

100kW급 순간정전 및 위상급변 발생기의 출력 전압변동 해석

노의철, 박해영, 김진영, 김인동, *전태원, **김흥근
 부경대학교, *울산대학교, **경북대학교

Output Voltage Disturbance Analysis for 100kW-Rated
 Outage and Phase Jump Generator

E.C. Nho, H.Y. Park, J.Y. Kim, I.D. Kim, *T.W. Chun, **H.G. Kim
 Pukyong National Univ., *Univ. of Ulsan, **Kyungpook National Univ.

Abstract - This paper deals with output voltage characteristics analysis of outage and phase jump generator. As soon as the outage occurs the STS(Solid Transfer Switch)s are switched off. At the beginning of the outage the DG is required to limit the reverse current within the rated DG output current. In case of phase jump the DG output voltage phase should be adjusted with PLL. Simulation results show the output voltage characteristics of the generator.

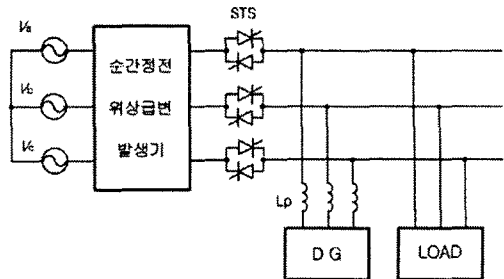


그림 1. 순간정전 및 위상급변 발생기와 STS를 포함하는 전력시스템

1. 서 론

신재생에너지의 보급 확대에 따라 풍력발전, 연료전지 발전, 태양광발전 등의 분산전원이 계통에 연결됨에 따라서 계통의 안정적인 운영에 대한 필요성이 증가하고 있다[1-3]. 이러한 다수의 분산전원을 기존 배전계통에 연결할 경우 계통사고 발생 시 분산전원과 배전계통의 양방향 보호가 필요하게 된다. 따라서 계통의 지락사고 등으로 인한 정전발생이나 위상급변 시 신속하게 분산전원을 계통으로부터 분리시키고 독립적인 운전이 가능하도록 하는 성능의 확보가 중요하다. 그런데 연구실 레벨에서 소규모의 분산전원 시스템을 구성하는 경우에 장기간의 정전을 발생시키는 것은 간단히 차단기로 구현할 수 있으나 수 사이클에 해당하는 순간정전을 발생시키는 경우에는 기계적인 차단기로는 구현하기 불가능하다. 순간정전을 발생시키기 위한 전력품질 외란 발생 장치를 사용하여 수 사이클의 정전을 발생할 수 있으나 기존의 제품은 가격이 고가이므로 일반 연구실에서 사용하기가 용이하지 않다[4,5]. 최근 저렴한 가격으로 구현이 가능한 전력품질 외란 발생기가 제안되었으며 그 성능이 입증된 바 있다[6-9]. 본 논문에서는 [6]의 전압변동 발생 장치를 이용하여 100kW급의 다수의 분산전원이 계통에 연계 되어있는 경우에 계통의 순간정전과 위상급변을 모의 하였으며, 이 때 계통에 미치는 영향과 전압변동 발생 장치의 출력특성을 고찰해 보았다.

2. 시스템 구성

2.1 시스템 개요

그림 1은 순간정전 및 위상급변 발생기와 STS를 포함하는 전력시스템을 나타낸다. DG(Distributed Generation)는 태양전지, 연료전지, 풍력 등의 분산전원을 의미하며, 계통의 순간정전 및 위상급변을 모의하기 위하여 순간정전 및 위상급변 발생기가 삽입되어 있다. STS는 계통의 순간정전 발생 시 계통을 분리하는 역할을 하며, 부하는 DG로부터 에너지를 계속 공급받게 된다.

2.2 순간정전 및 위상급변 발생기의 구성과 원리

그림 2는 순간정전 및 위상급변 발생 시 출력 특성을 해석하기 위한 시뮬레이션 회로도이다.

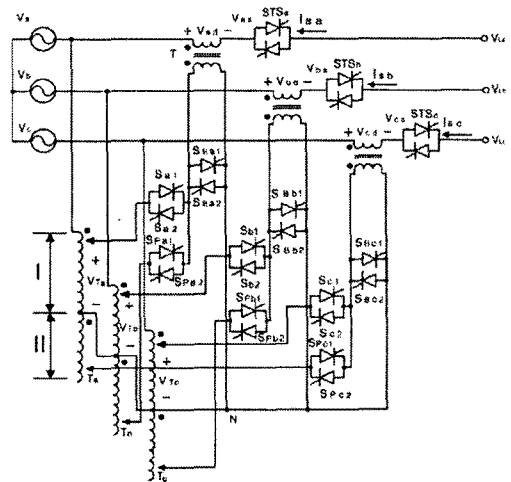


그림 2. 순간정전 및 위상급변 발생기 회로도

그림 1에서의 순간정전 및 위상급변 발생기는 [6]의 회로로 구현하였으며 부하는 R-L 선형부하(PF=0.85)로 하였으며 용량은 100kVA로 설정하였다.

그림 2에서 각 상의 동작원리는 동일하므로 a상에 대하여 순간정전이 발생하는 원리를 살펴보면 다음과 같다.

Va, Vas, Vad의 관계식은

$$V_{as} = V_a + V_{ad} \quad (1)$$

이다. 순간정전을 발생시키려면 V_{as} 가 0이 되도록 해야 한다. 단권변압기의 I-구간 내에서 접점을 조절하여 $V_{ad} = -V_a$ 가 되도록 하면 $V_{as} = 0$ 이 되므로 순간정전이 발생하게 된다.

위상급변의 동작원리를 살펴보면 다음과 같다. 그림 2의 Spa_1 , Spa_2 를 이용하면 전원 전압의 위상 지연이 가능하다. Spa_1 , Spa_2 를 턴-온하면 V_{ad} 에는 V_b 의 K배 전압을 얻을 수 있고, 출력전압 V_{as} 는 V_a 와 KV_b 의 합으로 결정된다. 수식은 다음과 같다.

$$V_a = \sqrt{2} V_s \sin \omega t \quad (2)$$

$$V_b = \sqrt{2} V_s \sin \left(\omega t - \frac{2}{3} \pi \right) \quad (3)$$

$$\begin{aligned} V_{as} &= V_a + KV_b \\ &= \sqrt{2} V_s \sin \omega t + \sqrt{2} KV_s \sin \left(\omega t - \frac{2}{3} \pi \right) \\ &= \sqrt{2} V \sqrt{1 + K + K^2} \sin(\omega t + \alpha) \end{aligned} \quad (4)$$

여기서,

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{K \sin \frac{2}{3} \pi}{1 + K \sin \frac{2}{3} \pi} \right) \quad (5)$$

전상일 경우에는 V_{as} 는 V_a 와 V_c 의 합으로 결정된다. 그림 3은 α 의 변화에 대한 V_{as} 의 크기를 나타내는 벡터도이다.

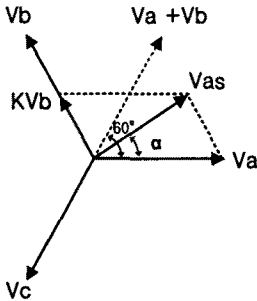
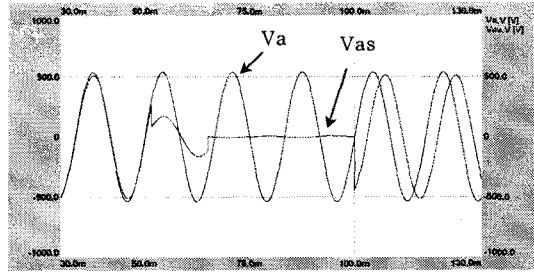


그림 3. 전압 벡터도

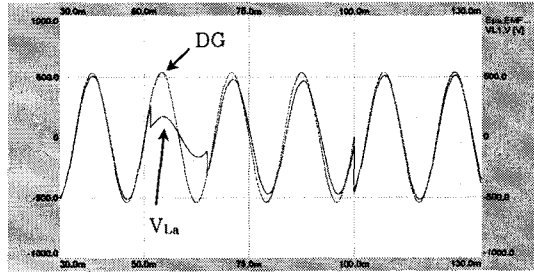
3. 시뮬레이션 결과

시뮬레이션은 다음과 같은 조건에서 수행하였다. (3상 교류전원 전압=380V, 60Hz. 부하용량=100kVA. 부하역률=0.85. DG 연계 리액터=0.1mH)

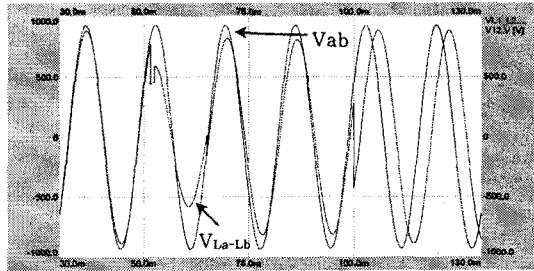
그림 4-(a)는 계통의 순간정전 및 위상급변 발생시 전원전압 V_a 와 V_{as} 전압 파형을 나타낸다. 순간정전은 약 50ms에서 발생시켰으며 위상 급변은 순간정전이 끝나는 시점에서 발생하도록 설정하였다. 그림 4에서 급변된 위상의 지연각은 60° 이며, 그림 4-(b)의 파형은 계통의 순간정전 발생시 DG 출력전압과 부하단에 인가되는 V_{La} 전압 파형을 나타낸다. 그림 4-(a)와는 달리 정전구간에서 DG의 출력전압이 전달되고 있음을 알 수 있다. 그림 4-(c)는 전원 선간전압 V_{ab} 와 부하 선간전압 V_{LaLb} 전압 파형이다. 위상급변 시킨 만큼 지연각이 나타남을 알 수 있다.



(a) 전원전압 V_a 와 V_{as} 전압



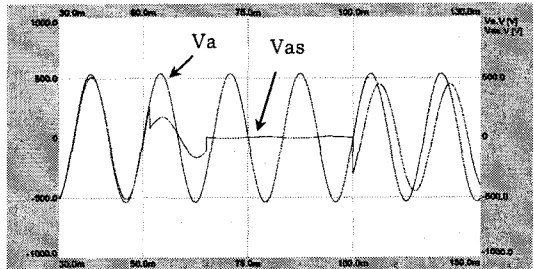
(b) DG 출력전압과 부하전압 V_{La}



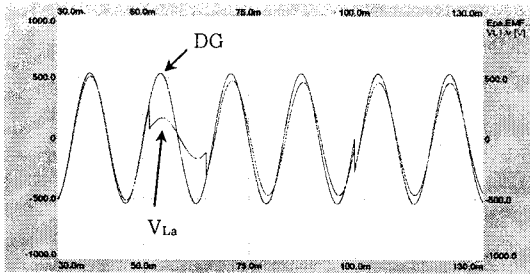
(c) 전원 선간전압 V_{ab} 와 부하 선간전압 V_{LaLb}

그림 4. 순간정전 및 위상급변 발생시 입출력 전압의 특성 (위상 지연각이 60° 인 경우)

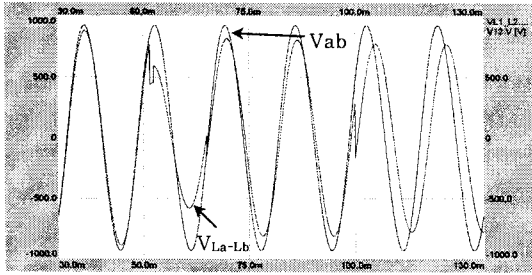
그림 5는 위상각을 30° 로 설정하였을 경우의 입출력 전압의 특성이다. 그림 5-(a)는 전원전압 V_a 와 V_{as} 전압이며 그림 5-(b)는 DG 출력전압과 부하단에 인가되는 V_{La} 전압 파형을 나타낸다. 그림 5-(c)는 전원 선간전압 V_{ab} 와 부하 선간전압 V_{LaLb} 전압 파형이다.



(a) 전원전압 V_a 와 V_{as} 전압



(b) DG 출력전압과 부하전압 V_{La}



(c) 전원 선간전압 V_{ab} 와 부하 선간전압 V_{La-Lb}

그림 5. 순간정전 및 위상급변 발생시 입출력 전압의 특성
(위상 지연각이 30°인 경우)

4. 결 론

본 논문에서는 분산전원이 연계된 계통의 순간정전 및 위상급변을 발생시키기 위한 장치의 출력특성을 해석하였다. 전압변동 발생기를 계통측에 삽입하여 순간정전 및 위상급변을 발생시켰으며, 순간정전 구간에서는 계통과 분리된 DG로부터 부하단으로 전원이 공급된다. 위상급변으로 인해 계통측 전원과 DG의 전원 간에 위상차가 발생할 수도 있다. 이러한 경우 DG는 과전류 및 위상급변에 대한 보호모드가 필요하다.

본 논문에서 분석하였던 순간정전 및 위상급변 발생기의 출력특성 해석 결과는 향후 분산전원 시스템의 설계 및 구현에 활용될 것으로 기대된다.

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력 연구원(R-2005-7-067)주관으로 수행된 과제임.

[참 고 문 헌]

- [1] Yun Wei Li, D. M. Vilathgamura, Poh Chiang Loh, "A grid-interfacing power quality compensator for three-phase three-wire Micro-grid applications," IEEE Trans. on power electronics, Vol. 21, Issue 4, pp. 1021-1031, July 2006.
- [2] N. Pogaku, M. Prodanovic, T. C. Green, "Modeling, analysis and testing of autonomous operation of an inverter-based micro-grid," IEEE Trans. on power electronics, Vol. 22, Issue 2, pp. 613-625, Mar. 2003
- [3] Power Standards Lab. "Industrial Power Corruptors-standard power quality disturbance generators," 2003.
- [4] 이승요, 최규하, "배전계통에서의 전압 변동의 원인 및 대책," 전력전자학회지 5권 1호, pp. 13-18, 2000.
- [5] Elgar electronics Co., "Smart wave Switching amplifier operation manual," 2002.
- [6] 변우열, 김중원, 이기수, 노의철, 김인동, 전태원, 김홍근, "다이나믹 UPS 시스템의 전력품질 외란발생을 위한 전압 Sag-Swell 발생기," 전력전자학회 논문지 Vol. 10, No. 1, p. 102-107, 2005.
- [7] Y. H. Chung, G. H. Kwon, T. B. Park, and G. Y. Lim, "Voltage Sag and Swell generator with thyristor controlled rectifier," IEEE Power Con 2002, Vol. 3, pp. 1933-1937, 2002.
- [8] J. W. Kim, K. S. Lee, E. C. Nho, I. D. Kim, T. W. Chun, H. G. Kim, S. S. Lee, "3-Phase Voltage Disturbance Generator for the Performance Test of A Flywheel Energy Storage UPS," Proceedings of International Conference on Power Electronics, Vol. 2, pp. 222-225, 2004.
- [9] E.C. Nho, I.D. Kim, T.W. Chun, H.G. Kim, "Cost-effective power quality disturbance generator for the performance test of custom power devices," Proceedings of IEEE-IECON, pp. 1606-1610, 2004.