

비선형 부하특성을 갖는 전력품질 개선장치의 성능시험을 위한 전압변동발생기

박성대, 이병철, 노의철, 김인동, 전태원*, 김홍근**
 부경대학교, *울산대학교, **경북대학교

Voltage Disturbance Generator for the Test of Custom Power Devices with Nonlinear Load Characteristics

S.D. Park, B.C. Lee, E.C. Nho, I.D. Kim, T.W. Chun*, H.G. Kim**
 Pukyong National University, *University of Ulsan, **Kyungpook National University

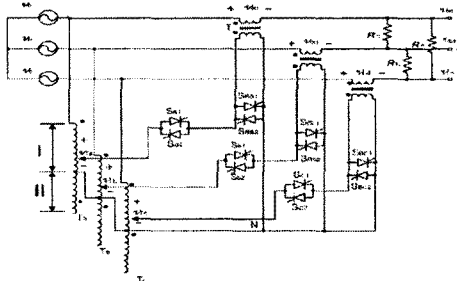
Abstract - This paper deals with a 3-phase voltage disturbance generator. The proposed generator can be used for the performance test of custom power devices with nonlinear load characteristics as well as linear load. The principle of the voltage sag, swell, outage, and unbalance generation is described. The switching pattern for the SCR thyristors in each mode is analysed to guarantee the system reliability. The validity of the proposed scheme is verified through simulation result.

1. 서 론

최근 고전압 대전류 전력제어기기인 Custom Power Devices에 대한 관심이 고조되어 이에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다 [1-3]. 그런데 이러한 전력 품질 개선 장치들의 성능을 테스트하기 위해서는 전압 변동을 임의로 발생시켜 줄 수 있는 장치가 필요한데 기존의 장치는 너무 고가이고 취급하기가 용이하지 않다[4,5]. 최근 저가이면서 실용적인 새로운 방식의 전압 변동 발생 장치가 제안되었으며[6-8], 제안한 방식은 새그, 스웰, 순간정전 발생은 물론 전압 불평형 상태를 발생시킬 수도 있다. 그러나 비선형 부하특성을 갖는 전력품질 개선장치를 위한 성능테스트를 하고자 하는 경우에는 각상의 전류 불연속 구간이 존재하므로 동작이 원활하지 않다. 따라서 본 논문에서는 선형부하는 물론이고 비선형 부하에서도 동작이 가능한 전압변동 발생기를 제안하여 그 동작특성을 분석하고 시뮬레이션 결과를 통하여 동작의 타당성을 입증하고자 한다.

2. 제안한 방식의 회로원리

그림 1은 제안한 방식의 전력품질 외란 발생기 회로를 나타낸다. 표 1은, 전압 V_{as} 가 정상, 새그, 스웰, 순간정전을 위해 필요한 SCR 사이리스터의 온/오프 상태와 슬라이더스 접점위치를 정리해서 나타낸 것이다. 제안한 회로의 sag, swell, outage 발생원리는 참고 문헌[7,8]에서 제시한 원리와 동일하다.



〈그림 1〉 제안한 방식의 전압 변동 발생기
〈Fig. 1〉 Proposed voltage disturbance generator

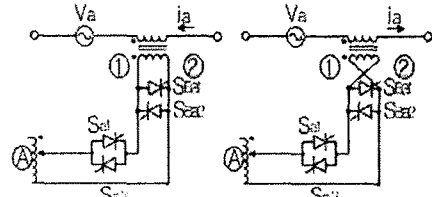
〈표 1〉 전압 변동에 따른 스위치 상태와 슬라이더스 접점위치(a상의 경우)

〈Table 1〉 Each switch operating state and contact point of autotransformer (in case of a-phase)

V_{as}	S_{a1}, S_{a2}	S_{Ba1}, S_{Ba2}	슬라이더스(T) 접점
정상	OFF	ON	-
새그	ON	OFF	I-구간하단
스웰	ON	OFF	II-구간
순간정전	ON	OFF	I-구간상단

3. SCR 사이리스터 스위칭 패턴 분석

그림 1의 회로에서 스위치 $S_{a1} \sim S_{c2}$ 와 $S_{Ba1} \sim S_{Bc2}$ 의 온/오프 상태 변화는 임의의 순간에 모두 가능한 것이 아니다. 전원전압과 전류의 방향이 일정한 조건에 맞을 경우에 한해서 원하는 상태로의 전이가 가능하다. 커뮤테이션 허용구간을 분석하기 위하여 그림 1의 일부분만을 그림 2와 같이 나타내었다.

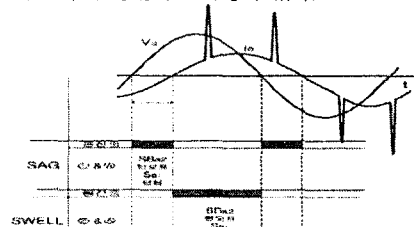


〈그림 2〉 직렬변압기와 스위치부 접속도
〈Fig. 2〉 Connection diagram of series transformer and switch part

3.1 전압변동 발생시

먼저 정상상태에서 새그가 발생하는 경우를 살펴본다. 새그를 발생시키기 위하여 S_{a1} 과 S_{a2} 를 턴온하고 S_{Ba1} 과 S_{Ba2} 를 턴오프하는데, 그림 3에서와 같이 전원전압과 전류의 극성이 서로 다른 구간에서만 가능하며 극성이 동일한 구간에서는 전류가 불가능하다. 그림 2(a)에서 V_a 가 양(+)이고 i_a 가 음(-)인 구간을 살펴본다. i_a 가 음의 방향이므로 그림 2(a)에서 전류는 부하측에서 전원측으로 흐른다. 그러면 S_{Ba2} 가 통전중에 있으므로 S_{a1} 을 턴온하면 단권변압기의 2차측 전압이 S_{Ba2} 에 역방향으로 인가되어 S_{Ba2} 는 턴오프되고 직렬변압기의 1차측에 단권변압기 2차측 전압이 인가된다. 따라서 직렬변압기의 2차측에 인가되는 전압의 극성은 전원전압과 반대가 되어 최종 출력 전압의 크기는 전원전압보다 작아진다.

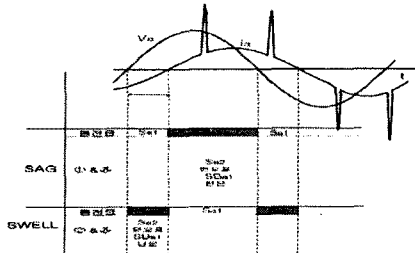
정상상태에서 스웰이 발생하는 경우를 살펴보면, 그림 3에서와 같이 전원전압과 전류의 극성이 서로 동일한 구간에서만 가능하다. 이것은 새그의 경우와 상반되는 특징이 있다.



〈그림 3〉 전압변동 발생시 스위칭 상태
〈Fig. 3〉 Switching state in voltage disturbance generation

3.2 정상상태 복귀시

새그가 발생한 상태에서 정상상태로 복귀하는 경우를 살펴본다. 정상상태로 복귀하려면 S_{Ba1} 과 S_{Ba2} 를 턴온하고 S_{a1} 과 S_{a2} 를 턴오프하는데, 그림 4에서 알 수 있듯이 전원전압과 전류의 극성이 동일한 구간에서만 가능하며 극성이 상이한 구간에서는 불가능하다. 왜냐하면 전원전압 V_a 는 양(+)이고 전류 i_a 는 음(-)인 구간에서 보면 전류는 전원측으로 흐르고 있으므로 S_{a1} 이 턴온상태에 있는데, 이때 S_{Ba1} 을 턴온하면 단권변압기의 양(+)의 전압이 직렬연결된 S_{a1} 과 S_{Ba1} 에 순방향으로 인가되어 단락회로를 형성하면서 과도한 단락전류에 의해 소자가 파괴되기 때문이다. 스웰이 발생한 상태에서 정상상태로 복귀하는 경우는 그림 4에서와 같이 전원전압과 전류의 극성이 서로 다른 구간에서만 가능하다.



〈그림 4〉 정상상태로 복귀시 스위칭 상태
 〈Fig. 4〉 Switching state in the recovery to normal condition

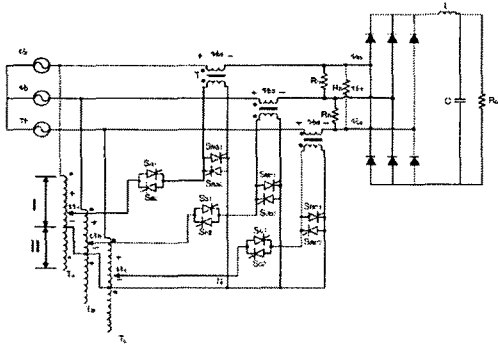
4. 시뮬레이션 결과

시뮬레이션 파라미터와 회로도 는 각각 표 2와 그림 5에 나타내었다.

〈표 2〉 시뮬레이션 파라미터

〈Table 2〉 Parameters for the simulation

파라미터	값	파라미터	값
교류 3상전원	220V, 60Hz	부하저항 R _o	18Ω
변압기 main inductance	0.1H	SCR Bulk resistance	1mΩ
변압기 leakage inductance	323uH	SCR Forward voltage	0.8V
출력단 저항	500Ω	정류기 필터 C	13600uF
정류기 필터 L	1mH		



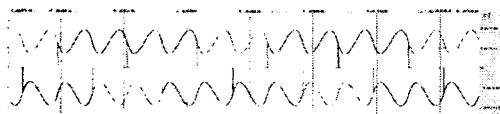
〈그림 5〉 시뮬레이션 회로도
 〈Fig. 5〉 Simulation Circuit

그림 6은 기본파에 50% 새그 발생시의 출력 전압을 보여주는 파형으로서 전압 Sag의 범위가 매우 넓다는 것을 알 수 있다.

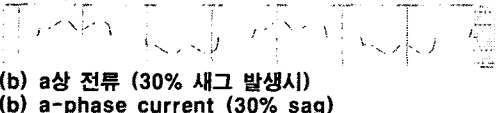


〈그림 6〉 50% 새그 발생 (200V/div., 1s/div.)
 〈Fig. 6〉 50% Sag generation (200V/div., 1s/div.)

그림 7은 비선형 부하에서 전압변동 발생기 각 상의 출력전류를 나타낸다. 그림 7(a)는 정상상태에서 a, b, c 상의 전류를 나타내며, 그림 7(b)는 30% 새그가 발생한 경우의 a상의 전류를 나타낸다.



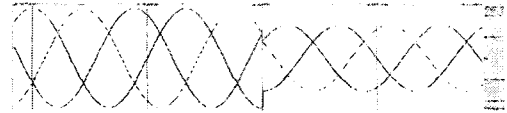
(a) 각 상의 전류 (정상 상태)
 (a) 3-phase current (normal condition)



(b) a상 전류 (30% 새그 발생시)
 (b) a-phase current (30% sag)
 〈그림 7〉 전압 변동 발생기의 출력 전류
 (12.5A/div., 5ms/div.)

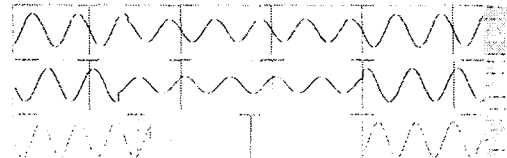
〈Fig. 7〉 Disturbance generator output current
 (12.5A/div., 5ms/div.)

그림 8은 50% 스웰 발생 후 다시 정상상태로 복귀하는 경우를 나타낸다.



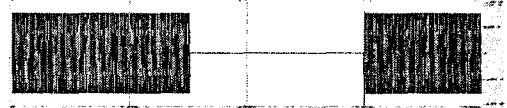
〈그림 8〉 스웰 발생 (200V/div., 1s/div.)
 〈Fig. 8〉 Swell generation (200V/div., 1s/div.)

그림 9에서는 a상은 30% 새그, b상은 50% 새그, c상은 순간정전을 발생시켜 전압불평형을 만든 경우를 나타낸다. 각 상이 독립적으로 동작 가능함을 알 수 있다.



〈그림 9〉 전압 불평형 발생 (125V/div., 25ms/div.)
 〈Fig. 9〉 Voltage unbalance generation
 (125V/div., 25ms/div.)

그림 10은 전원전압에서 순간정전을 발생한 후 정상 상태로 복귀하는 경우를 나타낸다. 각 모드로의 전환이 원활하게 이루어짐을 알 수 있다.



〈그림 10〉 순간정전 (125V/div., 10ms/div.)
 〈Fig. 10〉 Outage (125V/div., 10ms/div.)

5. 결 론

본 논문에서는 전력품질 개선장치의 성능시험을 위한 3상 전압변동 발생기를 제안하였으며, 제안한 발생기는 선형부하뿐 아니라 비선형부하 특성을 갖는 전력품질 개선장치에도 적용이 가능하다. 제안한 방식에 대한 동작원리와 장치를 구성하는 SCR 사이리스터의 스위칭 패턴에 대해 분석하였으며, 비선형 부하의 교류 입력단 전류가 불연속인 경우에도 SCR 사이리스터의 동작이 제대로 이루어지고 있음을 확인하였다.

제안한 방식의 전압 변동 발생기는 기존 방식에 비해 효율과 신뢰성이 높으며 경제적으로 구현할 수 있다는 특징이 있으며 비선형 부하인 경우에도 적용이 가능하므로 비선형 부하특성을 갖는 전력품질 개선장치의 성능시험에도 효과적으로 활용될 것으로 기대된다.

〔참 고 문 헌〕

- [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] R. G. Lawrence, K. L. Craven, G. D. Nichols, "Flywheel UPS," IEEE IA Magazine, pp. 44-50, may/June, 2003.
- [4] Power Standards Lab. "Industrial Power Corruptors standard power quality disturbance generators," 2003.
- [5] Elgar electronics Co. "Smartwave Swit-ching amplifier operation manual," 2002.
- [6] 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.
- [7] 이병철, 최성훈, 팽성환, 노의철, 김인동, 전태원, 김홍근, "위상급변 기능이 있는 전력품질 외란 발생기," 전력전자학회 추계학술대회 논문집, pp. 96-100, 2004.
- [8] 박성대, 노의철, 김인동, 전태원, 김홍근, "전력품질 개선장치의 성능시험을 위한 3상 전압변동 발생기의 동작특성 분석," 대한전기학회 춘계학술대회 논문집, pp. 244-246, 2006.