분산전원 실증시험장치를 이용한 분산전원의 과도특성 해석

손준호, 김소희, 김병기, 노대석
한국기술교육대학교
e-mail: dsrho@kut.ac.kr

Analysis of Transient Characteristics for Distributed Generations Using Test Devices

Joonho Son, Sohee Kim, Byeongki Kim and Daeseok Rho
Korea University of Technology and Education

요 약

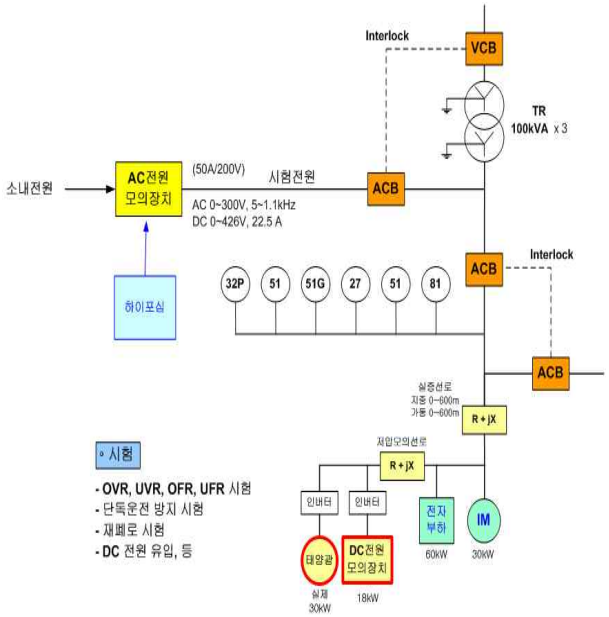
본 논문에서는 분산전원 연계선로의 분산전원 과도특성과 전력품질을 분석하기 위해 AC전원 모의 장치를 이용하여 저압 배전계통 측에서 순간전압강하(Voltage Sag), 순간전압상승(Voltage swell), 고조파(THD) 주입 등의 배전계통에 일어날 수 있는 비정상 상태를 발생시켜, 분산전원의 과도특성을 분석하여, 그 결과가 분산전원 계통연계 기술기준[9]-[11]에서 정한 규정치에 적합한가에 대한 기술적인 검토사항을 분석하였다.

1. 서 론

배전계통에 분산형전원이 연계되면 역조류가 발생하여 전류의 방향이 기존의 전류흐름과 반대가 되기 때문에 배전선로의 전압강하의 방향도 역으로 되어 인입점에서 전압이 상승하여 적정 전압범위를 벗어날 수가 있다. 적정치를 벗어난 전압변동은 수용가 기기의 오동작이나 파손을 일으킬 가능성이 있다. 본 논문에서는 저압배전계통에 연계되어 있는 분산전원의 과도특성을 해석하기 위하여, 실 계통을 모의하여 구축한 분산전원 실증시험센터의 설비를 이용하여, 순간전압강하, 순간전압상승, 고조파, 순간정전 등 배전계통에서 일어날 수 있는 비정상 상태 요소를 발생시켜, 분산전원의 과도특성을 해석하였다. 본 연구에서 제시한 과도특성에 대한 시험결과에 의하여, 분산전원 계통연계기술기준(가이드라인)에서 정해진 각종 규정에 대하여 저압선로에 연계되어 운용되고 있는 분산전원의 적합여부를 파악할 수 있었어, 본 연구의 유효성을 확인할 수 있었다.

2. 분산전원 실증시험장치 제작

분산전원 실증시험장치는 저압배전계통(모의선로와 부하)과 분산전원장치(태양광전원과 DC모의전원장치), 전력품질발생장치(AC 전원모의장치)로 구성된다. 전체 개요도는 그림 1과 같다.

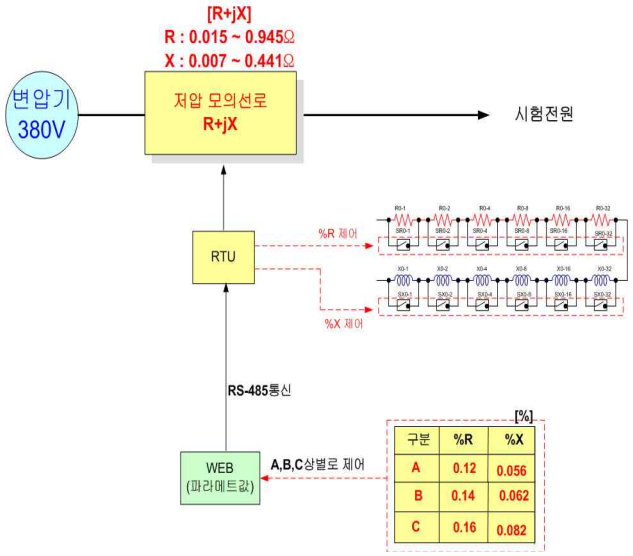


[그림 1] 분산전원 실증시험장치 구성도

2.1 저압배전계통

저압배전선로의 전기적 특성을 모의하기 위하여, 그림 2와 같이 실 선로의 단위 길이당 R+jX값으로 나타

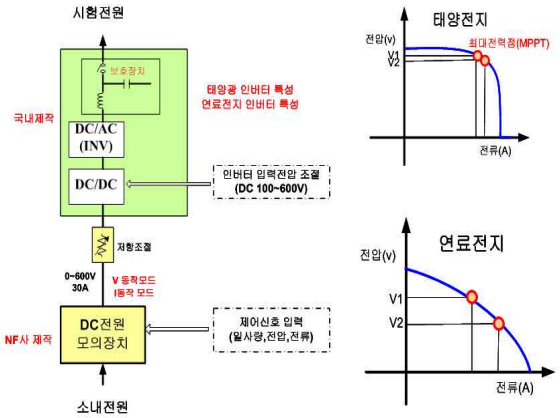
내었고, PC에서 파라메트 값만 입력하면 원격으로 자동제어될 수 있도록 구성하였다. 저항값(R) 및 인덕턴스 값(L)을 모의하기 위하여, 각각의 저항 및 리액터를 직렬로 연결할 수 있는 마그넷트 스위치(래치형)을 설치하고, 모든 조작은 웹상에서 파라메타 값만 입력하면 선로특성에 맞게 자동 설정되도록 구성하였다. 저압모의선로장치의 구성은 저항 32개 1Set, 리액터 32개 1Set, 마그넷트 64대, RTU 제어장치외 옥외용 판넬 8면으로 구성되어 있다.



[그림 2] 저압모의선로 구성

2.2 DC전원모의 시험장치

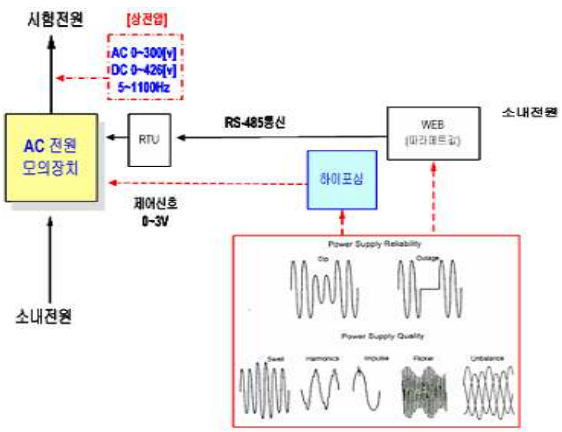
DC전원모의 시험장치는 그림 3과 같이, 태양광 발전 15kW와 연료전지 15kW로 구성되어 있다. DC전원모의 시험장치는 소내전원을 이용하여 DC 전원 모의장치에서 태양광전지와 연료전지 모듈특성을 구현하며, 태양광 3상 15kW PCS 인버터와 연료전지용 15kW EPC(Electric Power Conversion)인버터로 구성된다 계통전원은 3상3선 380V/60Hz, 계통과의 절연은 상용변압기로 절연되어 있다. DC전원모의장치는 0~600V 제어가 가능하며 용량 15kW, 인버터의 입력전압 150~600V로 구성되어있고 DC전원장치는 태양광 전지셀과 연료전지셀 특성을 고려하여 특성별(VI곡선)구현이 가능하도록 구성되어 있다. DC전원모의장치에 현장에서 측정한 일사량, 수소 및 산소량, 전압,전류 값을 데이터로 변환하여 입력하면 현장과 동일하게 모의가 가능하도록 알고리즘이 구성되어 있다.



[그림 3] DC 전원모의장치 30kW 구성

2.3 전력품질발생장치

전력품질발생장치(AC전원모의장치)는 그림 4와 같이, 저압배전선로에서 발생되는 Dip, Outage, Swell, Harmonics, Impulse, Flicker, Unbalance 등을 상별로 구현이 가능하도록 구성되어 있다 [13]-[15]. 시험방범은 저압선로에 연계된 인버터, 및 보호장치에 대해서 Voltage trip point시험, Frequency trip point시험, 단독운전 방지 검출시험, 재폐로 시험, DC전원 유입시험 등 계통연계 시험할 수 있도록 시험선로에 전압을 인가하여 상별로 전압 및 주파수를 조절 할 수 있도록 구성되어 있다. AC전원모의장치는 주파수불변상태에서 전압급변기능을 갖고 있으며, 설정범위는 각각 0.1㎳ ~ 6s, 6s ~ 60s, 60s ~ 600s가 가능하고 V start level, QC level 형태로 전압급변 시험이 가능하도록 되어 있다. 또한 주파수 변동 상태에서 전압변동 시험을 목표값과 이동시간(Transition time)동안 최대 0~99.9s까지 조절이 가능한 기능을 갖고 있다.



[그림 4] AC전원모의시험장치(36kW)

2.4 태양광발전장치

그림 5는 태양광발전 인버터 및 설비의 구성을 나타내고 있다. 태양광발전설비는 인버터 상호간 미치는 영향 분석을 분석하고, 정격전압 220±13V, 정격전류 150%초과, 전압변동±2% 초과, 주파수변동 ±0.1Hz 초과, 단독 운전 검출 0.5초 이내, 복전후 5분, 누설전류 5mA, DC유입전류 0.5% 이하 등 인버터 특성과 계통에 미치는 영향을 분석하기 위한 실증 시험설비이다. 태양광설비 구성은 고정형 태양전지(30kW), 계통 연계형 1상 3kW 인버터6대, 3상 12kW 1대로 구성되어 있다.

[그림 5] 태양광발전 시험장치(30kW)

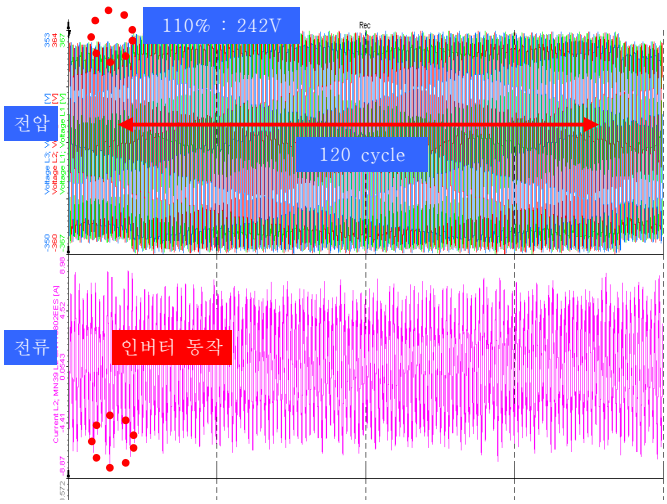
3. 시뮬레이션 결과 분석

본 연구에서는 AC전원 모의장치를 이용하여 저압배전계통 측에서 순간전압강하(Voltage Sag), 순간전압상승(Voltage swell), 등의 배전계통에 일어날 수 있는 비정상 상태를 발생시켜, 분산전원의 과도특성을 분석하였다.

3.1 순간전압상승 특성시험

(1) 순간전압상승 120cycle 110% 시험

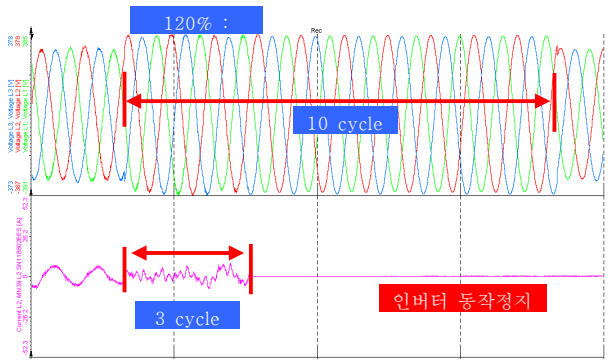
기준전압 220V 110%의 120cycle 동안 계통에 비정상 상태로 공급했을 때의 인버터 동작특성 시험 결과는 그림 6과 같다. 전압에 순간전압상승이 발생했을 때 전압이 상승한 만큼 전류가 계통과 동일한 상태를 유지하기 위해 전압이 증가하는 경우 인버터 동작전류는 미세한 크기의 전류로 감소하였지만 인버터는 차단되지 않고 비정상적으로 동작하였다. 연계기준에 의거 110%이상의 순간전압상승이 발생할 경우 1.0sec 이내에 차단되어야 하나, 시험결과는 아래와 같이 전류의 크기는 미세하게 감소하였으나, 인버터는 차단되지 않고 비정상적으로 동작함을 알 수 있었다.



[그림 6] 인버터 동작특성(전압 및 전류)

(2) 순간전압상승 10cycle 120% 시험

기준전압 220V 120%의 10cycle 동안 계통에 비정상 상태로 공급했을 때의 인버터 동작특성 시험 결과는 전압에 순간전압상승이 발생했을 때 전압이 상승한 만큼 전류가 계통과 동일한 상태를 유지하기 위해 전압이 증가하는 경우 인버터 동작전류는 3cycle 후 전류의 크기가 감소하면서 그림 7과 같이 인버터는 트립되었다. 따라서 순간전압상승 시험결과는 220V 120%에서는 순간전압 상승이 120% 이상일 경우 3cycle 0.01s 후 인버터는 정상적으로 정지하였다. 순간전압상승 시험은 110% 크기에서는 연계기준에 의거 1.0s에 차단되어 하나 차단되지 않고 비정상적으로 동작하였지만, 120% 크기에서는 0.16s이내에 차단기가 동작해야 하는데 3cycle 0.05s 이내에 트립되어 연계기준에 만족함을 확인할 수 있었다.

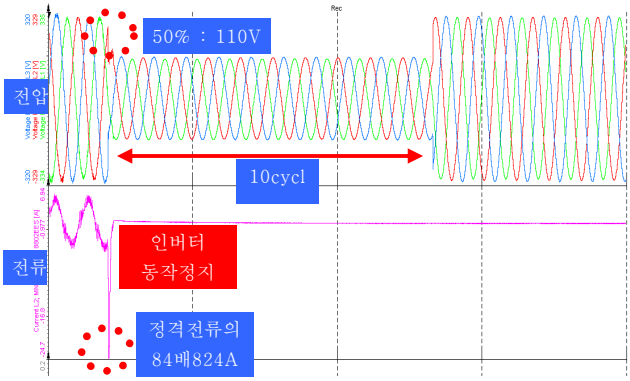


[그림 7] 인버터 동작특성(차단)

3.2 순간전압강하 특성시험

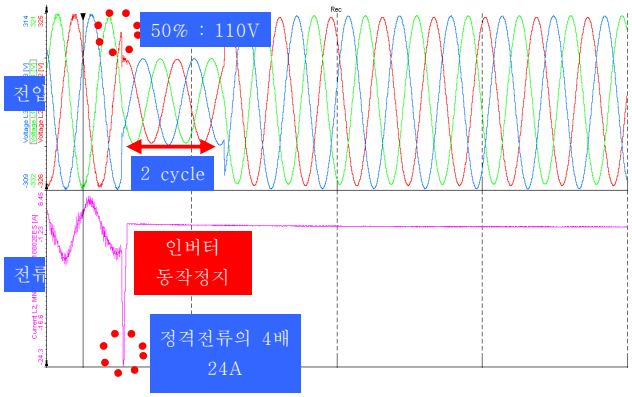
기준전압 220V의 50%를 10cycle 동안 계통에 비정상 상태로 공급했을 경우 분산전원 계통연계 기준

은 0.16s (10 cycles) 이내에 계통에서 분리되어야한다. 그림 8은 순간전압강하가 발생했을 때 전압이 감소한 만큼 전류가 계통과 동일한 상태를 유지하기 위해 전압이 감소하는 동일 시점에서 인버터 내부 보호회로 중 과전류 계전요소가 동작하면서 인버터 동작전류는 "0"이 되고 동작이 중지되었고, 기준에 만족함을 확인하였다.



[그림 8] 인버터 동작특성(50% 10cycles)

한편, 기준전압 220V의 50%를 2cycle 동안 계통에 비정상 상태로 공급했을 때의 인버터 동작특성 시험 결과는 그림 9와 같이 전압에 순간전압강하가 발생했을 때 위의 시험과 동일하게 전압이 감소한 만큼 전류가 계통과 동일한 상태를 유지하기 위해 전압이 감소하는 동일 시점에서 인버터 내부 보호회로 중 과전류 계전요소가 동작하면서 인버터 동작전류는 "0"이 되고 동작을 중지했다.



[그림 9] 인버터 동작특성(50% 2cycles)

4. 결 론

본 논문에서는 저압선로에 연계된 분산전원의 과도특성을 해석하기 위하여 시험장치를 구축하여 다양한 과도특성시험을 수행하였다 주요 내용은 다음과 같다.

(1) 순간전압상승 시험에서 110% 크기에서는 연계기준에 의거 1.0s에 차단되어 하나 차단되지 않고 비정상적으로 동작하였고, 120%에서는 0.16s이내에 차단기가 동작해야 하는데 3cycle 0.05s 이내에 정상적으로 차단되어 연계기준에 만족함을 확인할 수 있었다.

(2) 순간전압강하 10cycle/2cycle 50% 시험의 경우 0.16초 이내에 즉시 분리 동작하였으나, 순간전압강하 10cycle/60cycle/120cycle 80%시험에서는 분리되지 않았다. 따라서 현재 국내 보급되고 있는 인버터의 사양에 대한 검토가 필요함을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] IEEE 1547.1 "IEEE Standard conformance Test Procedures for Equipment Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems" 2005. 1.

[2] 노 대석 외 3인 , "저압 배전선로에 연계된 태양광발전의 정상상태 특성연구", 대한전기학회 전력기술부문회 전력계통연구회 춘계학술대회 논문집, 2010.5

[3] 노 대석 외 3인, "저압 배전선로에 연계된 태양광발전의 정상상태 특성연구", 대한전기학회 전력기술부문회 전력계통연구회 춘계학술대회 논문집, 2010.5