

طراحی، تجزیه و مدل سازی سیستم های فتوولتائیک

نویسندگان:

مهندس حامد کریمی - دکتر علیرضا سیادتان



موسسه فرهنگی انتشاراتی آفتاب گیتی



سرشناسه	کریمی، حامد، ۱۳۷۳ -
عنوان و نام پدیدآور	طراحی، تجزیه و مدل سازی سیستم های فتوولتائیک/ نویسندگان حامد کریمی، علیرضا سیادتان.
مشخصات نشر	تهران: آفتاب گیتی، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	۲۰۵ ص: مصور (بخشی رنگی)، نمودار (بخشی رنگی).
شابک	۲۵۰۰۰ ریال ۱-۱۵-۶۱۵۵-۶۲۲-۹۷۸:
وضعیت فهرست نویسی	فبا
موضوع	برق -- سیستم های فتوولتایی
موضوع	Photovoltaic power systems
موضوع	برق -- سیستم های فتوولتایی -- طرح و ساختمان
موضوع	Photovoltaic power systems -- Design and construction
موضوع	تولید برق از انرژی خورشیدی
موضوع	Photovoltaic power generation
موضوع	انرژی خورشیدی
موضوع	Solar energy
شناسه افزوده	سیادتان، رضا، ۱۳۵۸
شناسه افزوده	Sadatan, Alireza
رده بندی کنگره	TK۱۰۸۷/۴۶۰۹۷
رده بندی دیویی	۶۲۱/۳۱۲۴۴
شماره کتاب شناسی ملی	۵۲۱۸۶۷۳

موسسه فرهنگی انتشارات آفتاب گیتی

تهران. میدان انقلاب. بازار بزرگ کتاب. واحد ۲۰۰ پخش همراه ۰۹۱۲۳۳۴۲۳۶۲

عنوان: طراحی، تجزیه و مدل سازی سیستم های فتوولتائیک

نویسندگان: مهندس حامد کریمی، دکتر علیرضا سیادتان

صفحه آرای و طراحی جلد: مهندس آرمان آذرخش

ویرایش: شورای بررسی موسسه فرهنگی انتشاراتی آفتاب گیتی

نشر و پخش: موسسه فرهنگی انتشاراتی آفتاب گیتی

نوبت چاپ: اول، ۱۳۹۷

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

چاپ: سازمان چاپ طهرانی

قیمت: ۲۵۰۰۰ تومان

شابک: ۱-۱۵-۶۱۵۵-۶۲۲-۹۷۸

کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است.

مقدمه مؤلفین:

با توجه به اهمیت انرژی در قرن بیست و یکم در سراسر جهان بخصوص انرژی الکتریکی به عنوان مهمترین عامل پیشرفت و شکوفایی هر کشور و نظر به آسیب های زیست محیطی ناشی از استفاده از سوخت های فسیلی جهت تامین انرژی مورد نیاز، استفاده از انرژی های پاک و تجدید پذیر بالاخص انرژی خورشیدی به عنوان منابع بی پایان خدادادی، می توان به عنوان یکی از راهکارها مطرح شود. انرژی خورشید مهم ترین منبع قابل تجدید انرژی بر روی کره زمین است نگرانی هایی که مورد سوخت های فسیلی و هسته ای وجود دارد، در مورد این منبع انرژی بی معنا است. این انرژی مانع سوخت های فسیلی تمام نمی شود و یا مانند سوخت های هسته ای دارای ضایعات امن نمی باشد، سلول های فتوولتائیک منبعی از انرژی هستند که به سوخت احتیاج ندارند در نتیجه آلودگی ناشی از سوخت های فسیلی مانند دی اکسید کربن، منواکسید کربن و همچنین آلودگی های مهم ناشی از سوخت های هسته ای را نیز ندارند. به طور کلی سلول های فتوولتائیک هیچ گونه آلودگی محیط زیستی را در بر ندارند. به عنوان تمیزترین و سالم ترین نوع انرژی شناخته شده اند. به عنوان مثال در کشور انگلستان به ازای هر کیلو وات الکتریسته تولید شده توسط سلول های فتوولتائیک یک سال توزیع دی اکسید کربن که مهمترین عوامل آلودگی است به میزان یک تن کاهش می یابد. اصلی ترین کاربرد سیستم های فتوولتائیک در شبکه های *on grid* و *off grid* می باشد. طراحی سیستم های فتوولتائیک متصل به شبکه، به گونه ای است که همزمان و به طور موازی با شبکه ی برق سراسری توان تولید می نمایند، به منظور تقویت شبکه سراسری برق و جلوگیری از فشار الکتریکی وارد بر نیروگاه ها در طی روز، استفاده شده. امروزه سیستم های فتوولتائیک متصل به شبکه در بسیاری از کشورهای جهان در واحد های کوچک از ۱ کیلو وات الی ۵ کیلو وات در بام منازل مسکونی و واحد های بزرگتر به صورت نیروگاه های فتوولتائیک نصب و راه اندازی شده است. در طراحی سیستم های فتوولتائیک مستقل از شبکه به گونه ای است که باید مستقل از شبکه ی برق سراسری عمل نموده و قابلیت تغذیه بارهای مستقیم (DC) و متناوب را دارا باشد. این واحد مستقیماً به بار متصل می شوند و تمام بار را بر خلاف سیستم های متصل به شبکه تامین می نمایند. بنابراین برای طراحی اینگونه واحدها، بایستی مدل بار و کل توان مورد نیاز بار در یک دوره شبانه روزی محاسبه شود. در ظرفیت واحد و تعداد آرایه های فتوولتائیک بر این اساس محاسبه شود. همچنین به دلیل عدم وجود شبکه برق سراسری، تمامی توان می بایستی از طریق سیستم فتوولتائیک تامین شود.

بنابراین مهمترین هدف این کتاب آموزش طراحی، تجزیه و شبیه سازی سیستم های فتوولتائیک متصل و یا مستقل از شبکه با استفاده از نرم افزار *PVsys* می باشد. این نرم افزار محصول دانشگاه *Geneva* در کشور سوئیس می باشد همانطور که از نام آن پیداست از دو بخش *PV* و *sys* تشکیل شده است. فتوولتائیک^۱ یا به

اختصار PI ، یکی از انواع سامانه های تولید برق از انرژی خورشیدی می باشد و $SPVST$ هم علامت اختصاری آن است که سیستم را نشان می دهد، لذا این نرم افزار برای شبیه سازی و مدل سازی سیستم های مختلف خورشیدی طراحی شده و یکی از مهم ترین نرم افزارهای کاربردی در طراحی نیروگاه های خورشیدی مختلف در دنیا می باشد. در ایران نیز این نرم افزار به دلیل امکان پیاده سازی راحت و ساده آن و توانایی انطباق با سایت های مختلف نیروگاهی مورد استفاده فراوان است و سازمان سابق انرژی های نو ایران (سانا) و سازمان جدید انرژی های تجدید پذیر و بهره وری ایران (سانپا) که متوالی اجرای نیروگاه ها و سیستم های خورشیدی در ایران است این نرم افزار را به عنوان مرجعی مناسب در طراحی ها قبول داشته و خروجی های آن را در طرح های توجیهی و معیاری های مورد نظر می پذیرد.

نرم افزار PI در مقایسه با سایر نرم افزارهای موجود در بازار برای طراحی سیستم های خورشیدی از قابلیت و توانمندی های هزینه ای بر و بالایی برخوردار است که البته با مقایسه با برخی دیگر از نرم افزار های مشابه کمی پیچیده تر به نظر می رسد. خروجی های این نرم افزار با دقت بالایی می توان به اجرای درست و منطبق بر واقعیت پروژه ها کمک کنند. برای درک کردن با نرم افزار $PVSPVST$ ساده به نظر می رسد ولی دقت در جزئیات مربوط به شبیه سازی و مدل سازی سیستم های مختلف به مقدار زیادی در کاهش خطای شبیه سازی تاثیر دارد. لازم به ذکر است که همکاران و دوستان بسیاری ما را در تالیف این اثر یاری داده اند که از همگی آن ها سپاسگزاریم. به خصوص از جناب آقای مهندس آرمان آذرش، مهندس امیررضا پیری، مهندس ایمان حسین زاده، مهندس مهرداد لطفی، مهندس تیما سهیلی، مهندس احمد سوری، خانم مهندس سائنا بهرام پور و سرکار خانم سمیرا کاظمی که در ویرایش این کتاب ما را یاری نموده اند. نهایت تشکر و قدردانی را داریم. در انتها یادآور می شود هر گونه نظر، پرسش و انتقاد و پیشنهاد از سوی مؤلفین مورد استقبال می باشد و در چاپ و ویرایش آتی لحاظ خواهد شد.

علیرضا سیادتان

(siadatan@wtiau.ac.ir)

حامد کریمی

(h.karimi.ac.ir@gmail.com)

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل ۱: انرژی خورشیدی.....	۱۵
۱-۱- مقدمه	۱۵
۲-۱- تاریخچه سیستم های فتوولتائیک	۱۶
۳-۱- انواع سلول های خورشیدی و سیستم های فتوولتائیک	۱۸
۱-۳-۱- انواع سیستم های بزرگتر فتوولتائیک	۱۸
۲-۳-۱- کاربردهای سلول های خورشیدی	۲۰
۳-۳-۱- مزایای سلول های خورشیدی	۲۱
۴-۳-۱- معایب سلول های خورشیدی	۲۳
۴-۱- عوامل طبیعی موثر بر عملکرد سلول های خورشیدی	۲۳
۱-۴-۱- نور خورشید	۲۳
۲-۴-۱- سایه	۲۴
۳-۴-۱- دما	۲۴
۴-۴-۱- جریان باد	۲۴
۵-۴-۱- برف	۲۵
۵-۱- انواع سلول ها	۲۵
۱-۵-۱- سلول های مونوکریستالی	۲۵
۲-۵-۱- سلول های خورشیدی پلی کریستالی	۲۶
۳-۵-۱- سلول های خورشیدی فیلم نازک	۲۷
۴-۵-۱- سلول های خورشیدی پلیمری یا ارگانیک	۲۹
۶-۱- نصب آرایه های خورشیدی	۳۰
۱-۶-۱- پارامترهای مهمی که در هنگام نصب آرایه ها بر سقف باید در نظر گرفت	۳۲
۲-۶-۱- قطع کننده و نمایشگرها	۳۳
۳-۶-۱- نحوه اتصال اجزای سیستم های فتوولتائیک	۳۴
۷-۱- طبقه بندی تیپ سیستم های فتوولتائیک از لحاظ کاربردی	۳۵

۱-۷-۱	سیستم های فتوولتائیک متصل به شبکه	۳۵
۱-۷-۲	سیستم های مستقل از شبکه سراسری برق	۳۸
۱-۷-۳	تعیین ابعاد آرایه فتوولتائیک	۳۹
۱-۷-۴	تعیین سیستم ذخیره ساز	۴۰
۱-۷-۵	دسترس پذیری	۴۱
۱-۷-۶	ملاحظات سیستم های فتوولتائیک مستقل از شبکه با توجه به کاربری آنها	۴۲
۱-۷-۷	سیستم های شنایی فتوولتائیکی	۴۲
۱-۷-۸	پایش سیستم های فته-لتائیک	۴۴
۱-۸-۱	اجزای سیستم فتوولتائیک	۴۴
۱-۸-۱	سیستم های دنبال کننده خورشید	۴۴
۱-۸-۲	اینورتر یا مبدل های الکترونیک قدرت AC/E	۴۷
۱-۸-۳	ذخیره ساز	۴۸
۱-۸-۴	سیستم های دنبال کننده حداکثر توان	۴۹
۱-۸-۵	سایر تجهیزات	۵۰
۱-۹-۱	سیستم های فتوولتائیک <i>BIPV</i> و <i>BAPV</i>	۵۰
۱-۹-۱	سیستم های <i>BIPV</i>	۵۰
۱-۹-۲	مزایای سیستم های فتوولتائیک یکپارچه با ساختمان	۵۱
۱-۱۰-۱	انواع کاربرد سیستم های فتوولتائیک در بدنه خارجی ساختمان ها	۵۱
۱-۱۰-۱	سامانه های بام پوش	۵۱
۱-۱۰-۲	سامانه های نماپوش	۵۲
۱-۱۰-۳	سایه بان های فتوولتائیک	۵۳
۱-۱۰-۴	سیستم های <i>BAPV</i>	۵۴
۱-۱۰-۵	طراحی و پایداری	۵۴
۱-۱۱-۱	طراحی سیستم های فتوولتائیک	۵۴
۱-۱۱-۱	اصول طراحی سیستم های فتوولتائیک	۵۵
۱-۱۱-۲	روند کلی طراحی سیستم های فتوولتائیک	۵۶

۱۱-۳- طراحی سیستم فتوولتاییک به منظور تامین مصرف انرژی سالانه	۵۸
۱۱-۴- طراحی سیستم فتوولتاییک با توجه به میزان فضای موجود	۵۹
۱۱-۵- طراحی سیستم فتوولتاییک با توجه به بودجه موجود	۵۹
۱۲-۱- استاندارد سازی سیستم های فتوولتاییک متصل به شبکه	۵۹
۱۲-۱- محدوده ی ولتاژ کاری سیستم های فتوولتاییک	۶۰
۱۲-۲- ضریب توان	۶۱
۱۲-۳- کیفیت توان	۶۱
۱۲-۴- محدوده م ر فرکانس	۶۲
۱۲-۵- اغتشاشات ولتاژ	۶۲
۱۲-۶- هارمونیک ها	۶۳
۱۳-۷- هارمونیک های میانی	۶۴
۱۲-۸- فلیکر ولتاژ	۶۶
۱۲-۹- عدم تعادل ولتاژ	۶۶
۱۲-۱۰- ایمنی و حفاظت	۶۷
۱۲-۱۱- جریان DC	۶۷
۱۲-۱۲- پرهیز از کارکرد جزیره ای	۶۷
۱۳-۱۳- اغتشاشات فرکانس	۶۸
۱۲-۱۴- اتصال مجدد سیستم فتوولتاییک به شبکه بعد از رفع خطای شبکه	۶۹
۱۲-۱۵- حفاظت در مقابل موج ضربه	۶۹
۱۲-۱۶- پایش عملکرد سیستم فتوولتاییک و تبادل اطلاعات	۶۹
۱۲-۱۷- نکات اندازه گیری در پایش متغیر ها	۶۹
۱۳-۱- مستندسازی، آزمون های راه اندازی و بازرسی سامانه های فتوولتاییک متصل به شبکه	۷۱
۱۳-۱- داده های سامانه فتوولتاییک	۷۱
۱۳-۲- نقشه کشی	۷۱

۷۵	فصل ۲: منو های کاربردی نرم افزار PVsyst
۷۵	۱-۲- مقدمه
۷۵	۲-۲- راهنمای نصب PVsyst 6.43
۷۶	۳-۲- معرفی بخش های نرم افزار
۷۷	Files - ۱-۳-۲
۷۷	Workspace - ۲-۳-۲
۷۷	Import components - ۳-۳-۲
۷۸	Export components - ۴-۳-۲
۷۸	Export components Import components - ۵-۳-۲
۷۸	Export Logs - ۶-۳-۲
۷۸	Quit - ۷-۳-۲
۷۸	Preferences - ۸-۳-۲
۷۹	Preferences - ۹-۳-۲
۸۴	Language - ۱۰-۳-۲
۸۴	Licence - ۱۱-۳-۲
۸۵	Help - ۱۲-۳-۲
۸۷	فصل ۳: معرفی بخش های اصلی نرم افزار PVsyst
۸۷	Chooses a design - ۱-۳
۸۸	Preliminary design - ۲-۳
۹۵	Project desing - ۱-۲-۳
۹۵	۲-۲-۳ افزودن یک شهر خاص به داده های نرم افزار
۹۵	Databases - ۳-۲-۳
۹۶	PV Moduldes - ۴-۲-۳
۹۷	Grid Inverter - ۵-۲-۳
۹۷	۶-۲-۳ بررسی اینورتر ها از نظر شکل موج تولیدی

۹۹	 برای انتخاب اینورتر دو پارامتر بسیار مهم را باید در نظر گرفت	۷-۲-۳
۱۰۱	 Batteries	۸-۲-۳
۱۰۳	 Regulators for Stand – Alone	۹-۲-۳
۱۰۵	 Generatores	۱۰-۲-۳
۱۰۶	 Pumps	۱۱-۲-۳
۱۰۸	 Regulators For Pumping	۱۲-۲-۳
۱۰۸	 مشخصات فنی رگولاتور های پمپ خورشیدی	۱۳-۲-۳
۱۱۰	 Manufactures and Trailers	۱۴-۲-۳
۱۱۱	 قسمت Meteo database (بازن زرد رنگ)	۳-۳-۳
۱۱۳	 Monthly meteo (B)	۱-۳-۳
۱۱۴	 Interactive Map (C)	۲-۳-۳
۱۱۴	 Synthetic hourly Data Generation	۳-۳-۳
۱۱۵	 Meteo Tables and Grapsh	۴-۳-۳
۱۱۶	 Compare Meteo Data	۵-۳-۳
۱۱۷	 Import Meteo Data	۶-۳-۳
۱۱۷	 Import ASCII Meteo File	۷-۳-۳
۱۱۷	 Tools	۴-۳
۱۱۸	 Tables/ graphs of solar parameters	۱-۴-۳
۱۱۹	 Electrical behavior of PV Arrays	۲-۴-۳
۱۲۰	 Transposition Factor	۳-۴-۳
۱۲۱	 Monthly Meteo Computation	۴-۴-۳
۱۲۱	 Operating Voltage Optimization	۵-۴-۳
۱۲۲	 Importation ASCLL Hourly file	۶-۴-۳
۱۲۳	 File Transformation	۷-۴-۳
۱۲۴	 Data Tadles and Graphs	۸-۴-۳
۱۲۵	 Measured Data Analysis	۹-۴-۳

۱۲۶	فصل ۴: طراحی پروژه on Grid
۱۲۷	۱-۴- زاویه ارتفاع خورشید در ظهر خورشیدی
۱۲۸	۲-۴- فاصله پشت به پشت پنل ها
۱۳۰	۳-۴- طراحی و مدل سازی سیستم on grid
۱۳۲	۴-۴- Grid-Connected
۱۳۳	۱-۴-۴- Site and Meteor
۱۳۴	۲-۴-۴- Albedo Soiling
۱۳۵	۳-۴-۴- Design Conditions
۱۳۵	۴-۴-۴- Orientation (نشی ها اجباری)
۱۴۱	۵-۴- System
۱۴۲	۱-۵-۴- Detailed Losses
۱۴۴	۲-۵-۴- Soiling Losses
۱۴۵	۳-۵-۴- Net Metering
۱۴۵	۶-۴- بخش اختیاری (Optional)
۱۴۵	۱-۶-۴- Horizon
۱۴۶	۲-۶-۴- Near Shading
۱۴۷	۳-۶-۴- Construction /Perspective
۱۵۹	فصل ۵: طراحی پروژه off Grid
۱۶۰	۱-۵- محاسبه تعداد پنل
۱۶۱	۲-۵- تعیین تعداد باتری برای ذخیره انرژی
۱۶۲	۱-۲-۵- تعیین مقدار شارژ کنترلر
۱۶۲	۲-۲-۵- محاسبه اینورتر
۱۶۳	۳-۲-۵- نحوه اتصالات
۱۶۵	۴-۲-۵- محاسبه پنل
۱۶۶	۵-۲-۵- محاسبه شارژ کنترلر

۱۶۷.....	۲-۵ افت ولتاژ سیم
۱۷۱.....	System ۳-۵
۱۷۳.....	Near Shading -۴-۵
۱۸۱.....	فصل ۶: طراحی پروژه پمپ آب خورشیدی
۱۸۲.....	Pumps ۱-۶
۱۸۴.....	۲-۶ مراحل اجرای انیام طرح
۱۸۷.....	System -۳-۶
۱۹۴.....	فصل ۷: طراحی پروژه د. سارت DC Grid
۱۹۶.....	DC Grid -۱-۷
۱۹۸.....	Detailed Isses -۲-۷
۱۹۸.....	User's needs ..۳-۷