

건물용 태양광발전 시스템 성능 및 경제성 평가 프로그램 개발 연구

윤종호*, 신우철**, 박재완***

*한밭대학교 건축공학과(jhyoon@hanbat.ac.kr), **대전대학교 건축공학과(shinuc@dju.ac.kr),
**대전대학교 대학원 건축공학과(mil0516@dju.ac.kr)

Software Development on Power and Economic Analysis of Photovoltaic System for Building Application

Yoon, Jong-Ho*, Shin, U-Cheul**, Park Jae-Wan***,

*Hanbat National University(jhyoon@hanbat.ac.kr)

**Dept. of Architectural Engineering, Daejeon University(shinuc@dju.ac.kr),

***Graduate School, Daejeon University(mil0516@dju.ac.kr),

Abstract

The aim of this study is to develop the photovoltaic simulation program, called SimPV, which can predict hourly based power generation of various PV modules and conduct an intensive economic analysis with Korean situation. To establish the reliability of the PV simulation results, we adopt the PV calculation algorithm of TRNSYS program of which verification has already well approved. Extensive database for hourly weather data of Korean 16 cities, engineering data for PV system and building load profiles are established. Case study on the 2.5kW roof integrated PV system and economic analysis are presented with the developed program.

Keywords : 건물일체형 태양광발전(BIPV; Building integrated Photovoltaics), 발전성능(Power Performance), 경제성분석(Economic analysis), 시뮬레이션(simulation), 소프트웨어(software)

기 호 설 명

I_L : 모듈 광전류
 I_o : 다이오스 역 포화전류
 k : Boltzmann 상수
 q : 전자전하상수
 R_s : 모듈직렬저항
 T_a : 외기온도

T_c : 모듈온도
 U_L : 어레이 열손실계수
 η_c : 모듈변환계수
 ref : 기준조건

1. 서 론

접수일자 : 2007년 11월 23일, 심사완료일자:2008년 1월 28일
교신저자 : 신우철(shinuc@dju.ac.kr)

태양광 발전(PV) 시스템의 효율은 시스템의

구조나 형태뿐만 아니라 건물의 형태, 방향, 지역 기후특성, 모듈의 설치각도, 온도 및 운영 영향조건 등에 의해 많은 영향을 받는다. 따라서 시뮬레이션에 의한 PV 시스템의 효율 및 발전량, 경제성 분석은 다양한 엔지니어링 데이터 및 기상자료를 기반으로 PV 모듈의 다각적인 해석이 필수적으로 요구된다.

현재 일반적으로 활용되고 있는 PV 시스템 분석 전용 프로그램은 PVSola, PVSYST Solar-pro, PV-COOL 등 다양하며, 건물에너지해석 프로그램내에서 PV 해석모듈을 지원하는 프로그램으로는 TRNSYS, ESP-r, Energy Plus, Energy-10 등이 있다. 이들 프로그램은 분석대상 및 해석목적, 해석 정밀도 등에 따라 각기 나름대로의 특징을 가지고 다양한 프로그램이 활용되고 있다.

국내에도 이미 각종 태양광 보급사업 및 공공의무화 신재생에너지 의무적용 법안을 통해 수 많은 건물적용 태양광발전 시스템의 사례가 있으며, 매년 보급되는 시스템의 수가 급증하고 있다. 이에 따라 국내에서도 태양광 시스템의 성능 및 경제성을 예측할 수 있는 평가도구에 대한 수요가 증가하고 있는 추세이다. 하지만 현재까지의 평가도구는 국외에서 개발된 평가도구에 대부분 의지하고 있으며, 산업계의 경우는 간단한 계산양식지를 통한 간이계산법을 통해 시스템 규모 및 연간 발전량을 예측하고 있는 실정이다.

따라서 최근 정부의 태양광발전 시스템 보급 활성화와 관련하여 국내 기상조건 및 전기부하 특성, 전기 요금체계, 보급여건 등의 국내 상황을 합리적으로 반영할 수 있는 태양광발전 시스템 성능평가 및 경제성분석 도구의 개발이 필요한 시점이다.

이에 따라 본 연구에서는 국내 PV 시스템 사양 및 엔지니어링 데이터, 기상자료, 부하분포 등을 DB화하여 사용자의 입력조건을 간소화 하고, TRNSYS 해석을 기반으로 하는 태양광 시스템의 해석과 국내 실정이 반영될 수 있는 경제성 평가 모듈의 개발을 통해 건물용

태양광발전 시스템의 통합적인 해석이 가능한 계통 연계형 PV 성능해석 프로그램 '(Simulation Program for the Performance Analysis of Grid-connected PV system, 이하 SimPV)의 개발을 주 목적으로 한다.

2. 프로그램 개발

2.1 건물용 PV 시스템 발전모델의 기본조건

SimPV는 주거용 건물이나 상업용 건물에 설치된 계통 연계형 PV 시스템의 발전성능을 분석하고 경제성을 평가하기 위해 개발된 시뮬레이션 프로그램이다. PV 모듈로부터 발생된 인버터 출력이 건물의 전기부하보다 큰 경우 잉여전력은 계통선으로 공급되며, PV 모듈로부터 발생된 인버터 출력이 부족할 경우에는 계통선으로부터 전력을 공급받게 된다. SimPV에서 PV 시스템은 최대출력 추종 제어(MPPT ; maximum power point tracking device)를 갖는 계통 연계형 인버터가 장치되어 있다고 가정한다. 따라서 PV 어레이는 항상 전류·전압 특성(IV curve)이 최대 출력점에서 작동하는 상황으로 가정하였다.

2.2 프로그램의 기본구조

SimPV는 그림 1과 같이 시스템 입·출력을 위한 사용자 인터페이스와 라이브러리, 시스템 해석, 유틸리티 등 4개의 모듈로 구성되어 있다. 이러한 구조는 시스템 환경은 사용자가 손쉽게 입력 자료를 작성하고 그 결과를 신속하게 제공함으로써, 구축된 프로그램의 적용성을 높이도록 설계되었다.

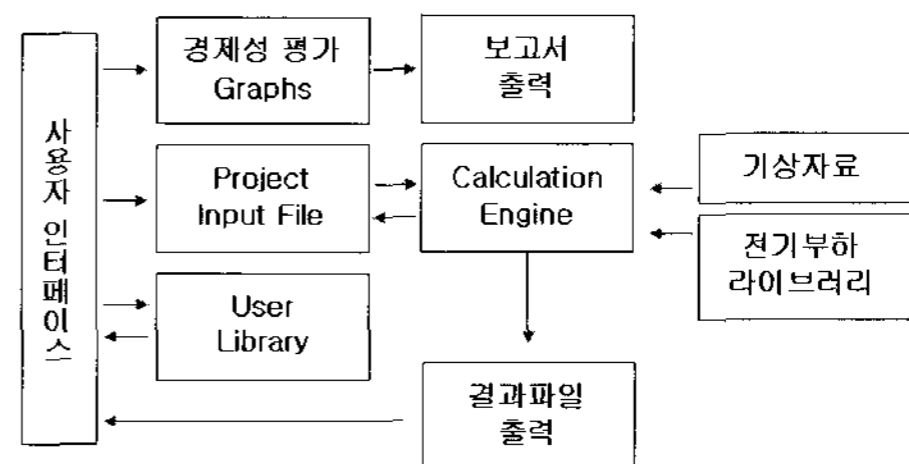


그림 1. SimPV 프로그램의 기본구조

한편 시스템 해석을 위한 계산엔진은 프로그램의 수정의 용이성과 확장성을 고려하여 TRNSYS 알고리즘을 사용하였다.

2.3 이론해석

PV 시스템의 경제성 평가를 수행하기 위해서는 PV 시스템의 성능분석에 대한 시뮬레이션이 선행되어야 한다. 본 프로그램에서 PV 시스템의 해석을 위하여 일사량 산출과 PV 어레이의 효율, 인버터 적용 손실 등이 적용되었으며, 이에 대한 이론해석을 정리하면 다음과 같다.¹⁾

(가) 태양광발전

단결정(monocrystal)이나 다결정(polycrystal) 모듈의 해석을 위해서는 4-파라미터 등가회로(4-parameter equivalent circuit) 모델을 적용하였으며, 대표적 박막전지인 비정질(amorphous) 모듈해석에서는 5-파라미터 등가모델을 사용하였다.

① 4-파라미터 등가회로 모델

결정계 PV 모듈의 해석에 사용되는 4-파라미터 등가회로 모델은 Townsend에 의해 대부분 개발되었으며, Duffie와 Beckman에 의해 보완되었다. 그림 2는 4-파라미터 등가회로를 나타낸 것이다. 여기서 4 파라미터는 기준조건하에서의 모듈 광전류($I_{L,ref}$)와 다이오드 역포화전류($I_{o,ref}$), PV 곡선근사를 위한 경험적 매개변수(γ), 모듈 직렬저항(R_s)이 된다.

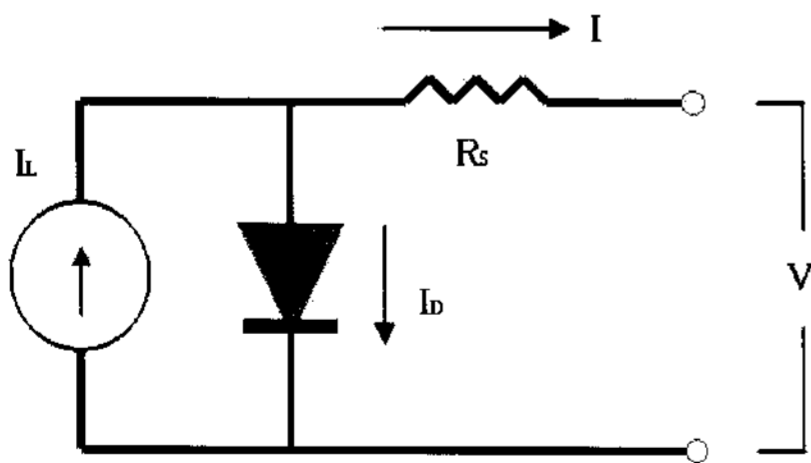


그림 2. 4-파라미터 등가회로

4-파라미터 등가회로 모델에서 단락상태(short-circuit condition)의 전류·전압특성 구배는 0이 된다.

$$\left(\frac{dI}{dV}\right) = 0 \quad (1)$$

$$I = I_L - I_o \left[\exp\left(\frac{q}{\gamma k T_c} (V + IR_s)\right) \right] \quad (2)$$

$$I_L = I_{L,ref} \frac{G_T}{G_{T,ref}} \quad (3)$$

$$\frac{I_o}{I_{o,ref}} = \left(\frac{T_c}{T_{c,ref}}\right)^3 \quad (4)$$

그림 2의 등가회로에서 태양전지의 출력전류, I 는 식 (2)와 같이 계산된다. 식 (3)의 광전류(photocurrent), I_L 는 PV 어레이에 입사되는 태양에너지에 선형적인 변화를 갖는다. 여기서 G_T 는 어레이면의 총 일조량을 나타내며, $G_{T,ref}$ 는 기준 일조량으로서 대부분 1000 W/m²로 정의된다.

다이오드 역 포화전류(diode reverse saturation current), I_o 는 온도에 좌우되며 식 (4)에 따라 계산된다. 일단 식 (3)과 식 (4)에 따라 I_L 와 I_o 이 해석되면, 광전류(I)는 Newton's method로 계산할 수 있다.

② 5-파라미터 등가회로 모델

결정계 PV 모듈과 비정질계 PV 모듈 사이의 전류·전압 특성상의 주요한 차이점은 결정계 모듈의 경우 단락상태에서 전류·전압 특성 구배가 0이 되는 반면 비정질계 PV의 경우에는 유한성을 갖거나 음수가 되는 것이다. 그림 3은 5-파라미터 등가회로를 나타낸 것이다. 5 파라미터는 4 파라미터에 모듈 병렬저항, R_{sh} 이 추가된다.

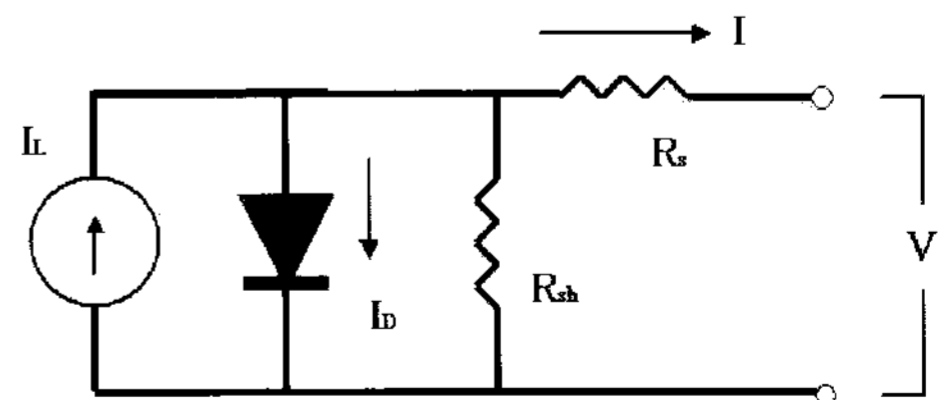


그림 3. 5-파라미터 등가회로

그림 3의 등가회로에서 태양전지의 전류-전압 방정식은 식 (5)와 같다.

$$I = I_L - I_o \left[\exp \left(\frac{q}{\gamma k T_c} (V + IR_s) - 1 \right) \right] - \frac{V + IR_s}{R_{sh}} \quad (5)$$

③ 모듈작동 온도

모듈의 작동온도는 공칭 태양전지 작동 온도(Nominal Operating Cell Temperature, 이하 NOCT) 조건으로부터 계산할 수 있다. NOCT 온도, $T_{c,NOCT}$ 는 모듈의 작동온도로서 전기부하가 없는 상태에서 풍속 및 일조량 ($G_{T,NOCT}$), 외기온도($T_{a,NOCT}$)이 각각 1m/s, 800W/m², 20°C인 상태에서 측정된다. 모듈의 손실계수 대비 모듈의 (투과·흡수) 곱, ($\tau \cdot \alpha$)의 비를 계산하기 위해서는 식 (6)과 같이 NOCT 데이터를 필요로 한다. 이 비가 일정하다고 가정할 경우 모듈의 온도는 식 (7)에 따라 계산할 수 있다.

$$\frac{(\tau \cdot \alpha)}{U_L} = \frac{(T_{c,NOCT} - T_{a,NOCT})}{G_{T,NOCT}} \quad (6)$$

$$T_c = T_a + \frac{(1 - \eta_o / (\tau \cdot \alpha))}{(G_T (\tau \cdot \alpha) / U_L)} \quad (7)$$

(나) 경제성 평가

PV 시스템의 경제성 분석기법으로 수명가 분석법(Life Cycle Cost Analysis: 이하 LCC 분석)을 적용하였다.

‘수명가’란 어떤 투자대상의 수명기간 동안 지출 또는 수입되는 비용을 투자시점의 현재가(Present Value)로 환산한 값을 의미한다. 태양광 발전 시스템과 같은 대체에너지시스템을 통해 발생하는 이익의 수명가는 기존 전력소비에 드는 수명가와 PV 시스템의 설치 및 운영에 드는 수명가의 차이를 말한다.

2.4 프로그램의 구현

그림 4는 SimPV의 초기화면을 나타낸 것이다. 초기화면은 ‘메뉴바’와 하단의 프로젝트창으로 구성되며 시스템 설계와 데이터의 입출력 등 모든 작업이 이곳에서 이루어진다.

SimPV에서 분석하고자 하는 PV 시스템은 하나의 프로젝트로 정의되며, 시스템 설계를 위한 데이터입력에서 해당지역 기상자료 분석, 결과분석, 경제성 분석까지 모든 작업이 단일 ‘프로젝트 창’을 통해 이루어진다. ‘프로젝트 창’은 ‘시스템 입력’과 ‘기상자료’, ‘결과분석’, ‘경제성 평가’ 등 4개의 탭(화면)으로 구성된다. ‘시스템 입력’이 완료되고 시뮬레이션이 종료되기 전까지 나머지 3개의 탭은 비활성화를 유지하게 된다. 시스템 해석이 종료되면 그 계산결과는 DB의 데이터베이스에 자동 저장되고 3개의 탭이 활성화된다.

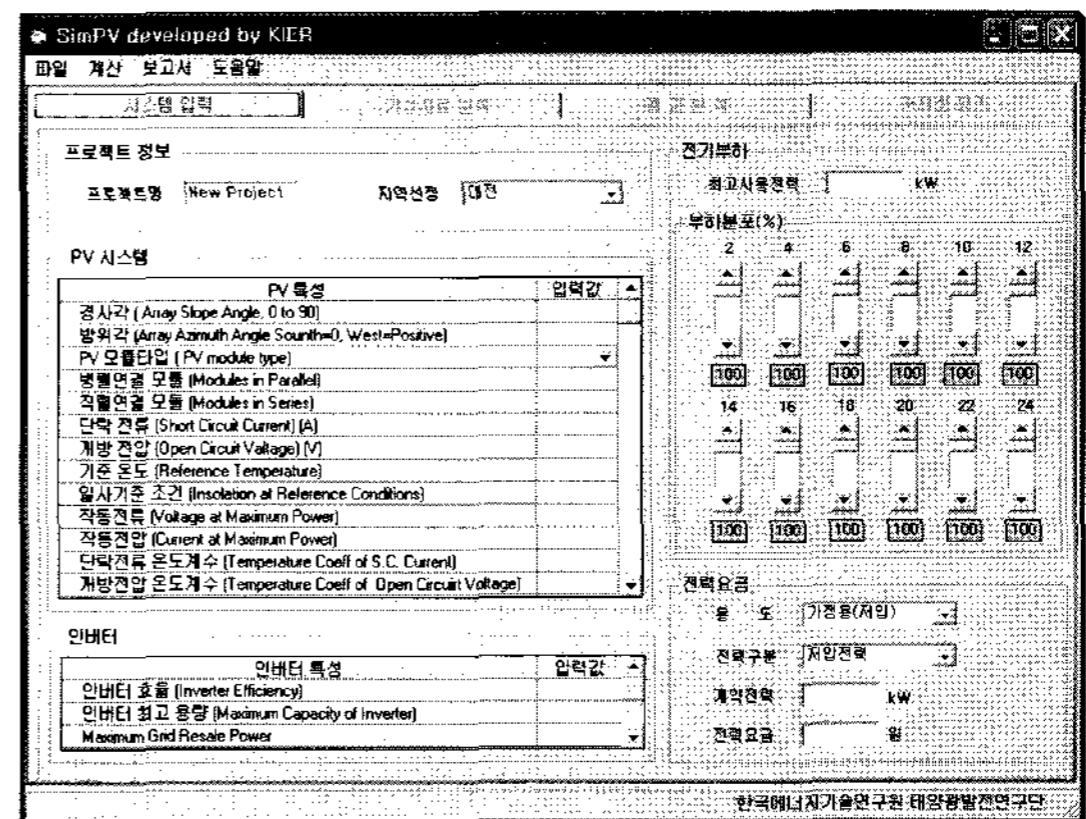


그림 4. SimPV의 초기화면

(가) 시스템 입력

‘프로젝트 창’의 ‘시스템 입력’ 탭은 PV 시스템 해석을 위해 필요한 주요 자료를 입력하게 되며 프로젝트 정보, PV 시스템, 인버터, 전기부하 및 전력요금 등으로 구분된다. 주요 입력사항을 정리하면 다음과 같다.

① 프로젝트 정보

프로젝트 정보에서는 프로젝트 명을 입력하고 PV 시스템의 설치 지역을 선택하게 된다. 여기서 입력된 프로젝트 명은 프로젝트 저장시 파일명이 된다. 한편 지역선정 시 해당 지역의 주요 기상자료(외기온도, 습도, 풍속, 수평면 일사량 등)가 시간별로 자동 생성되어 시뮬레이션에 제공된다. 본 프로그램에서는

표 1에서 보는 바와 같이 국내 기상청이 설치된 전국 16개 주요 지역을 선정할 수 있다.

표 1. 기상자료 선정 지역

1	춘천	5	서산	9	대구	13	목포
2	강릉	6	청주	10	전주	14	제주
3	서울	7	대전	11	광주	15	진주
4	원주	8	포항	12	부산	16	영주

② PV 시스템

PV 시스템에서는 표 2와 같이 PV 어레이의 설치조건 및 태양광 모듈의 규격, 인버터 특성 등에 관련된 총 20개 항목을 입력하게 된다.

표 2. PV 어레이 규격과 인버터 특성

구분	항목
태양광 모듈	경사각(Array Slope Angle, 0 to 90)
	방위각(Array Azimuth Angle)
	단락전류(Short Circuit Current) (A)
	개방전압(Open Circuit Voltage) (V)
	기준온도(Reference Temperature)
	일사기준 조건 (Insolation at Reference Conditions)
	최대전류(Voltage at Maximum Power)
	최대전압(Current at Maximum Power)
	단락전류 온도계수 (Temperature Coeff of S.C. Current)
	단락전압 온도계수 (Temperature Coeff of S.C. Voltage)
	모듈의 직렬연결 셀수 (Number of cells in Series in Module)
	NOCT 셀온도 (Cell Temperature at NOCT conditions)
	NOCT 외기온도 (Ambient Temperature at NOCT conditions)
	NOCT 일사량(Isolation at NOCT conditions)
	평균 투과, 흡수율의 곱(Average Transmittance-Absorbance Product)
	반도체 밴드갭(Semiconductor Bandgap)
	전류-전압 특성구배 (Slope of IV Curve at Short Circuit)
인버터	인버터 평균 효율
인버터	인버터 최대 용량

③ 전기부하

전기부하에서는 그림 4의 우측 상단부와 같이 PV 시스템이 설치되는 해당 건물의 최고 사용전력(kW)과 일일 전기부하분포를 2시간 간격으로 입력한다. 여기서 전기부하분포는 최고 사용전력 대비 해당 시간대의 전력사용

률(%)을 의미한다. 본 프로그램에서는 일일 전기부하가 연간 동일하다고 가정하였다.

④ 전력요금

전력요금에서는 PV 시스템이 설치되는 해당건물의 한국전력 전력요금 계약조건을 선택하게 된다. 그림 4의 우측 하단부와 같이 용도와 전력구분, 계약전력 등을 입력하면 해당 건물의 전기부하에 따른 연간 전력요금이 자동으로 계산된다. 여기서 적용되는 전력요금은 PV 시스템이 설치되지 않은 조건에서 계산되며, 누진세와 계약전력을 고려한 사용량에 따라 변화하게 된다.

(나) 기상자료 분석

기상자료 분석에서는 PV 시스템 시뮬레이션이 종료된 후 시스템 입력에서 선정된 해당 지역의 기상자료를 확인할 수 있다. 그림 5에서 보는 바와 같이 화면의 상단부에는 월평균 일일 경사면(PV 어레이의 설치각도 기준) 직달 및 산란 일사분포와 월평균 일일 외기온도 그래프로 나타나며, 하단부에는 이들 값들이

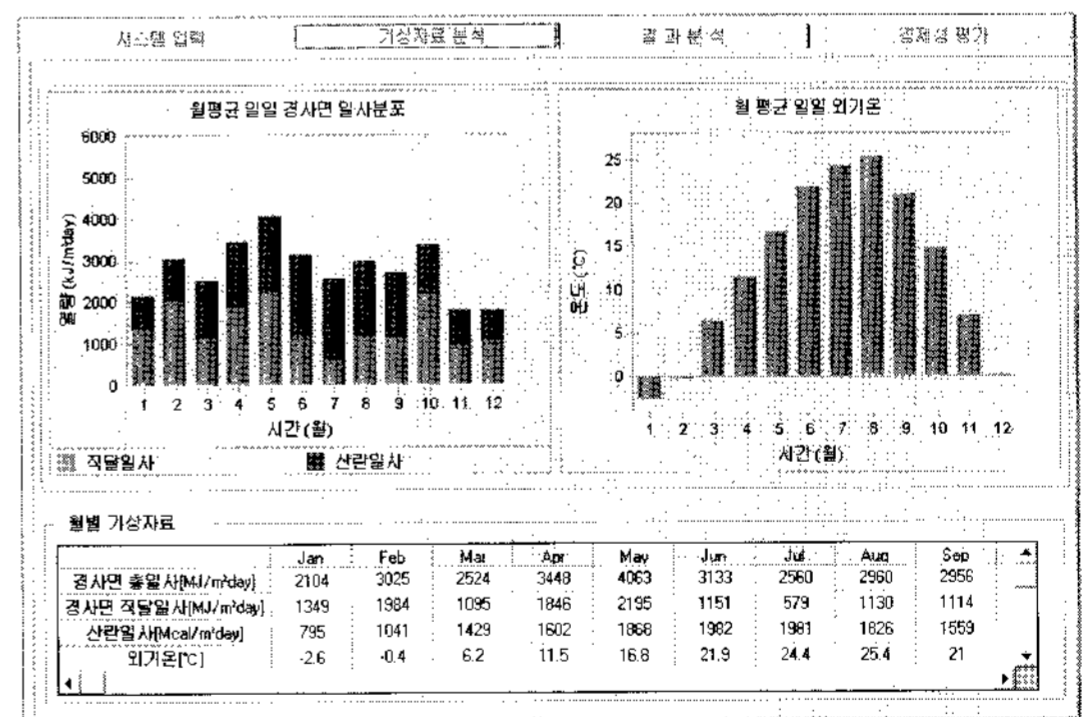


그림 5. 기상자료 분석 화면

(다) 결과분석

시뮬레이션이 종료되면 계산결과는 데이터 베이스에 자동 저장되며 연간 월평균 PV 시스템의 발전량과 한전 구매전력, 전력요금 등이 3가지 형태의 그래프로 구분되어 결과분석

화면에 출력된다. 그림 6과 같이 결과보기 화면은 ‘생산전력’과 ‘구매전력’, ‘전력요금’ 등 3가지 탭으로 구성되며, 그 하부에 월별 계산 결과가 표로 제공된다.

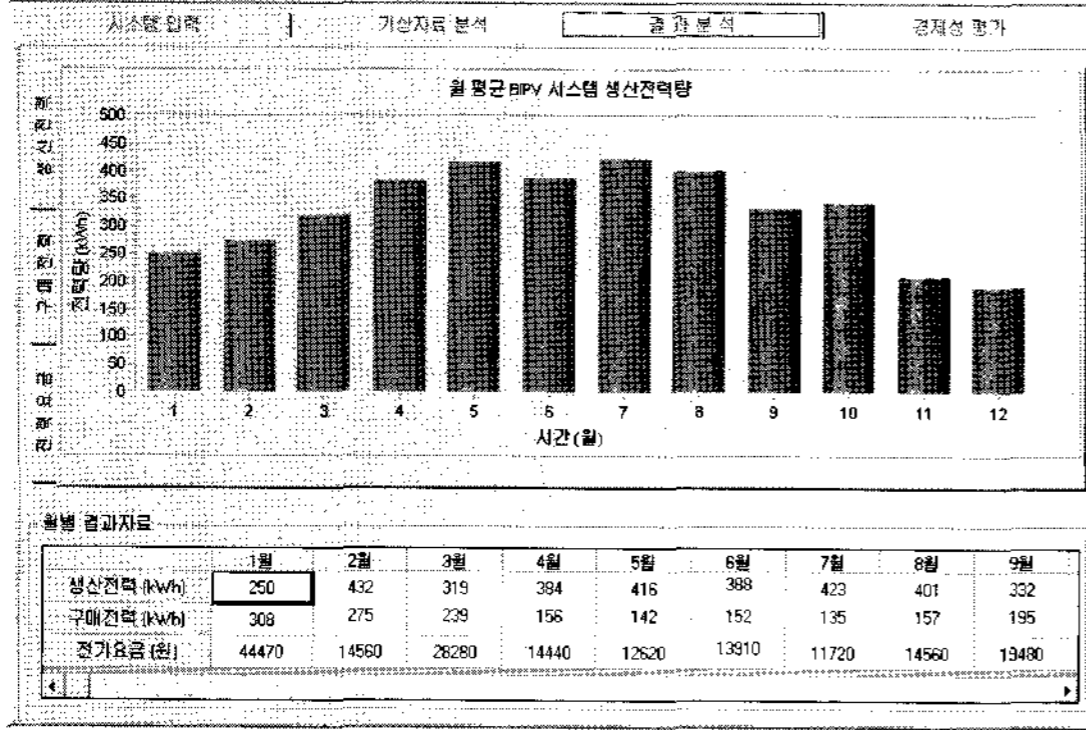


그림 6. 결과분석 화면

(라) 경제성 평가

전술한 바와 같이 본 프로그램에서는 PV 시스템의 경제성평가를 위해 LCC 분석법을 사용하였다. 그림 7과 같이 화면의 좌측은 경제성 평가를 위한 입력창이 되며 우측에서는 그 결과가 표시된다.

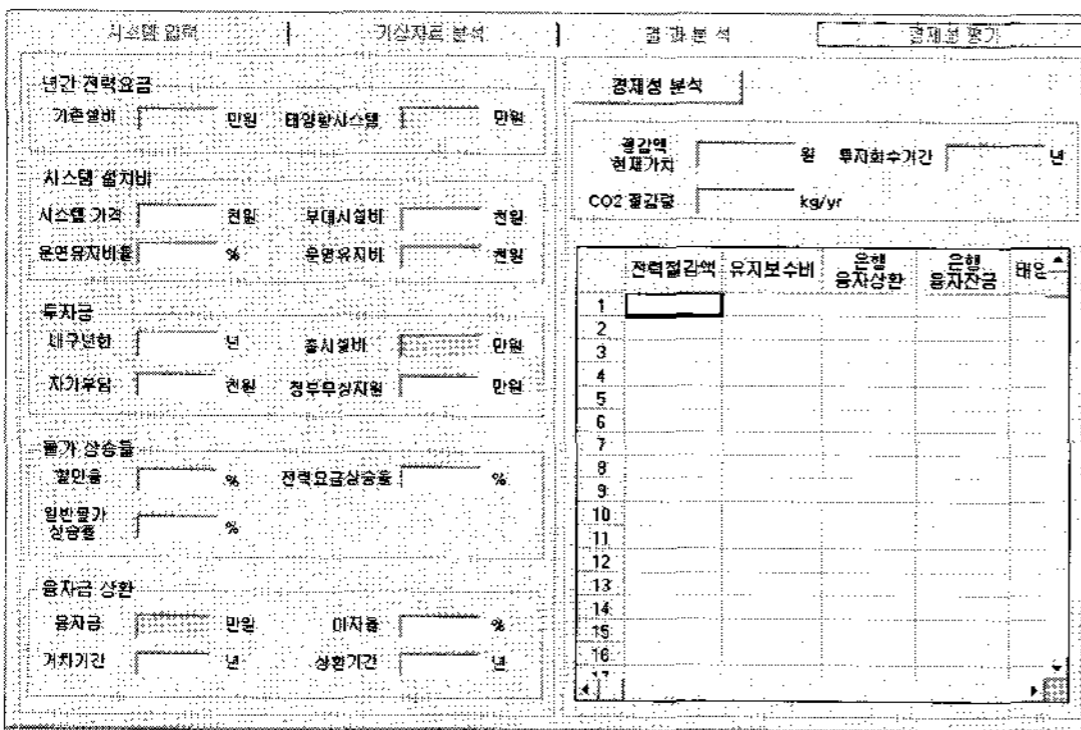


그림 7. 경제성 분석 화면

주요 입력항목은 PV 시스템 설치비와 시설비 투자형태, 할인율을 포함한 물가상승율, 은행자금 상환조건 등으로 구분되며, 연간 전력요금은 시뮬레이션이 종료된 후 자동으로 입력된다. 자료입력이 완료된 후 화면 우측 상단부의 ‘경제성 분석’ 버튼을 선택하면 내구연한 동안의 전력요금 절감액 현재가치합, 투

자회수기간 및 연간 CO2 절감량이 계산되며, 그 하부에 내구연 동안의 연도별 경제성평가 결과가 표로 제공된다.

3. 사례분석을 통한 PV 시스템의 성능분석

3.1 분석대상 및 지역선정

본 연구에서는 SimPV의 분석사례로서 대전 지방의 주거용 건물에 설치된 계통연계형 PV 시스템을 선정하였다. PV 시스템의 설치용량은 2.5kW로 설정하였으며, PV 어레이는 정남향의 지붕거치형으로 가정하고 설치경사각은 22°로 하였다.

3.2 시스템 입력

표 3은 태양광 모듈과 인버터의 주요 특성을 정리한 것이다.

표 3. PV 어레이와 인버터 입력

구분	항 목	설정값
태양광 모듈	단락전류	5.2A
	개방전압	43.5V
	기준온도	25°C
	일사기준 조건	1000W/m ²
	최대전류	4.7V
	최대전압	34A
	단락전류 온도계수	0.002A/°C
	개방전압 온도계수	-0.079V/°C
	모듈의 직렬연결 셀수	72
	NOCT 셀온도	318K
	NOCT 외기온도	293K
	NOCT 일사량	800W/m ²
	평균 투과·흡수율	0.9
	반도체 밴드갭	1.12eV
전류-전압 특성구배	0	
인버터	인버터 평균 효율	93%
	인버터 최대 용량	2.5kW

(가) 전기부하 설정

가정용 PV 시스템의 경제성 평가를 위한 전기부하는 전력거래소²⁾에서 2006년 12월에 발행한 ‘가전기 보급률 및 가정용전력 소비형태 조사’의 자료를 근거로 2006년 전국 광역시의 월평균 가구당 전력사용량 296.6 kWh을 기준으로 하였다.

(나) 전력요금

주택용 전기요금은 누진제 적용에 따라 전력사용량에 따른 전력요금의 편차가 크게 발생하게 된다. 경제성 평가에서 가장 중요한 요소 중 하나가 가정용 전기요금에 누진제를 적용한 것이다. 표 4는 한국전력공사의 주택용 전기요금체계로서 SimPV에서는 이 자료를 기준으로 전력요금을 계산하였다.

표 4. 주택용 전기요금 (저압)

기본요금(원/호)		전력량 요금 (원/kWh)	
100kWh이하사용	370	처음 100kWh까지	55.10
101 - 200kWh	820	다음 100kWh까지	113.80
201 - 300kWh	1,430	다음 100kWh까지	168.30
301 - 400kWh	3,420	다음 100kWh까지	248.60
401 - 500kWh	6,410	다음 100kWh까지	366.40
500kWh 초과사용	11,750	500kWh 초과사용	643.90

(다) 경제성분석 입력자료

PV 시스템의 설치단가는 에너지관리공단 산하의 신·재생에너지센터³⁾에서 일괄 공시하고 있다. 표 5는 태양광발전 시스템의 설치단가를 나타낸 것이다. 여기서 연간 유지보수비는 총 설치비용의 0.5%로 가정하였다.

표 5. PV 시스템 설치가격 및 유지비 (VAT포함)

항 목	설 정
PV 설치단가	9,550천원/kW
정부 지원비율	60%
2.5kW PV 설치가격	23,875천원
정부 보조금	14,325천원
사용자 부담금	9,550천원
연간 유지보수비	설치비용의 0.5%

한편 물가상승률은 한국금융연구원⁴⁾에서 발표된 2002년 1월부터 2006년 12월까지 최근 5년간의 물가상승추이를 기준으로 평균 3.31%로 추정하였으며 할인율은 6%로 가정하였다.

3.3 PV 시스템의 성능분석

표 6은 SimPV의 시뮬레이션에 의한 2.5kW급 PV 시스템의 월별 발전성능 평가결과를 요약한 것이다. 여기서 실구매는 송전과 수전을 통해 계통선으로부터 최종적으로 공급받

은 전력량이 된다. PV 시스템의 발전량이 전기부하보다 많은 경우 잉여전력은 인버터를 통해 계통선으로 송전되며, 발전량이 전기부하보다 적은 때는 계통선을 통해 부족한 전력을 공급받게(수전) 된다. 실구매에서 (-)로 표시되는 4월과 5월의 전력량은 인버터를 통해 계통선에 공급된 전력량(송전)이, 계통선을 통해 공급받는 전력량(수전)에 비해 많은 것을 의미한다.

표 6. 2.5kW급 PV 시스템 발전성능분석 (단위: kWh)

월	발전량	전기부하	송전	수전	실구매
1	178	301	101	225	123
2	223	273	141	191	50
3	283	302	181	200	19
4	318	292	209	183	0(-26)
5	319	302	203	185	0(-17)
6	291	292	169	170	1
7	263	302	145	184	39
8	274	302	162	190	28
9	258	292	161	195	34
10	239	302	149	212	62
11	175	292	102	219	117
12	144	302	77	234	157
합계	2,965	3,552	1,800	2,386	630(587)

연간 발전되는 총 2,965kWh에서 실시간 부하에 대응하고 계통선에 공급된 연간 잉여전력량은 1,800kWh로서 공급받은 전력량(수전) 2,386kWh을 고려할 때 실제 구매전력량은 1,183kWh가 된다. 전술한 바와 같이 4월과 5월의 발전량이 전기부하보다 많은 것을 알 수 있으며, 이 경우 월 단위로 정산하는 국내의 전력요금체계를 고려할 때 44kWh의 잉여전력은 보상을 받지 못하는 손실분에 해당한다. 따라서 PV 시스템이 담당하는 실제 연간 전력 절감율은 82.3%가 된다.

표 7은 PV 시스템 설치에 따른 전력요금을 비교한 것이다. PV 시스템이 설치되는 경우 연간 전력요금은 51,600원으로서 설치되기 이전 493,020원에 비해 89.5%가 절감되는 것을 알 수 있다. 따라서 누진제 적용에 따른 전력요금 절감률은, 앞서 PV 시스템의 연간 전력

절감율인 82.3%에 비해 높게 나타남을 알 수 있다.

표 7. PV 시스템 설치에 따른 전력요금

월	PV시스템 미설치시		설치시(2.5kW PV)	
	실구매(kWh)	전기요금(원)	실구매(kWh)	전기요금(원)
1	301	43,370	123	10,200
2	273	34,690	50	3,520
3	302	43,540	19	1,600
4	292	38,430	0	0
5	302	43,540	0	0
6	292	38,430	1	430
7	302	43,540	39	2,860
8	302	43,540	28	2,170
9	292	38,430	34	2,530
10	302	43,540	62	4,320
11	292	38,430	117	9,360
12	302	43,540	157	14,610
합계	3,552	493,020	630	51,600

3.4 경제성 평가 결과

정부보조금이 60%인 상태에서 2.5kW급 PV 시스템의 자가 부담금으로 9,550천원이 투자될 경우, 내구연한 20년 동안의 LCC분석을 통한 전기료 절감액의 현재가치 합은 6,814천원으로 평가되었다. 따라서 PV시스템 설치후 20년 뒤에도 자비 초기 투자금의 2,736천원은 회수되지 못하는 것으로 나타났다. 이중 연 0.5%로 가정한 PV시스템의 연간 유지보수비용은 1,837천원이 되며, 따라서 순수히 PV 발전을 통해 절감할 수 있는 전력요금은 4,977천원인 것으로 분석되었다.

4. 결론

본 연구에서는 국내 실정을 반영한 경제성 평가 모듈의 개발을 통해 건물에 적용되는 PV 시스템의 통합적 해석이 가능한 계통 연계형 성능해석 프로그램을 개발하였다. 국내 기상자료 및 전력요금체계 등을 DB화하여 사용자가 손쉽게 입력 자료를 작성하고 그 결과를 신속하게 확인할 수 있는 프로그램으로서 상세해석이 가능하도록 설계하였다. 이 프로그램을 이용한 사례분석으로서, 주거용 건물

에 설치된 계통 연계형 2.5kW급 PV 시스템의 성능분석 및 경제성 평가를 실시하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 2.5kW급 PV 시스템의 연간 발전량은 2,965kWh로서, 2006년 전국 광역시의 연간 가구당 평균 전력사용량 3,552kWh과 비교할 때 연간 약 82.3%의 전력량이 되는 절감되는 것으로 분석되었다.

둘째, 전력요금으로 환산할 경우 연간 절감율은 89.5%가 되는 것으로 파악되었다. PV 시스템의 연간 전력 절감율에 비해 다소 높은 것은 전력요금 누진제 적용에 기인한다.

셋째, 정부보조금이 60%인 상태에서 2.5kW급 PV 시스템의 자가 부담금으로 9,550천원이 투자될 경우, 내구연한 20년 동안에 PV시스템 운영비를 제외한 순수 전력요금 절감액의 현재가치 합은 4,977천원으로 내구연한 내에 초기 자비 투자금의 회수가 어려운 것으로 나타났다.

본 연구는 국내 여러 지역에 다양한 설치각도로 건물에 적용되는 PV시스템의 초기 시스템 설계 및 경제성 평가에 활용될 수 있을 것으로 기대되며, 향후 건물 외피와 연계된 PV 시스템의 해석 알고리즘을 추가하여 BIPV 시스템까지 확대해석이 가능한 프로그램으로 개발할 예정이다.

후 기

본 연구는 에너지관리공단의 연구비지원으로 수행되었음(과제번호 : 2004-N-PV12-P-02)

참고문헌

1. TRNSYS 15 Reference manual, University of Wisconsin-Madison, 2000.
2. 전력거래소, "가전기기 보급률 및 가정용전력 소비행태 조사", 2006.
3. 신재생에너지센터, <http://www.knrec.or.kr/>
4. 한국금융연구원, 주요통계, <http://www.kif.re.kr>