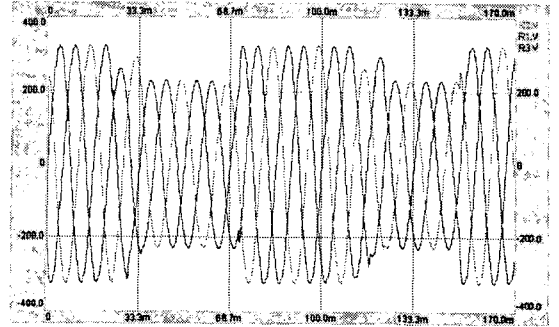
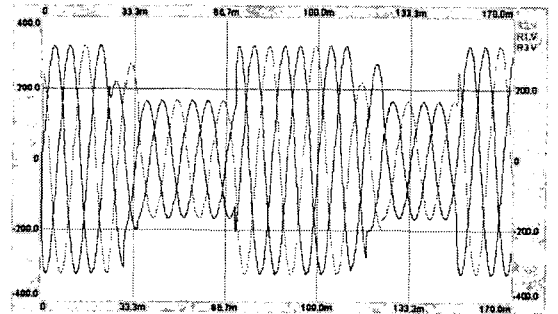


그림 3 시뮬레이션 회로도  
Fig. 3 Simulation Circuit



(a) 30% Sag 발생

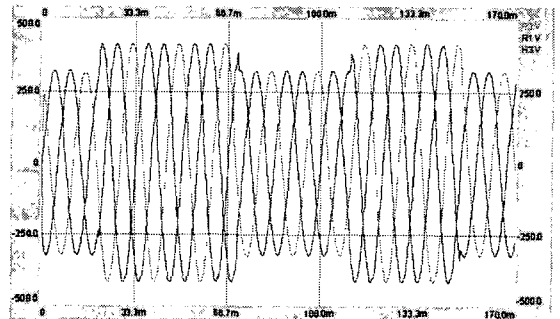


(b) 50% Sag 발생

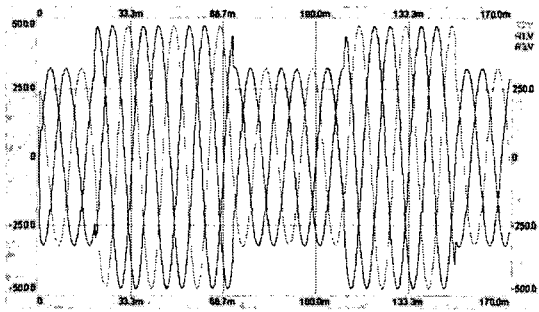
그림 4 Sag 발생

Fig. 4 Sag generation

그림 4(a)는 기본파에 대해 30% Sag, 그림 4(b)는 기본파에 대한 50% Sag 발생시의 출력 전압을 보여주는 파형으로서 기본파에 대해 발생하는 Sag만큼 전압 감소가 일어난다.



(a) 30% Swell 발생



(b) 50% Swell 발생

그림 5 Swell 발생

Fig. 5 Swell generation

그림 5(a)는 30% Swell 발생, 그림(b)는 50% Swell 발생 파형으로서 역시 Swell 발생 만큼 기본파가 증가함을 알 수 있다.

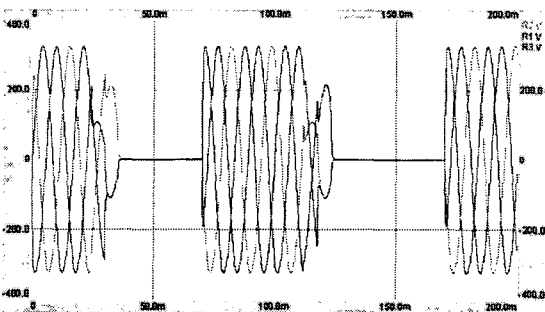


그림 6 정전 발생

Fig. 6 Outage generation

그림 6은 정전 상태의 파형이다. 이는 순간 정전 상태 및 정전시의 성능시험을 가능하게 한다.

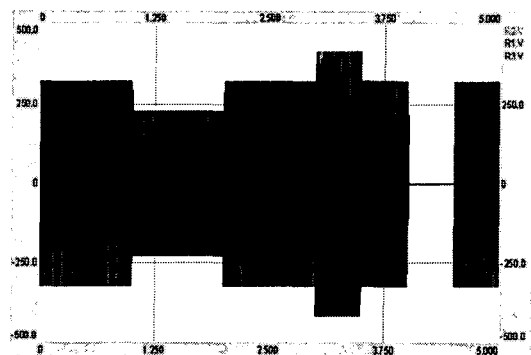


그림 7 Sag, Swell, Outage 발생

Fig. 7 Simulation for Sag, Swell, Outage condition for 5 second

그림 7은 5초 동안의 시뮬레이션 결과로서 장시간의 Sag, Swell, Outage가 순차적으로 발생하는 것을 보이고 있다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 전력품질 개선을 위한 UPS, DSTATCOM, SSTS 등의 Custom Power Devices의 성능 테스트를 위한 새로운 방식의 전압변동 발생장치를 제안하였다.

제안한 방식에 대한 시뮬레이션 결과 광범위한 전압변동 발생이 가능함을 확인하였다. 기존 방식에 비하여 구성이 매우 간단하므로 신뢰도가 높고 제작비용이 저렴하여 중·소용량은 물론 대용량 Custom Devices에도 효과적으로 적용 가능할 것으로 기대한다.

제안한 방식이 갖는 주요 특징을 정리하면 다음과 같다.

- 구조가 매우 간단하여 효율이 높고 소형 경량화 가능하다.
- 슬라이더스와 SCR 사이리스터를 사용함으로써 경제적이고 신뢰도가 높다
- Sag와 Swell의 크기를 임의로 바꿀 수 있다.
- 전압 변동 범위가 매우 넓다(0 ~ 100%).
- Outage, 저전압, 과전압 발생도 가능하다.
- 제어가 간단하다.

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

## [참 고 문 헌]

- [1] 최재호, "전력품질 장애와 대책," 전력전자학회지 5권 1호, pp. 13-18., 2000
- [2] 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
- [3] 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
- [4] R. G. Lawrence, K. L. Craven, G. D. Nichols, "Flywheel UPS," IEEE IA Magazine, pp. 44-50, may/June, 2003
- [5] 안종수, 최경진, 전대원, 노의철, 김인동, 김홍근 "전력 품질을 고려한 다이내믹 UPS 시스템의 Sag-Swell 발생기." 전력전자 학술대회 논문지, pp. 193-196, 2003