

마이크로그리드용 순간정전 및 위상급변 발생기의 출력특성 해석

이영호, 민병호, 정재현, 노의철, 김인동, 전태원*, 김흥근**
 부경대학교, *울산대학교, **경북대학교

Output Characteristic Analysis of Outage and Phase Jump Generator for Microgrid

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

ABSTRACT

This paper describes output characteristics analysis of outage and phase jump generator for microgrid. The outage and phase jump can be generated with 3-phase voltage disturbance generator. As soon as the outage occurs the STS(Solid Transfer Switch)s are switched off. At the beginning of the outage the PCS is required to limit the reverse current within the rated PCS output current. In case of phase jump the PCS output voltage phase should be adjusted. The generator output characteristics are analysed through simulation.

1. 서론

최근 차세대 전력계통 시스템으로 불리는 마이크로그리드에 대한 관심이 고조되고 있다. 신재생에너지의 보급 확대에 따라 풍력발전, 연료전지발전, 태양광발전 등의 발전된 전력이 계통에 연결되고 마이크로터빈과 에너지 저장시스템까지 연결되면서 하나의 로컬 전력시스템을 형성하는 마이크로그리드에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1,2]. 그런데 연구실 레벨에서 소규모의 마이크로그리드를 구성하는 경우 전력품질 외란 발생장치를 사용하여 순간정전이나 위상급변 등을 발생시킬 수 있으나 기존의 제품은 가격이 고가이므로 일반 연구실에서 사용하기가 용이하지 않다[3,4]. 최근 저렴한 가격으로 구현이 가능한 전력품질 외란 발생기가 제안되었으며 그 성능이 입증된 바 있다[5-7]. 본 논문에서는 [5]의 전압변동 발생장치를 기본으로 하여 계통의 순간정전과 위상급변을 발생시켜 보았으며 이 때 전압변동 발생장치의 출력특성을 고찰해 보았다.

2. 시스템 구성

그림 1은 순간정전 및 위상급변 발생기 출력 특성을 해석하기 위한 시뮬레이션 회로도이다. 계통의 순간정전 및 위상급변을 모의하기 위하여 순간정전 및 위상급변 발생기가 삽입되어 있다. STS는 순간정전 발생시 계통을 분리하며, PCS는 태양전지로부터 얻어지는 직류전원을 교류전원으로 변환한다.

그림 1에는 태양전지에 의한 전원만 나타냈으나 일반적으로는 연료전지, 풍력 등으로부터의 에너지원도 포함된다.

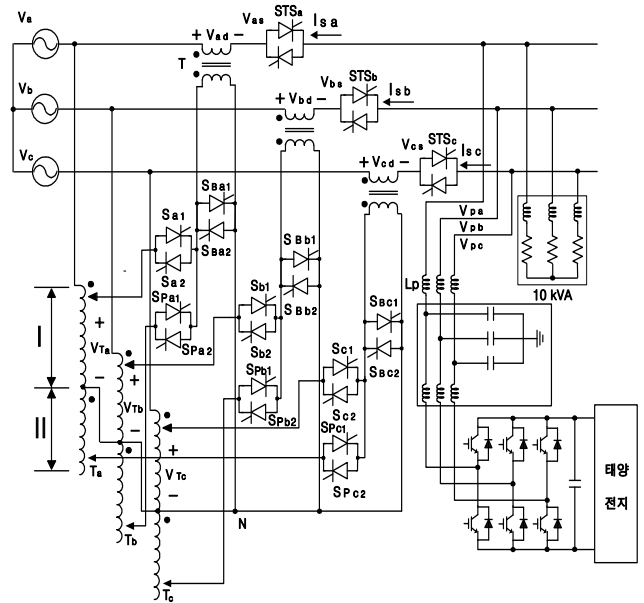


그림 1 마이크로그리드용 순간정전 및 위상급변 발생기

3. 시뮬레이션 결과

그림 1에서의 순간정전 및 위상급변 발생기는 [5]의 회로로 구현하였으며, 태양전지로부터 얻어지는 교류전원은 일정한 크기의 3상 교류전압으로 나타내고 그 크기와 위상은 계통의 전압과 동일하다. 부하는 R-L 선형부하(PF = 0.85)로 하였으며 용량은 10 kVA로 설정하였다.

그림 1에서 각 상의 동작원리는 동일하므로 a-상에 대하여 순간정전이 발생하는 원리를 살펴보면 다음과 같다.

그림 1에서 Va, Vas, Vad의 관계는

$$V_{as} = V_a - V_{ad} \tag{1}$$

$$V_{ad} = V_{Ta} / n \tag{2}$$

$$V_{Ta} = V_a / n_{Ta} \tag{3}$$

이다. 여기서 n과 n_{Ta}는 각각 직렬변압기 T와 단권변압기 T_a의 변압비이다. 순간정전을 발생시키려면 Vas가 0 이 되도록 해야 한다. 미끄럼방식 단권변압기의 I-구간 내에서 접점이 T_a의 상단부로 위치하도록 조절하여

$$V_{ad} = V_a \quad (4)$$

가 되도록 하면 식 (1)이

$$V_{as} = 0 \quad (5)$$

이 되므로 순간정전을 발생하게 된다.

그리고 위상급변의 동작원리를 살펴보면 다음과 같다. 그림 1에서 S_{Pa1} , S_{Pa2} 를 사용하여 전원전압보다 위상을 지연시킬 수가 있다. S_{Pa1} , S_{Pa2} 를 턴온하면 V_{ad} 에는 V_b 전압이 인가되어 출력전압 V_{as} 는 V_a 와 V_b 의 합으로 결정된다. V_b 의 K 배의 전압을 얻는다고 가정하면,

$$V_{ad} = \pm K V_b \quad (6)$$

$$V_{as} = V_a + V_{ad} \quad (7)$$

$$= \sqrt{2} V \sin \omega t \pm \sqrt{2} V K \sin(\omega t - \frac{2}{3}\pi) \quad (8)$$

$$= \sqrt{2} V \sqrt{1 \pm K + K^2} \sin(\omega t - \frac{2}{3}\pi) \quad (9)$$

여기서,

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{K \sin \frac{2}{3}\pi}{1 + K \sin \frac{2}{3}\pi} \right) \quad (10)$$

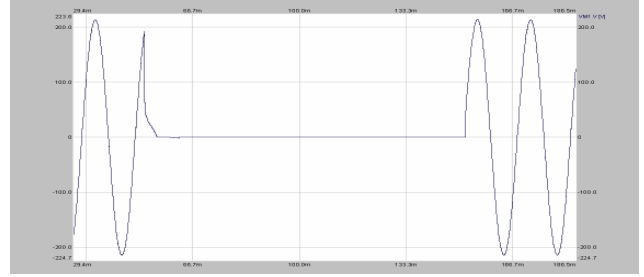
이 되어 크기와 위상이 가변하는 전압을 발생한다.

그림 1에 대한 시뮬레이션 파라미터는 표 1과 같다.

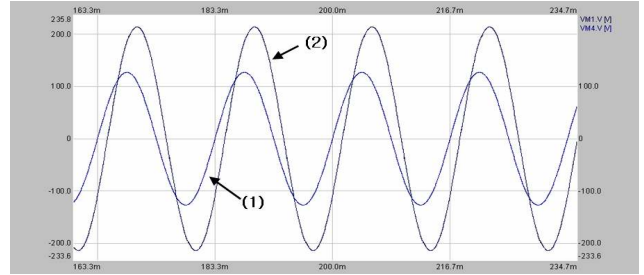
표 1 시뮬레이션 파라미터

파라미터	값	파라미터	값
교류 3상 전원	220 V, 60 Hz	리액터 L_P	1 mH
직렬변압기 자화인덕턴스	0.1 H	부하저항 R	4 Ω
직렬변압기 누설인덕턴스	100 μ H	부하리액터 L	7.4 mH
SCR Bulk resistance	1 m Ω	SCR Forward voltage	0.8 V

그림 2는 그림 1에서 태양전지가 없는 경우 a-b상의 순간전압 파형을 나타낸다. 순간정전은 약 50ms에서 발생시켰으며 위상급변은 순간정전이 끝나는 시점에서 발생하도록 설정하였다. 그림 2의 (b)에서 지연각 α 는 60도이며, 파형 (1)은 a상의 전원측 상전압이고 파형 (2)는 a-b상 출력측 순간전압이다. 상전압과 순간전압의 위상차(30도)와 지연각이 더해져서 30도가 지연되는 것을 볼 수가 있다.



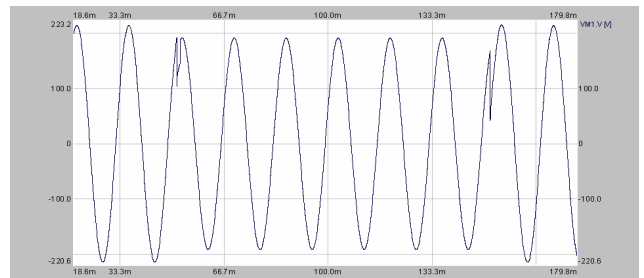
(a) 순간정전 구간에서의 a-b상 출력 순간전압



(b) 3 위상급변 구간에서의 a상 전원 상전압과 a-b상 출력 순간전압

그림 2 $V_{pa} \sim V_{pc}$ 가 0 일 때 순간정전 및 위상급변 발생시 a-b상 출력 순간전압

그림 3의 (a)는 그림 1과 같이 태양광발전 에너지가 있는 경우 동일한 순간정전 및 위상급변을 발생하였을 때 a-b상의 출력 순간전압 파형을 나타낸 것이다. 그림 2의 (a)와는 달리 정전구간에서 태양광발전 출력전압이 나타나고 있음을 알 수 있다.



(a) 순간정전 구간에서의 a-b상 출력 순간전압

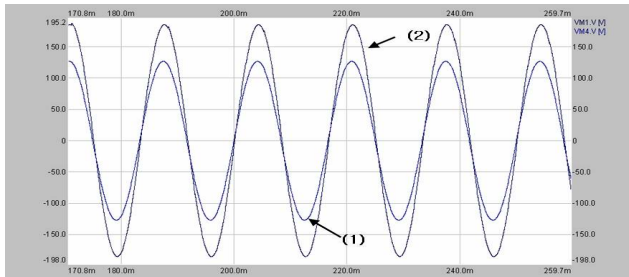


(b) 순간정전 구간에서의 c상 전원측 전류

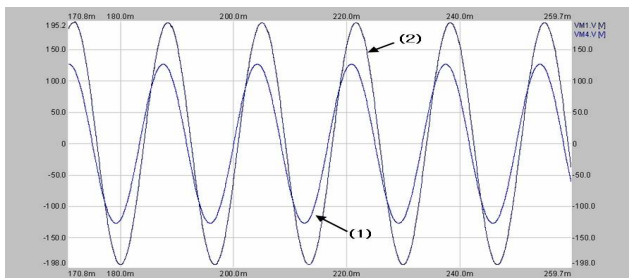
그림 3 $V_{pa} \sim V_{pc}$ 가 전원전압과 동일할 때 순간정전 발생 구간에서의 a-b상 출력 순간전압 및 c상 전원측 전류

그림 3의 (b)는 c상 STS 앞 단에 흐르는 전류 파형이다. 정전이 됨과 동시에 STS를 OFF하였다. 단락에 의한 순간정전이라고 가정하면 정전발생시 $V_{pa} \sim V_{pc}$ 전압이 부하에 공급된다. 이 때 과도한 전류(정상상태의 약 8배)가 계통의 전원으로 흐르게 되는데 그 크기는 PCS의 인터페이스 리액터 L_p 와 전원측 선로 임피던스 및 직렬 변압기의 누설 인덕턴스 등에 의해 결정된다.

그림 4는 위상각을 다르게 설정하였을 경우의 a상 상전압과 a-b상 출력 선간전압 파형을 나타낸다. 파형(1)은 a상 상전압이며 파형(2)는 a-b상 출력 선간전압이다.



(a) a상 상전압과 a-b상의 출력 선간전압 (위상각 30도인 경우)



(b) a상 상전압과 a-b상의 출력 선간전압 (위상각 45도인 경우)

그림 4 위상각 변화에 따른 a상 상전압과 a-b상의 출력 선간전압

4. 결론

본 논문에서는 마이크로그리드에서 계통의 순간정전 및 위상급변을 발생시키기 위한 장치의 출력특성을 해석하였다. 전압변동 발생기를 계통측에 삽입하여 순간정전 및 위상급변을 발생시켰으며, 순간정전 구간에서 STS가 완전히 턴오프될 때까지는 마이크로그리드에 구성되어있는 신재생에너지원으로부터 과도한 전류가 전원으로 흐르게 된다. 이 전류의 크기는 전원측 선로임피던스와 PCS 인터페이스 리액터의 크기 등에 따라 결정되지만 PCS 출력전류를 제어함으로써 PCS 정격 출력 전류 이내로 제한한다. 또한 계통에 위상급변이 발생했을 때 계통측 전원과 신재생에너지원의 전원 간에 위상차가 발생할 수도 있다. 그러므로 신재생에너지원을 위해 PCS는 과전류 및 위상급변에 대한 보호모드가 필요하다.

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

본 연구는 지식경제부 대학전력연구센터 육성·지원사업(I-2007-0-261-001)에 의한 마이크로그리드연구센터 주관으로 수행된 과제임.

참고 문헌

- [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. 2007.
- [3] Power Standards Lab. "Industrial Power Corruptors-standard power quality disturbance generators," 2003.
- [4] Elgar electronics Co., "Smart wave Switching amplifier operation manual," 2002.
- [5] 변우열, 김중원, 이기수, 노의철, 김인동, 전태원, 김홍근, "다이나믹 UPS 시스템의 전력품질 외란발생을 위한 전압 Sag-Swell 발생기," 전력전자학회 논문지 Vol. 10, No. 1, pp. 102-107, 2005.
- [6] 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.
- [7] 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.