

## 랩뷰를 이용한 태양광전원 평가 시뮬레이터 제작 및 분석

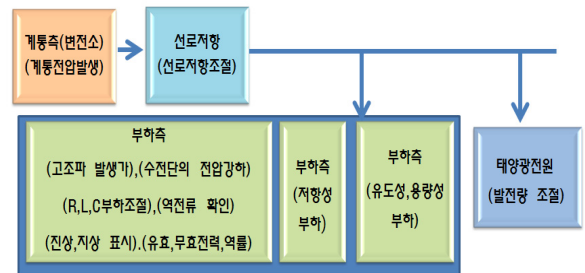
김병기\*, 노대석\*, 김찬혁\*\*, 왕용필\*\*  
 한국기술교육대학교\*, 전기산업연구원\*\*

### Analysis and Development of Evaluation Simulator for PV systems Using the LabVIEW

Byungki Kim\*, Daeseok Rho\*, Chanhyeok Kim\*\*, Yongpeel Wang\*\*  
 .Korea University of Technology and Education\*\*, ERIK\*\*

**Abstract** - 종래의 배전계통에 있어서의 전력조류는 변전소에서 선로 발달을 향한 단방향이었지만, 태양광전원이 연계된 경우에는 그 출력용량의 여부에 따라 양방향의 전력조류가 발생할 가능성이 있어, 계통운용상 여러 가지의 문제점이 야기될 수 있다. 따라서 본 논문에서는 태양광전원 연계에 따른 정상상태 시와 각종 전력품질에 대한 문제점을 상세히 분석하기 위하여, 실제 계통의 특성을 모의한 태양광전원 평가 시뮬레이터를 제작하였다. 그리고 이 장치를 이용하여 역률, 선로길, 태양광발전량의 변동에 따른 계통의 다양한 운용특성시험을 수행하여 제한한 평가 시뮬레이터의 유용성을 확인하였다.

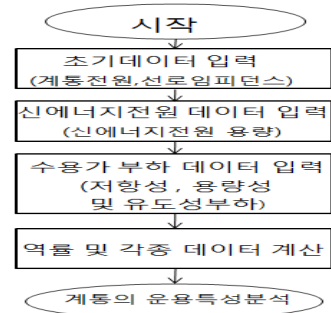
하였다.



<그림 1> 태양광전원 평가 시뮬레이터의 구성도

## 1. 서 론

국가에서는 2011년 신재생에너지원으로 부터 전체 에너지의 5% 정도를 생산할 목적을 가지고 있으며, 2030년에는 11%로 증가시킬 계획에 있다. 하지만 아직 국내에는 대용량 분산전원의 계통연계에 대한 기술기준 및 체계적인 선로운영 기술기준이 미흡하여 발전사업자와 전력회사 간에 이해가 상충될 가능성이 많은 실정이다. 특히, 종래의 배전계통에 있어서의 전력조류는 변전소에서 선로발단을 향한 단방향이었지만, 태양광전원이 연계된 배전계통의 경우에는 그 출력용량의 여부에 따라 양방향의 전력조류가 발생할 가능성이 있어, 계통운용상 여러 가지의 문제점이 야기될 수 있다. 따라서 본 논문에서는 태양광전원 연계 시 각종 전력품질 및 역률변동에 따른 전압변동률 등의 문제점을 상세히 분석하기 위해 실 계통에서 측정된 실험데이터와 좌표평면 해석 및 각종 수법 등을 사용하여 평가 시뮬레이터를 제작하였다. 그리고 이 장치로 역률, 선로길, 태양광발전량 변동에 따른 계통에 발생 가능한 고조파, 전압변동, 역률 등의 특성시험을 수행하여 제한한 시뮬레이터의 유용성을 확인하였다.



<그림 2> 태양광전원 평가 시뮬레이터의 흐름도

## 2. 본 론

### 2.1 태양광전원에 의한 계통의 영향 검토

태양광전원이 도입된 배전계통은 기존의 배전계통과는 달리, 부하와 발전원이 혼재되어 운용되는 형태로 되기 때문에 분산전원의 연계에 따라 많은 문제점(사고전류의 증가, 보호협조의 문제, 전압제어, 고조파에 대한 문제 등)이 발생할 가능성을 가지고 있다. 태양광전원의 연계에 따른 문제점의 예로, 천안 목천의 해비타트 마을에는 30여대의 태양광발전이 저압배전선로에 연계되어 운용되고 있다. 이때 낮에는 태양광발전량 상승으로 인해 계통에 역조류가 발생하여 수용가의 전압이 240V까지 상승하는 과전압 현상과 대형 모터기동 시 순시전압강하(Sag) 발생으로 인해 배전계통과 태양광전원의 계통연계가 정지되는 문제점 등이 나타나고 있다. 이에 태양광전원이 연계된 배전계통에서 상기와 같은 문제점들에 대한 기술적인 검토와 대책 마련이 시급한 상황이다.

### 2.2.2 태양광전원 시뮬레이터의 운용 알고리즘

#### (1) 전압강하해석 알고리즘

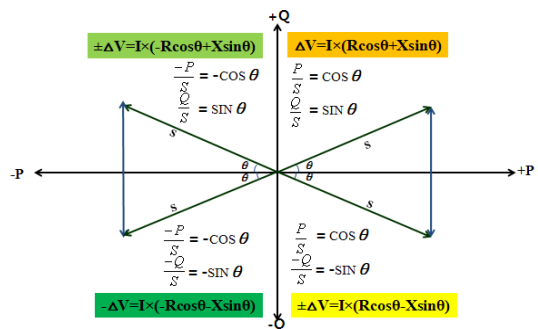
태양광전원이 연계된 배전계통의 문제점을 분석하기 위한 운용알고리즘은 그림 3과 같이 삼각함수의 좌표평면 해석을 통해 태양광전원 연계 시 발생하는 전압강하를 표 1과 같이 16가지조건으로 LabVIEW프로그램에 설계하였다.

### 2.2 태양광전원 시뮬레이터의 제작

본 논문에서는 태양광전원 연계 시 분석한 실험데이터 및 각종 운용 알고리즘 등을 바탕으로 시뮬레이터를 제작하여 실 계통에서 발생할 수 있는 각종 특성시험을 수행하였다.

#### 2.2.1 태양광전원 시뮬레이터의 구성

본 논문에서는 태양광전원 평가 시뮬레이터를 구현하기 위해 그림1과 같이 계통을 구성하였다. 먼저 부하 측 후단에 태양광발전이 설치되도록 설계하고, 이를 기준으로 변전소로부터 부하 측의 거리를 고려한 선로저항을 인입하여 실제계통과 동일한 조건으로 구성하였다. 한편, 그림 2는 태양광전원 평가 시뮬레이터의 전체 흐름도를 나타낸 것이다. 이 장치는 상기에서 제시한 운용알고리즘을 바탕으로 태양광전원이 연계된 경우 각각의 데이터들을 입력하여 계통의 송·수전단 전압, 전류, 전력 그리고 역조류 판정 및 역률(지·진상)등을 측정하고 분석할 수 있도록 구성



<그림 3> 태양광전원 전압강하계산 알고리즘 개념도

〈표 1〉 태양광전원 전압강하계산 데이터 및 랩뷰 프로그램 설계도

역률	지상		진상	
	COS	SIN	COS	SIN
순조류	+ COS $\theta$	+ SIN $\theta$	+ COS $\theta$	- SIN $\theta$
역조류	- COS $\theta$	+ SIN $\theta$	- COS $\theta$	- SIN $\theta$

프린트패널	블록다이어그램

이와 같이 유효전력과 무효전력에 따른 역률(Cos $\theta$ )과 역조류 유·무를 결정하여, 3가지 Parameter (Cos $\theta$ , Sin $\theta$ , (역)조류)에 의한 선로의 전압 상승, 강하분은 식(1)을 기준으로 계산하여 제작하였다.

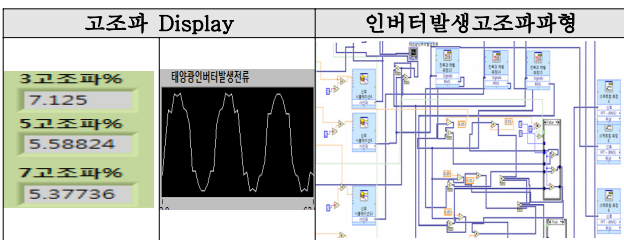
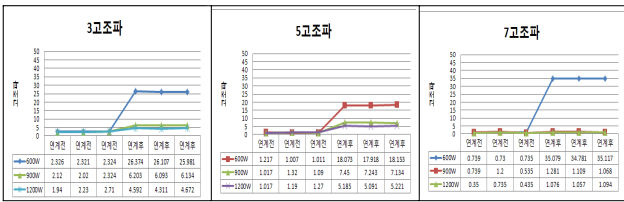
$$\Delta V = I \times (R \times \cos\theta + X \times \sin\theta) \quad (1)$$

여기서,  $I$  : 부하전류,  $R$  : 선로저항,  $X$  : 선로리액턴스

(2) 고조파해석 알고리즘

시뮬레이터에서 태양광전원 연계 시 고조파특성 분석은 표 2와 같이 실측데이터를 기준으로 설계를 실시하였다. 이 원리는 시뮬레이션 파형에 해당 차수의 Hz를 설정한 상태에서 실 계통에서 측정된 고조파 데이터 변화율을 진폭으로 입력하도록 하였다. 그리고 필터에서 해당 대역만 통과시켜 그림 4와 같이 각 차수의 고조파특성을 분석할 수 있도록 구성하였다. 여기서 기본파의 대역폭은 55~65Hz, 3고조파의 대역폭은 175~185Hz, 5고조파의 대역폭은 295~305Hz이고 7고조파의 대역폭은 415~425Hz로 설정하였다.

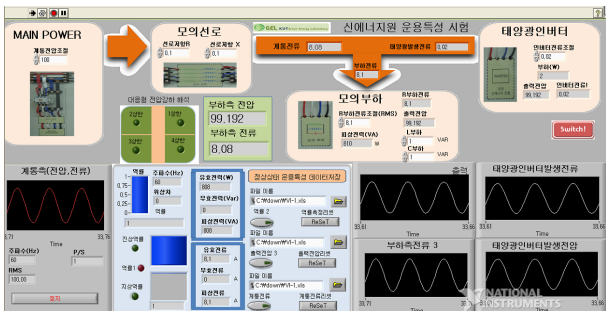
〈표 2〉 태양광전원변동에 따른 고조파 발생데이터



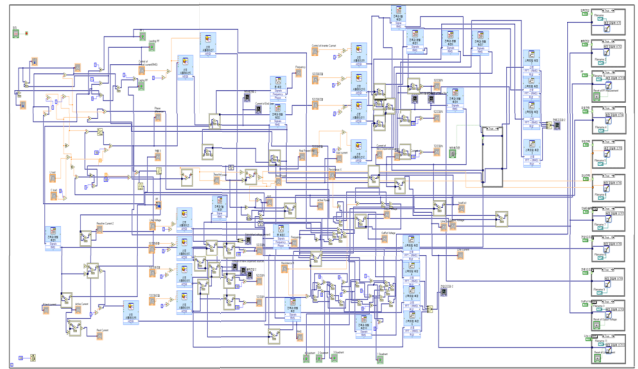
〈그림 4〉 고조파 분석 프로그램 구성도

2.2.3 평가 시뮬레이터의 구현

태양광전원 평가 시뮬레이터는 그림4와 같이 LabVIEW상에서 프린트패널과 블록다이어그램으로 구성되어 제작하였다. 이장치는 계통 측과 수용가(부하)측, 그리고 태양광전원측을 바탕으로 각각의 초기데이터를 입력하여 계통의 특성분석을 할 수 있도록 하였다.



(a) 평가 시뮬레이터의 프린트패널



(b) 평가시뮬레이터의 블록다이어그램  
〈그림 5〉 태양광전원 평가 시뮬레이터 프로그램

2.2.4 평가 시뮬레이터를 이용한 특성 시험

평가 시뮬레이터를 이용한 특성시험에서는 태양광전원이 연계된 계통에서 발생할 수 있는 전압변동 및 고조파변동 특성시험을 수행하여 문제점들을 분석하였다.

(1) 수용가전압 변동특성시험

표 3은 저항부하 800W, 유도성 부하 270var, 선로임피던스 5+j2[ $\Omega$ ]와 태양광전원 1200W를 연계하였을 경우 계통 측 및 부하 측 전압을 실측치, 이론치 그리고 평가 시뮬레이터 값을 이용하여 비교 분석한 데이터이다. 본 시험에서는 역조류와 지상역률일 경우 선로의 유도성 리액턴스에 의한 전압강하분이 증가하여 수용가 측의 전압에 영향을 미침을 알 수 있었다. 즉, 역률 변동에 따라 수용가 측 전압이 변동되어 계통의 전압품질[저전압/과전압]에 큰 영향을 미침을 확인하였다.

〈표 3〉 지상역률일 경우 전압변동특성 시험 데이터

	모의 배전용 변전소 전압	계통(부하측) 전류	부하측 전압	역률
실측치	233	-	242.0	0.972
이론치	233	3.67(역전류)	239.3	0.976
Simulator	233	3.67(역전류)	240.8	0.975

(2) 태양광전원 연계용량에 따른 고조파 변동특성시험

표 4는 선로임피던스 3 $\Omega$ , 저항부하 700W으로 고정하고, 태양광전원 정격출력용량을 3KW를 기준으로 각각600W, 1200W로 연계되었을 경우에 고조파 분석기와 시뮬레이터를 이용하여 비교분석한 데이터이다. 본 시험에서는 태양광전원발생량이 인버터 정격용량에 근접할수록 고조파 발생이 감소함을 확인하였다.

〈표 4〉 고조파변동특성 시험 데이터

	3고조파%		5고조파%		7고조파%	
측정장비	분석기	Simul	분석기	Simul	분석기	Simul
태양광600W	7.59	7.48	21.24	21.77	20.14	20.71
태양광1200W	3.27	3.51	10.85	11.3	1.95	2.12

3. 결 론

본 논문에서는 LabVIEW를 이용한 태양광전원 평가 시뮬레이터 장치를 제작하여 태양광전원이 계통에 연계 시 발생할 수 있는 전압변동 및 고조파특성시험을 시뮬레이션으로 수행하고 유용성을 확인 하였다. 이에 상기의 시뮬레이션 결과에 따라 본 연구에서 제시한 평가 시뮬레이터를 사용하면 태양광전원의 연계에 따른 수용가전압 및 각종계통의 데이터 분석이 가능함을 확인하였다.

〔참 고 문 헌〕

- [1] 노대석 외 4인, “저압 배전계통에 있어서 태양광 연계시의 전력품질 특성에 관한 연구”, 대한전기학회 춘계학술대회논문집
- [2] 노대석 외 3인, “저압 배전선로에 연계된 태양광발전의 정상상태 특성연구”, 대한전기학회 전력기술분회 전력계통연구회 춘계학술대회 논문집, 2010.5