

PSCAD/EMTDC에 의한 분산전원용 계통연계 시뮬레이터의 설계 및 분석

손준호*, 박현석*, 김찬혁*, 노대석*

*한국기술교육대학교

e-mail: dsrho@kut.ac.kr

Analysis and Design for Simulator of Test Devices of New Energy Sources Based on the PSCAD/EMTDC

Junho Son*, Hyenseok Park*, Changhyeok Kim*, Daeseok Rho*

*Korea University of Technology and Education

요 약

본 연구에서는 신 에너지전원(태양광)이 배전계통에 연계되어 운용되는 것을 상정하여, 정상상태와 비상(사고)상태, 전력품질(순시), 스마트배전설비 등에 대한 배전계통의 특성 및 신 에너지전원의 특성을 시험하고 분석할 수 있는 분산전원용 계통연계 시뮬레이터를 제작하고 평가하기 위하여, 배전계통 전용해석 S/W인 PSCAD/EMTDC를 이용하여 사전 시뮬레이션을 수행하여 설계를 수행하고, 시험결과를 분석하였다. 본 연구에서 제작한 시뮬레이터는 배전용변전소(154/22.9KV)의 주변압기와 3상 4선식 22.9KV 고압배전선로의 2개 선로 및 부하를 축약형태(약 1/100)로 모의한 것이지만, 주상변압기(13,200/380/220V) 이하의 저압 배전선로는 실제통과 거의 동일한 상태로 모의한 것이다. 이상의 구성 요소 데이터를 산출하기 위하여 PSCAD/EMTDC를 이용하여 사전 시뮬레이션을 수행하여 설계 및 제작을 수행하고 그 효용성을 확인하였다.

1. 서 론

본 연구에서 제작한 분산전원용 계통연계 시뮬레이터는 태양광과 풍력 등과 같은 신 에너지전원의 출력특성(역조류)과 배전계통의 선로특성(선로길이), 부하특성(역률)을 파라메타로 배전계통과 신 에너지전원의 운용특성을 평가하는 시험을 수행하는 장치이다. 시험의 기준은 한전에서 제정하여 사용하고 있는 신 에너지전원의 계통연계가이드라인(2006년 1월)에 근거하여 시험방법을 정한다. 구체적으로는 신 에너지전원의 출력변동(역 조류)에 의한 계통의 전압변동과 역률변동 특성 등에 대한 시험을 수행한다. 전기사업법에 수용가전압은 200V±6%로 유지하도록 정해져 있는 주요한 항목으로 이 전압을 적정하게 유지하는가를 시험한다. 또한 송출전압의 변동(LDC운전)과 주상변압기의 탭 설정, 선로전압조정장치(SVR)의 운용특성에 의한 시험도 수행한다.

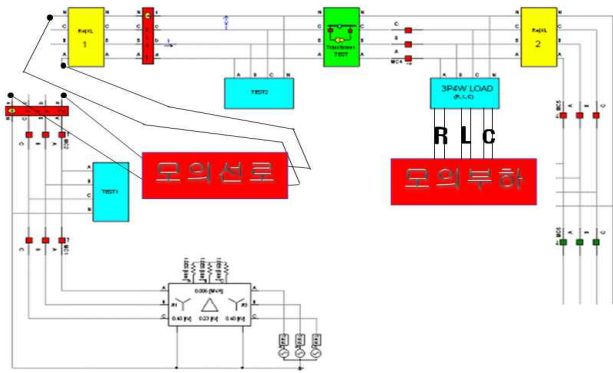
2. 분산전원용 계통연계 시뮬레이터 구성

분산전원 연계용 시뮬레이터는 크게 배전계통 모

의장치와 분산전원 모의장치, 감시제어장치로 구성된다.

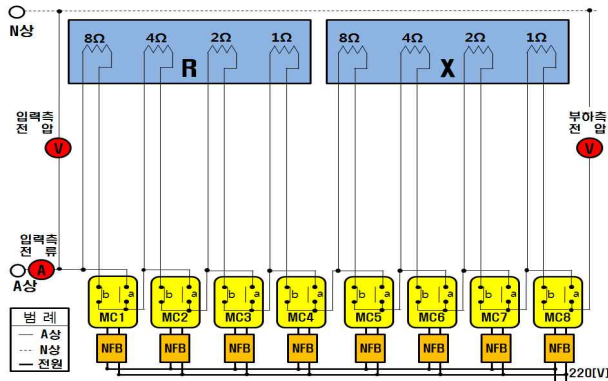
2.1 배전계통 모의장치

모의 배전계통은 그림 1과 같이 격리변압기를 이용하여 3상4선식 380/220V의 2개의 저압선로를 구성하고, 선로의 각 구간에는 M/C와 NFB를 이용하여 보호기기와 개폐기를 대응하게 하였으며, 가변부하를 인가하여 부하특성을 조정할 수 있도록 하였고, 분산전원을 연계하도록 하였다. 우리나라의 22.9[KV] 변전선로는 ASCR 160mm²로 구성이 되어 있으며 선로 공장은 최대 40[m] 설정되어 있다. 그래서 가변모의선로는 간단하게 선로 임피던스를 계산하여 선로의 공장이 40[km]이상이 되는 선로 모의 가능하도록 0~15[Ω] 가변 할 수 있도록 구성하였다. 변전소로부터 인출되는 각 피더는 부하량은 10[MVA]정도이다. 22.9[KV]를 단상 220[V]로 축소(약1/100)하면 각상별 약 1500[W]이므로 R, L, C 부하량을 가변 할 수 있도록 구성하였다. 모의 선로와 부하는 그림 2, 그림 3과 같다.



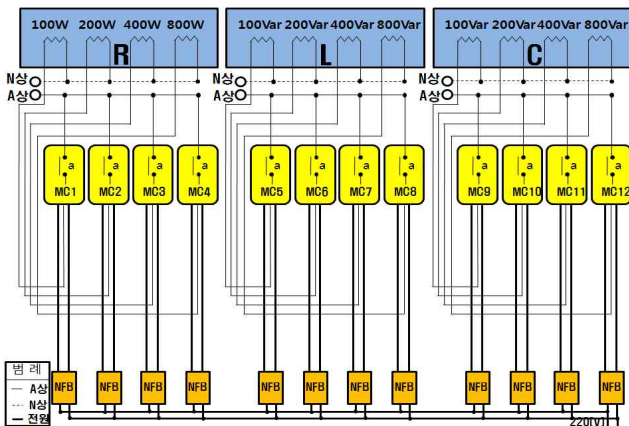
[그림 1] 배전계통 모의장치

여기서, 모의선로($R+jX$)의 임피던스 조절이 가능하도록 MC조합하여 1[Ω]단위로 1~15[Ω] 조절 가능한 장치를 제작하였다.



[그림 2] 모의선로의 구성도

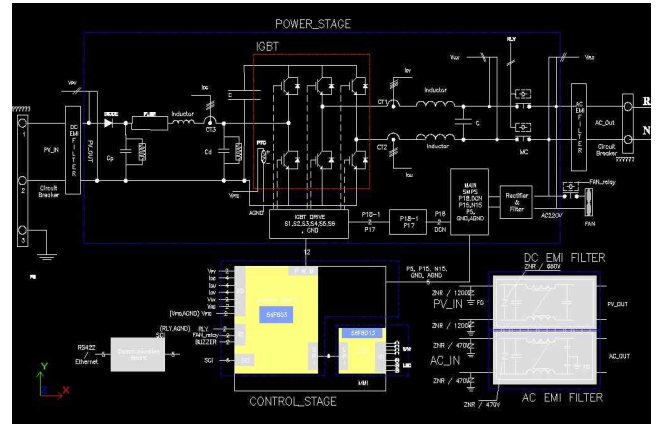
또한, 모의선로에 접속되는 부하를 종류별로(저항, 리액터, 콘덴서) 모의하고 조절할 수 있도록 MC로 조합하여 저항은 100[W]단위로 100~1500[W] 조절하고, 리액터와 콘덴서 부하도 100[VAR]단위로 100~1500[VAR]로 조절이 가능하도록 하였다.



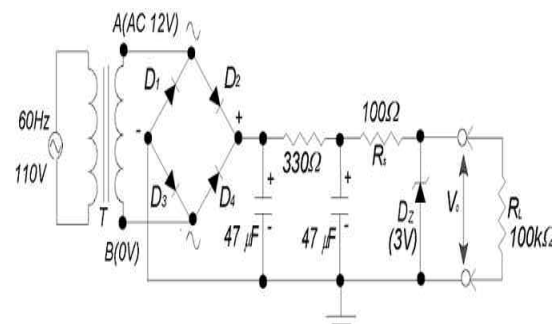
[그림 3] 모의부하의 구성도

2.2 분산전원 모의장치

분산전원(태양광 발전)은 그림 4와 같이 계통연계용 인버터(3KVA)와 DC Power Supply의 출력 전류를 가변하여 분산전원의 출력량을 조정하도록 구성하였다.



(a) 계통연계 인버터 (단상 3kW)

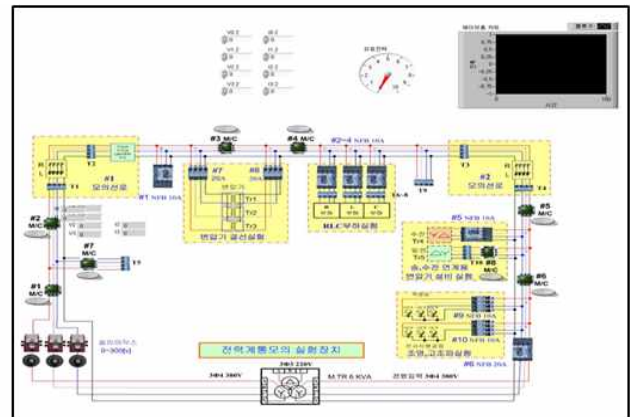


(b) DC 전원공급장치

[그림 4] 모의전원장치(인버터와 DC전원공급장치)

2.3 감시제어장치

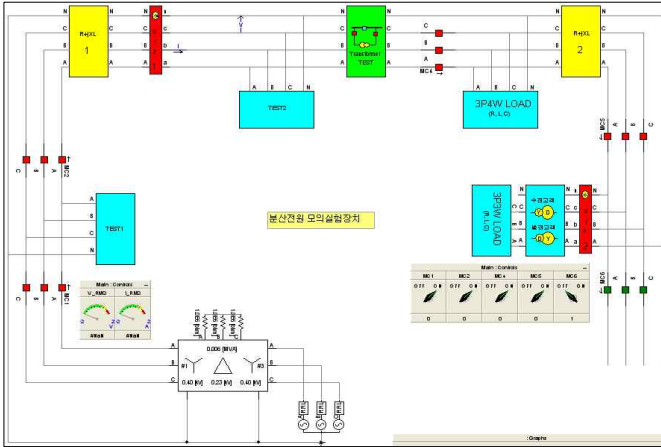
감시제어장치는 그림 5와 같이 LABVIEW를 이용하여 개폐기 조작 및 전압, 전류 등을 실시간으로 감시하도록 만들었다.



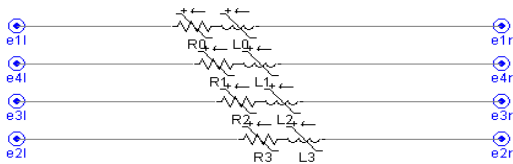
[그림 5] LABVIEW의 메인 화면

3. PSCAD/EMTDC를 이용한 시뮬레이터 모델링

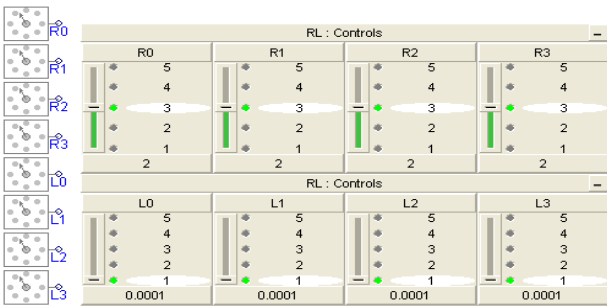
PSCAD/EMTDC를 이용하여 분산전원 연계용 시뮬레이터의 모델링은 그림 6의 시험 배전계통 구성과 그림 7의 모의 선로장치, 그림 8의 모의부하장치로 구성된다.



[그림 6] 시험 배전계통의 모델링



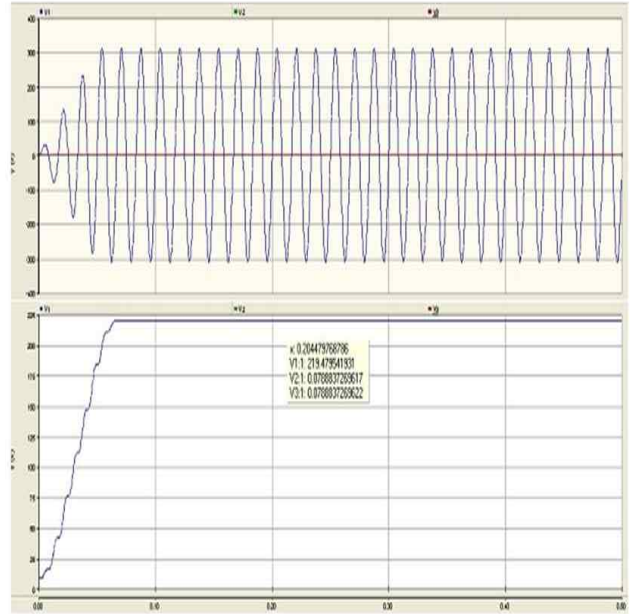
[그림 7] 모의 배전선로의 모델링



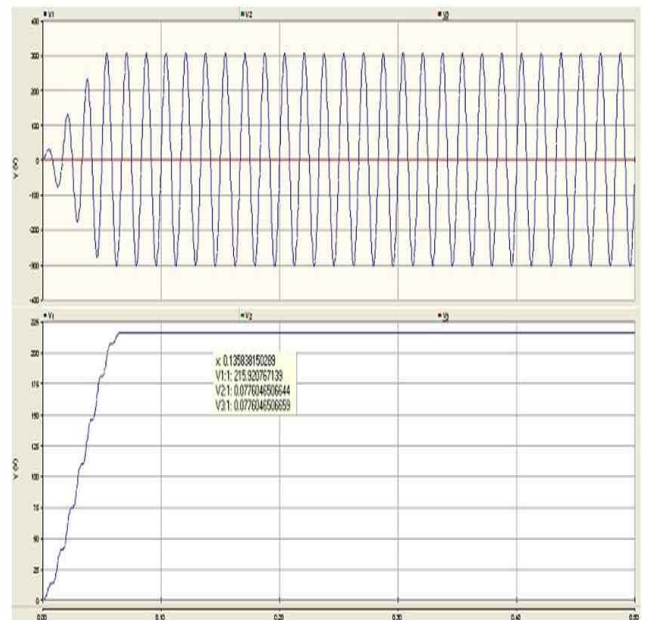
[그림 8] 모의 부하의 모델링

4. PSCAD/EMTDC를 이용한 시뮬레이션 및 분석

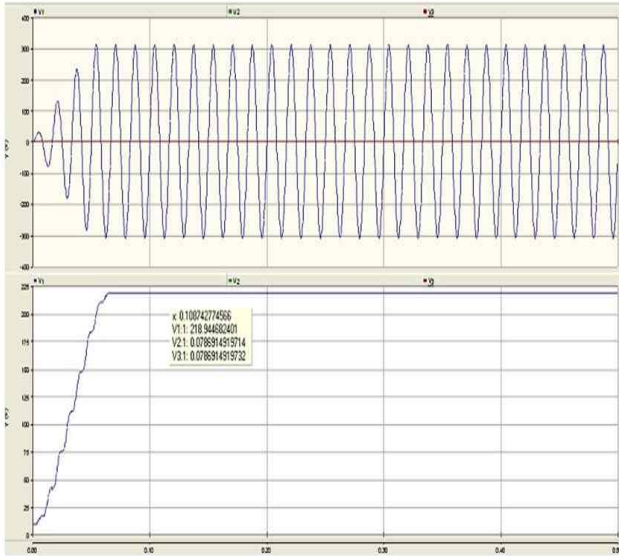
그림 9에서 그림 11은 부하 측 전압특성을 나타낸 것으로 역률이 1인 경우와 0.9(진상), 0.9(지상)인 경우에 대한 해석결과이다.



[그림 9] 부하 측 전압 특성 (PF=1)



[그림 10] 부하 측 전압 특성 (PF=0.9 지상)



[그림 11] 부하측 전압특성 (PF=0.9 진상)

한편, 상기의 분산전원 계통연계 모의시험장치를 사용하여 시험한 결과를 분석하면 표 1과 같다. 표 1과 같이 이론치와 실험치, 그리고 PSCAD/EMTDC에 의한 시뮬레이션 결과치가 거의 동일함을 알 수 있었다. 역률이 1인 경우와 지상(0.9), 진상(0.9)인 경우를 상정하여 분산전원의 용량과 선로의 공장, 부하의 크기를 변동시켜 시험을 수행하였다. 이 표에서와 같이 분산전원(태양광발전) 연계 전의 전압은 선로의 말단으로 갈수록 선로저항에 반비례해서 선형적으로 감소됨을 볼 수 있다. 따라서 저전압으로 규정전압(207~233[V]) 범위에 벗어남을 확인할 수 있었다. 한편, 200W의 부하에 대하여 1,000[W]의 분산전원(태양광)이 연계된 경우에는 계통전압이 상승하는 것을 확인하였다. 이것은 분산전원의 역조류가 선로의 전압강하분을 보상하여 계통의 전압이 상승하는 것을 알 수 있었다. 또한, 분산전원(태양광)의 용량에 따라 전압상승의 기울기가 변화하는 것도 확인하였다.

표 1. 측정치와 시뮬레이션 결과의 비교값

(a) 분산전원 연계 전

	200W, PF=1		200W, 100VAR PF = 0.9(지상)		200W, 100VAR PF = 0.9(진상)	
	1Ω	5Ω	1Ω	5Ω	1Ω	5Ω
이론값	219.3V	214.9V	219.6V	216.5V	219.0V	216.2V
측정값	218.6V	214.7V	218.9V	214.5V	218.7V	214.4V
PSCAD 측정값	219.5V	215.9V	215.9V	215.9V	218.9V	215.4V
%오차값 (이론값, 측정값)	0.32%	0.1%	0.32%	0.92%	0.14%	0.83%

(b) 분산전원 연계 후

	200W, PF=1		200W, 100VAR PF = 0.9(지상)		200W, 100VAR PF = 0.9(진상)	
	1Ω	5Ω	1Ω	5Ω	1Ω	5Ω
이론값	225.3V	238.7V	227.4V	241.4V	228.0V	242.5V
측정값	227.1V	237.7V	227.1V	237.4V	228.5V	239.7V
PSCAD 측정값	225.9V	237.7V	223.3V	237.6V	227.3V	242.6V
%오차값 (이론값, 측정값)	-0.8%	0.42%	0.13%	1.66%	-0.22%	1.15%

4. 결 론

본 논문에서는 분산전원(태양광)이 연계된 배전계통에서의 전압변동 특성을 해석하기 위하여 실 계통을 축소 모의하여 분산전원용 계통연계 시뮬레이터를 제작하기 위하여 PSCAD/EMTDC를 이용하여 상세한 해석을 수행하여 각종 파라미터를 분석하였다. 시뮬레이터에 의한 시험결과와 PSCAD/EMTDC에 의한 시뮬레이션 결과를 비교, 분석하여 본 연구에서 제안한 시뮬레이터와 모델링 수법이 유용함을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] 분산전원 배전계통 연계기술, 한국전력공사 2005. 4.
- [2] 노 대석 외 3인, “신에너지전원이 연계된 배전계통의 양방향 보호협조 문제점 분석”, 대한전기학회, 하계 학술발표논문집, 2009. 7.
- [3] 노 대석 외 3인, “신에너지전원이 연계된 배전계통의 양방향 보호협조 문제점 분석”, 대한전기학회, 하계 학술발표논문집, 2009. 7.
- [4] 노 대석 : “배전계통에 있어서 전압변동이 일반 수용가에 미치는 영향에 대한 분석”, 한국산학기술학회, 추계학술회 논문집, 2008. 11.
- [5] R. Brown, S. Gupta, S.S Venkata, R.D. Christie, and R.Fletcher, ‘Distribution System Reliability Assessment Using Hierarchical Markov Modeling,’ IEEE PES Winter Meeting, Altmore, MD, January, 2006.