

# 마이크로그리드용 순간정전발생기의 순간정전모드 동작시 전류특성 해석

이영호, 민병호, 노의철, 김인동, 전태원\*, 김홍근\*\*

부경대학교, \*울산대학교, \*\*경북대학교

## Analysis of current characteristics of outage generator for microgrid in outage mode operation

Y.H. Lee, B.H. Min, 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 the current characteristics of outage generator for microgrid in outage mode operation. The outage can be generated with 3-phase voltage disturbance generator. The STS current becomes very huge during the first cycle of the outage, and the magnitude of the current depends on the time impedance, series transformer leakage inductance, interfacing reactor of PCS, and the maximum allowable PCS output current. The current and load voltage waveform 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 마이크로서터빈과 에너지 저장시스템까지 연결되면서 하나의 로컬 전력시스템을 형성하는 마이크로그리드에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.[1,2] 연구실 레벨에서 소규모의 마이크로그리드를 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 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 이용하여 계통의 순간정전을 모의하였으며, 순간정전 발생시 전류특성을 해석하고자 한다.

### 2. 시스템 구성

그림 1은 순간정전 발생시 전류 및 전압특성을 해석하기 위한 시뮬레이션 회로도이다. 계통의 순간정전을 모의하기 위하여 순간정전 발생기가 삽입되어 있다. STS는 순간정전 발생시 계통을 분리하며, PCS는 태양전지로부터 얻어지는 직류전원을 교류전원으로 변환한다.

그림 1에 나와 있는 태양전지 이외에도 연료전지, 풍력 등으로부터의 에너지원도 포함된다.

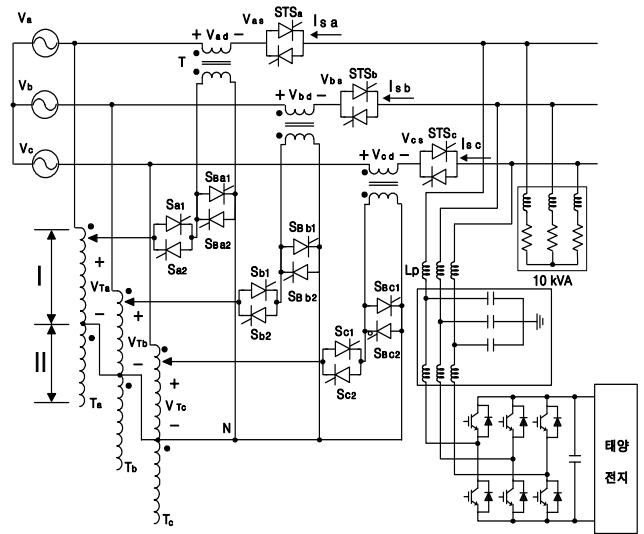


그림 1 순간정전 발생시 전류 및 전압특성 해석을 위한 시뮬레이션 회로도

### 3. 시뮬레이션 결과

그림 1에서의 순간정전 발생기는 [5]의 회로로 구현하였으며 태양전지로부터 얻어지는 교류전원은 일정한 크기의 3상 교류전압  $V_{pa}$ ,  $V_{pb}$ ,  $V_{pc}$ 로 나타내고, 그 크기와 위상은 계통의 전압과 동일하도록 하였다. 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 2에서  $V_a$ ,  $V_{as}$ ,  $V_{ad}$ 의 관계는

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

$$V_{ad} = V_{Ta} / n \quad (2)$$

$$V_{Ta} = V_a / n_{Ta} \quad (3)$$

이다. 여기서  $n$ 과  $n_{Ta}$ 는 각각 직렬변압기 T와 단권변압기  $T_a$ 의 변압비이다. 순간정전을 발생시키려면  $V_{as}$ 가 0이 되도록 해야 한다. 미끄럼방식 단권변압기의 I-구간 내에서 접점이  $T_a$ 의 상단부로 위치하도록 조절하여

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

가 되도록 하면 식 (1)이

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

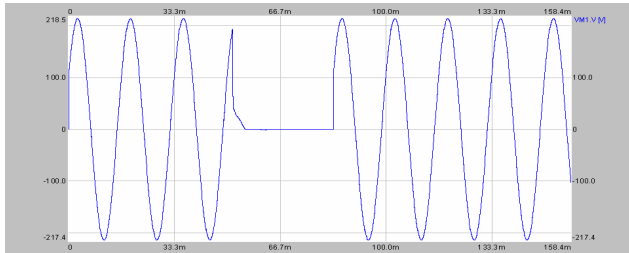
이 되므로 순간정전을 발생하게 된다.

그림 1에 대한 시뮬레이션 파라미터는 표 1과 같다.

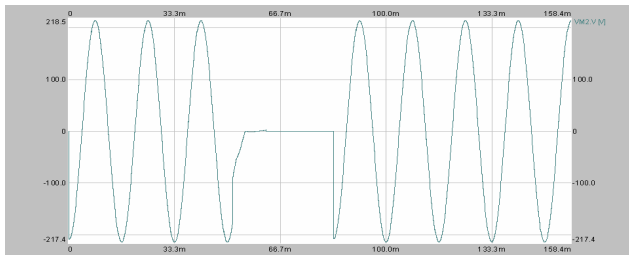
표 1 시뮬레이션 파라미터

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

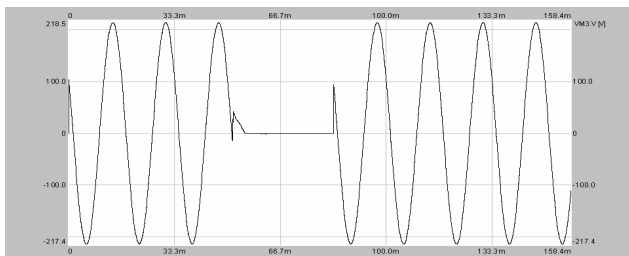
그림 2는 그림 1에서 태양광발전 에너지가 없는 경우 2 사이클의 순간 정전이 발생하였을 때 각 상의 순간전압 파형을 나타낸다.



(a) a-b 상 출력전압



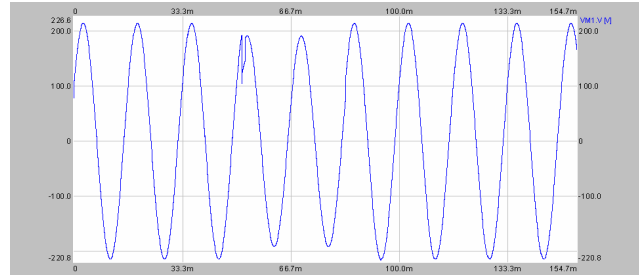
(b) b-c 상 출력전압



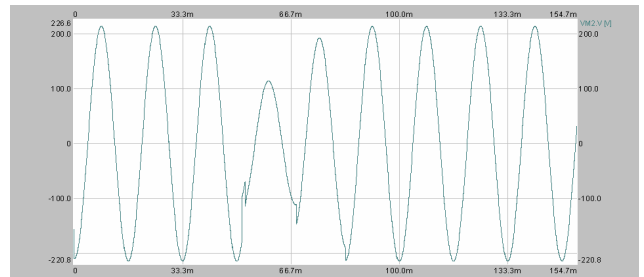
(c) c-a 상 출력전압

그림 2  $V_{pa} \sim V_{pc}$ 가 0 일 때 2 사이클의 순간정전 발생시 각 상의 순간전압

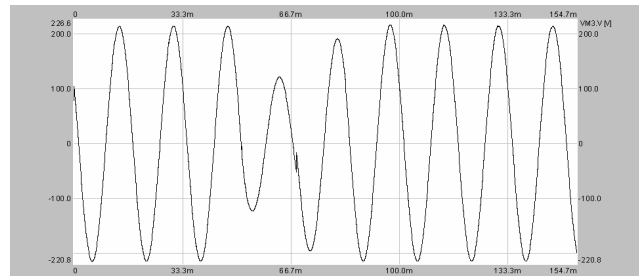
그림 3은 그림 1과 같이 태양광발전 에너지가 있는 경우 동일한 순간정전이 발생하였을 때 각 상의 순간전압 파형을 나타낸다. 그림 2와는 달리 정전구간에 처음 1주기 동안은 STS가 통전하고 있으므로 감소된 전압이 출력되고 STS가 턴오프 되고 난 후부터는 태양광발전 출력전압이 나타나고 있음을 알 수 있다.



(a) a-b 상 출력전압



(b) b-c 상 출력전압



(c) c-a 상 출력전압

그림 3  $V_{pa} \sim V_{pc}$ 가 전원전압과 동일할 때 2 사이클의 순간정전 발생시 각 상의 순간전압

그림 4는 c상 STS 앞 단에 흐르는 전류 파형이다. 0.0515s 일 때 정전을 발생시켰으며 정전이 됨과 동시에 STS를 OFF 하였다. 단락에 의한 순간정전이라고 가정하면 정전발생시  $V_{pa} \sim V_{pc}$ 가 전원이 되어 부하에 전력을 공급하게 된다. 이 때 과도한 전류가 계통의 전원측으로 흐르게 되는데 그 크기는 PCS의 인터페이스 리액터  $L_p$ 와 전원측 선로 임피던스 및 직렬 변압기의 누설 인덕턴스 등에 의해 결정된다. 일단 STS 전류가 0 이 되면 STS가 턴오프 될 때까지는 계속 0 을 유지한다.

표 2 ~ 4는 각각  $L_p$ 를 1, 2, 3mH로 하였을 경우 직렬변압기 누설인덕턴스 값에 따른 그림 4의 전류 피크값과 그림 4의 정전구간시 전압파형의 피크값을 나타낸다.

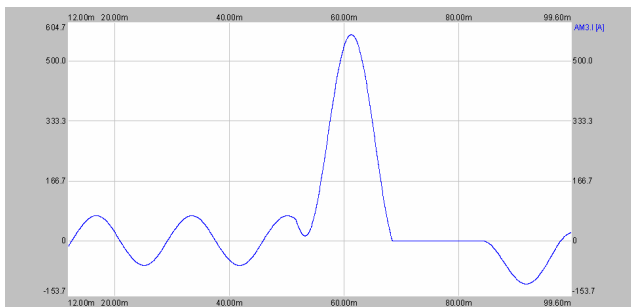


그림 4 c상의 STS 전원측 전류

표 2 순간정전시 변압기의 누설 인덕턴스에 대한 STS 전류와 부하 전압 ( $L_p = 1mH$ )

$L_l$ [ $\mu H$ ]	$I_{sa, peak}$ [A]	$\frac{I_{s a, peak}}{I_{s a}}$	부하 전압(과전류 구간) [V]
100	572.3	8.2	75.1
200	517.4	8.2	81.3
300	477.2	8.3	89.5
400	442.4	8.3	95.5
500	412.5	8.3	99.3

표 3 순간정전시 변압기의 누설 인덕턴스에 대한 STS 전류와 부하 전압 ( $L_p = 2mH$ )

$L_l$ [ $\mu H$ ]	$I_{sa, peak}$ [A]	$\frac{I_{s a, peak}}{I_{s a}}$	부하 전압(과전류 구간) [V]
100	287.9	3.9	60.1
200	274.4	4.0	62.8
300	261.8	4.0	67.7
400	250.4	4.0	69.9
500	240.1	4.1	73.7

표 4 순간정전시 변압기의 누설 인덕턴스에 대한 STS 전류와 부하 전압 ( $L_p = 3mH$ )

$L_l$ [ $\mu H$ ]	$I_{sa, peak}$ [A]	$\frac{I_{s a, peak}}{I_{s a}}$	부하 전압(과전류 구간) [V]
100	191.2	2.6	50.9
200	184.6	2.6	52.5
300	178.7	2.6	55.8
400	173.2	2.6	56.3
500	167.8	2.6	58.5

위의 표에서 알 수 있듯이  $L_l$ 이 커질수록 정전구간에서 과전류는 감소하나 부하전압은 증가하는 것을 볼 수 있다. 그리고 신재생에너지단의 인덕턴스  $L_p$ 가 클수록 정전구간에서의 과전류와 부하전압의 크기가 감소하는 것을 알 수 있다. 물론 PCS는 전력전자소자를 사용하여 구현하기 때문에 상기 표에서와 같이 대전류를 흘릴 수는 없다. 통상 정격전류의 2 배 이내의 전류가 흐르도록 설계되므로 정전발생시 PCS는 과전류 보호모드로 동작하게 된다.

## 4. 결론

본 논문에서는 마이크로그리드에서 계통의 순간정전 발생시 전류와 부하단 전압특성에 대해 분석하였다. 전압변동 발생기를 계통측에 삽입하여 순간정전을 발생시켰으며 순간정전 구간에서의 STS 전류와 부하단 전압의 크기를 분석하였다. 계통의 순간정전이 단락사고에 의한 경우 STS가 완전히 턴오프될 때까지는 마이크로그리드의 일부를 구성하는 신재생에너지원으로 부터 공급되는 과도한 전류가 전원측으로 흐르게 된다. 이 전류의 크기는 전원측 선로임피던스와 PCS 인터페이스 리액터의 크기 등에 따라 결정된다.

본 논문에서 분석하였던 순간정전 발생 시의 STS 동작특성은 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.