سال سوم، شماره دوم، زمستان ۱۳۹۵، ص ص ۳۰- ۳۴
فصل‌نامه علمی – ترویجی انرژی‌های تجدیدپذیر و نو
renemag.ir
مقاله
تاریخ دریافت: ۹۵/۰۸/۱۸
تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۲۴

آموزش انرژی خورشیدی، از آزمایشگاه های سنتی تا آزمایشگاه های از راه دور

فرزاد جعفرکاظمی

استادیار، مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب
تهران، صندوق پستی ۳۸۵-۱۴۵۶۵، f_jafarkazemi@azad.ac.ir

چکیده

هدف از این مقاله مروری بر روش های مورد استفاده در آموزش آزمایشگاهی مباحث مربوط به انرژی خورشیدی و معرفی آزمایشگاه های از راه دور است. همچنین تجهیزاتی که توسط مولف برای آموزش انرژی خورشیدی طراحی و ساخته شده اند نیز معرفی خواهند شد. مبنای این تحقیق، استفاده روز افزون از انرژی خورشیدی در ایران است که لزوم آموزش برای دست اندرکاران و علاقمندان به انرژی خورشیدی را بیش از پیش حائز اهمیت می نماید.در این مقاله پس از دسته بندی انواع روش های مرسوم، جزئیات مربوط به هر یک از انواع آزمایشگاه ها ارائه خواهند شد. این روش ها را به طور خلاصه می توان به آزمایشگاه های محلی واقعی، آزمایشگاه های محلی شبیه سازی شده، آزمایشگاه های از راه دور شبیه سازی شده و آزمایشگاه های از راه دور واقعی دسته بندی کرد. کاربرد این روش ها در آموزش مباحث مرتبط با انرژی خورشیدی مورد بحث قرار گرفته و نمونه هایی از این آزمایشگاه ها معرفی خواهند شد. با توجه به عدم دسترسی به تجهیزات آزمایشگاهی برای همه علاقمندان به فراگیری این مباحث، آزمایشگاه های از راه دور می توانند فرصت مناسبی را برای حصول این امر ایجاد نمایند. در صورت نصب تجهیزات اندازه گیری مناسب، دانشجویان مقاطع کارشناسی،کارشناسی ارشد و دکتری نیز می توانند ضمن آشنا شدن با اصول استفاده از انرژی خورشیدی، آزمایش های متفاوتی را با این تجهیزات انجام دهند. این نوع از آزمایشگاه ها می توانند به عنوان یک مجموعه کمکی در کنار درس های تئوری مرتبط مورد استفاده قرار گیرند.

کلیدواژگان: انرژی خورشیدی، آموزش از راه دور، آزمایشگاه از راه دور، آزمایشگاه مجازی

Solar energy training; from traditional laboratories to remote laboratories

Farzad Jafarkazemi

Mechanical Engineering Department, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
P.O.B. 14565-385 Tehran, Iran, f_jafarkazemi@azad.ac.ir
Received: 8 November 2016 Accepted: 13 January 2017

Abstract

It is the aim of this paper to review the training methods available for solar energy education. Training activities and state of the art facilities developed by the author are also presented within the paper. The motivation for this research is the ever increasing global use of solar energy which makes it essential to educate people become more familiar with this source of energy and its application. After a brief overview of the topics relevant to the subject, four categories are identified as mentioned below and details of each method will be given with real examples.

- Traditional laboratories and hands-on Experiments
- Local simulation and virtual Laboratories
- Remote simulation
- Remote experiments or remote laboratories

Limited access to training laboratories for all interested parties, makes the remote labs a real opportunity for future education. By installing measurement and control instruments in the remote lab, graduate and undergraduate students while become familiar with the concepts can do real experiment over the web. These labs can also accompany conventional theoretical courses.

Keywords: solar energy, remote labs, distance education, vocational training.

۱- مقدمه

محدودیت منابع انرژی فسیلی در جهان و آلودگی های زیست محیطی ناشی از استفاده از این نوع از منابع انرژی باعث شده تا در سال های اخیر توجه زیادی به انرژی های تجدید پذیر و در نتیجه آموزش های مرتبط با آن ها معطوف گردد. در سال ۲۰۱۴، کاندپال و برومن وضعیت آموزش انرژی های تجدید پذیر در جهان را مورد بررسی قرار دادند[۱]. بر طبق نتایج این تحقیق که بر مبنای بررسی بیش از سیصد تحقیق قرار دارد، گسترش دامنه آموزش از نظر تعداد فراگیران و همچنین توجه به آموزش های عملی و آزمایشگاهی از اهمیت زیادی برخوردار است. مطهر و عالم رجبی در سال ۱۳۹۵ با توجه به ضرورت آموزش انرژی های تجدید پذیر و با توجه به اهداف سند جامع علمی در کشور، تجارب چند کشور جهان را مورد بررسی قرار دادند و راهکارهایی برای آموزش این مباحث در ایران ارائه دادند[۲]. قرئلی و همکاران[۳] نیز در سال ۱۳۹۵ فعالیت های مرتبط با آموزش انرژی های تجدید پذیر در پنج کشور پیشرو را مورد بررسی قرار دادند. بر طبق نتایج این تحقیق استفاده از آزمایشگاه ها و کارگاه های تخصصی منجر به ارتقای سطح علمی فراگیران می شود.

الاوادی و تولبا در سال ۲۰۰۹ یک دسته بندی برای انواع آزمایشگاه های آموزشی ارائه دادند[۴]. بر طبق نتایج این تحقیق، از میان انواع آزمایشگاه ها آزمایشگاه هایی با قابلیت اتصال از راه دور و به صورت برخط می توانند فرصت های جدیدی را برای آموزش فراهم آورند. این آزمایشگاه ها در سال های اخیر نیز توسط محققان مختلفی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته اند[۵و۶]. در کنفرانس فدراسیون بین المللی کنترل اتوماتیک در سال ۲۰۱۵، نمونه هایی از کاربرد این آزمایشگاه ها در آموزش کنترل اتوماتیک و تبرید ارائه شدند[۷و۸].

نمونه ای از تحقیقات انجام شده و به کارگیری آزمایشگاه های از راه دور در ایران نیز توسط صفوی و همکاران ارائه شد[۱۱-۹]. تحقیقات مزبور را می توان اولین نمونه از به کار گیری آزمایشگاه های از راه دور در ایران به حساب آورد که به طور عمده در مبحث ماشین های الکتریکی و کنترل اتوماتیک مورد استفاده قرار گرفته اند.

با توجه به بررسی های انجام شده، تحقیقات در خصوص کاربرد آزمایشگاه های از راه دور در آموزش انرژی خورشیدی بسیار محدود است. از این رو با توجه به نیاز کشور در این زمینه، تحقیق حاضر به بررسی امکان استفاده از آزمایشگاه های از راه دور در آموزش انرژی خورشیدی با تمرکز بر سیستم های خورشیدی فتو ولتائیک می پردازد. به این منظور پس از معرفی انواع آزمایشگاه ها، از آزمایشگاه های سنتی تا آزمایشگاه های از راه دور، مقایسه ای بین این روش ها صورت می گیرد و طرح نمونه برای آزمایشگاه از راه دور برای آموزش برخی از مباحث سامانه های فتو ولتائیک ارائه خواهد شد.

۲- انواع آزمایشگاه ها

آزمایشگاه ها را به طور کلی می توان بر حسب نوع آزمایش و موقعیت کاربر نسبت به آزمایشگاه به صورتی که در جدول ۱ نشان داده شده است دسته بندی کرد. در واقع آزمایشگاه ها بر حسب موقعیت کاربر نسبت به آزمایشگاه به دو دسته محلی و از راه دور تقسیم می شوند. همچنین از نظر نوع دستگاه مورد آزمایش می توان آزمایش ها را به دو دسته واقعی و شبیه سازی شده تقسیم بندی نمود. این دسته بندی ها به همراه نمونه هایی از دستگاه ها یا تجهیزات مورد استفاده در بخشهای ذیل توضیح داده شده اند.

جدول ۱ دسته بندی انواع آزمایشگاه ها

نوع تجهیزات آزمایشگاه	نوع دسترسی به آزمایشگاه	
	محلی	از راه دور
تجهیزات واقعی	آزمایشگاه واقعی	آزمایشگاه واقعی
تجهیزات شبیه سازی شده	شبیه سازی	شبیه سازی

۲-۱- آزمایشگاه سنتی و مرسوم (آزمایشگاه های محلی واقعی)

آزمایشگاه های سنتی در دانشگاه ها مرسوم ترین روشی هستند که از سال ها قبل مورد استفاده قرار گرفته اند. بخشی از این آزمایشگاه ها جزء سر فصل های مصوب دوره های درسی هستند در حالی که برخی از این موارد صرفا بر اساس نظر توسعه دهندگان این آزمایشگاه ها یا تجهیزات و یا بر اساس یک تحقیق خاص ایجاد شده اند.

دسته اول آزمایشگاه هایی هستند که معمولا توسط شرکت های سازنده تجهیزات آزمایشگاهی ارائه می شوند. به عنوان نمونه در شکل ۱ دستگاهی که به منظور آزمایش پانل فتو ولتائیک استفاده می شود و در شکل ۲دستگاه مشابه برای آموزش کلکتورهای خورشیدی نشان داده شده است.

شکل ۱ نمونه ای از یک دستگاه آزمایش پانل های فتو ولتائیک

شکل ۲ نمونه ای از یک دستگاه آزمایش کلکتورهای خورشیدی

دسته دوم از این آزمایش ها یا آزمایشگاه ها، مواردی هستند که به منظور انجام یک تحقیق یا آموزش خاص توسط محققین طراحی و ساخته می شوند.

نمونه هایی از این تجهیزات توسط مولف در دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب ساخته شده اند. یکی از این دستگاه ها، دستگاه آزمایش عملکرد پانل های فتو ولتائیک و پمپ آب خورشیدی است که در شکل ۳ نشان داده شده است. تعیین منحنی مشخصه پانل خورشیدی، اثر شیب بر عملکرد پانل های فتو ولتائیک، موازی و سری کردن پانل ها و آزمایش های مرتبط با پمپ های خورشیدی از جمله آزمایش هایی هستند که با این دستگاه می توان انجام داد.

شکل ۳ نمونه ای از دستگاه آزمایش پانل های فتو ولتائیک و پمپ آب فتو ولتائیک

با پیشرفت هایی که در زمینه فناوری اطلاعات و استفاده از کامپیوتر در داده برداری کمیت های فیزیکی به وجود آمده، اکنون این امکان وجود دارد که به جای قرائت پارامترها توسط اپراتور و ثبت دستی آن ها، این پارامترها را به سیگنال های قابل انتقال تبدیل کرده و به یک کامپیوتر منتقل کرد. این امر باعث سادگی قرائت، خطای کمتر در قرائت، عدم نیاز به حضور دائم کاربر، امکان ثبت اطلاعات، امکان انجام محاسبات و ... می شود.

یکی از نرم افزارهای ارتباط با تجهیزات سخت افزاری نرم افزاری به نام LABVIEW است که قابلیت های زیادی در پایش داده های فیزیکی توسط کامپیوتر دارد. به کمک این نرم افزار می توان پارامترهای فیزیکی را که به سیگنال دیجیتال تبدیل شده اند توسط کامپیوتر قرائت کرده و با استفاده از امکانات گرافیکی قابل توجه آن را به شکل دلخواه نشان داد.

همچنین با فراهم کردن تجهیزات سخت افزاری مورد نیاز می توان امکان ارسال فرمان از کامپیوتر به سیستم را نیز بوجود آورد. این فرمان می تواند شامل قطع و وصل کردن یک مدار یا کم و زیاد کردن میزان یک کمیت مانند توان هیتر و ... باشد.

یکی دیگر از دستگاه های آزمایشگاهی ساخته شده توسط مولف، آزمایش رسم منحنی مشخصه یک پانل فتو ولتائیک است. در شکل ۴ نمودار شماتیکی نحوه اتصال اجزای مورد نیاز به یکدیگر نشان داده شده است.

مطابق این شکل، کاربر با اتصال تجهیزات سخت افزاری به کامپیوتر و پانل فتو ولتائیک، می تواند مقادیر پارامترهای مورد نیاز را توسط کامپیوتر قرائت کرده و در عین حال تغییراتی را در مجموعه اعمال کند تا اثر آن تغییرات بر سیستم را ملاحظه نماید.

اجزای تشکیل دهنده این آزمایش نیز در شکل ۵ نشان داده شده اند.

شکل ۴ اجزای مورد نیاز در پایش کامپیوتری

شکل ۵ اجزای مورد استفاده در آزمایش پانل فتو ولتائیک

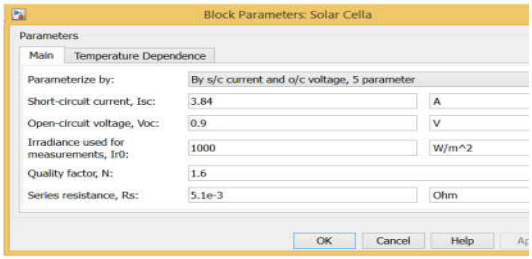
دانشجو با تغییر مقاومت مسیر توسط دستگاهی که در شکل ۵ نشان داده شده است می تواند با شروع از مقاومت صفر یا ماکزیمم، منحنی I-V را که به صورت اتوماتیک بر روی صفحه مانیتور نشان داده می شود مشاهده کند.

۲-۲- آزمایشگاه های محلی مجازی یا شبیه سازی شده

در این روش دانشجو یا یاد گیرنده به جای کار با دستگاه واقعی با استفاده از کامپیوتر و از طریق شبیه سازی به آزمایش می پردازد. بنابر این تنها تجهیزات مورد استفاده عبارتند از کامپیوتر و نرم افزاری که بتوان به کمک آن شبیه سازی فرایند را انجام داد. این نرم افزار می تواند توسط زبان های برنامه نویسی مرسوم ایجاد شود یا از نرم افزارهای تجاری یا در دسترس مانند LABVIEW یا MATLAB و ... استفاده شود. معمولا با توجه به امکانات MATLAB و LABVIEW استفاده از این نرم افزارها ساده تر است و امکانات بیشتری را در اختیار کاربر قرار می دهد. البته نرم افزار اول از نظر قدرت محاسباتی و نرم افزار دوم از نظر قدرت گرافیکی قابلیت های بیشتری دارند. بنابر این طراح آزمایش می تواند بسته به نیاز از یکی از نرم افزارهای مزبور استفاده نماید. البته در خصوص متلب معمولا از یک نرم افزار شبیه سازی همراه آن استفاده می شود که SIMULINK نام دارد.

در این آزمایشگاه های شبیه سازی شده، دانشجو به جای کار با دستگاه واقعی با نرم افزاری که آزمایش مورد نظر با استفاده از روابط حاکم در آن مدل شده آزمایش را انجام می دهد.

از این روش می توان در مدلسازی آزمایشگاه های متفاوتی استفاده کرد. به عنوان یک نمونه در شکل ۶ نمونه ای از بلوک پارامتر شبیه سازی سلول فتو ولتائیک در نرم افزار سیمولینک نشان داده شده است. کاربر می تواند با وارد کردن اطلاعات پانل های فتو ولتائیک و با استفاده از امکانات نرم افزار، مدل سازی های مختلفی را انجام دهد. به عنوان مثال سری و موازی کردن پانل ها به جای آزمایش واقعی (مشابه آزمایش بخش قبل) می تواند با استفاده از این نرم افزار صورت گیرد.



شکل ۶ بلوک پارامترهای سلول فتو ولتائیک در نرم افزار سیمولینک

از جمله مزایای این روش می توان به عدم نیاز به سرمایه گذاری در خرید تجهیزات گران قیمت آزمایشگاهی اشاره کرد لیکن ممکن است این نوع از آزمایش احساس کار با دستگاه واقعی را در کاربر ایجاد ننماید. همچنین برخی معتقدند کاربر در این روش مهارت های کار عملی با دستگاه را فرا نمی گیرد.

۲-۳- آزمایشگاه های از راه دور مجازی یا شبیه سازی شده

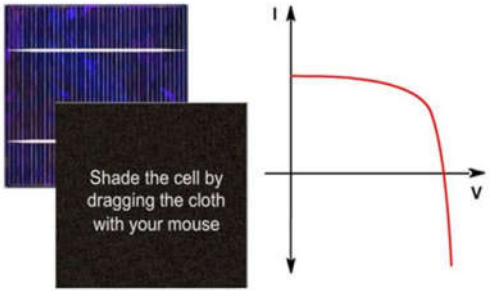
در این روش مشابه روشی که در بخش قبل معرفی شد، دانشجو یا یاد گیرنده به جای کار با دستگاه واقعی، با استفاده از کامپیوتر آزمایش راشبیه سازی می کند. لیکن محل فیزیکی حضور دانشجو در کنار کامپیوتر اصلی که نرم افزار بر روی آن اجرا می شود نیست بلکه انتقال داده ها یا اجرای نرم افزار از طریق بستر وب یا اینترانت صورت می گیرد.

بنابر این تجهیزات و امکانات مورد استفاده در این روش عبارت از کامپیوتر و نرم افزاری که بتوان به کمک آن شبیه سازی فرایند را انجام داد، سامانه انتقال داده به بستر وب، بستر مناسب وب و کامپیوتر استفاده کننده که قابل اتصال به شبکه اینترنت است.

نرم افزار مورد استفاده در این تکنیک مشابه توضیحات بخش قبل می تواند استفاده از زبان های برنامه نویسی مرسوم یا نرم افزارهای تجاری و در دسترس مانند LABVIEW یا MATLAB و ... باشد.

بهترین کاربرد این روش در حالتی است که این مدلسازی یا آزمایش یا شبیه سازی به عنوان جزئی از یک آموزش آنلاین ارائه شود. در این روش مدرس می تواند در خلال تدریس، هر جا که لازم است از فراگیران بخواهد که آزمایشی را به صورت آنلاین و شبیه سازی شده انجام دهند تا باعث یادگیری بهتر شود. امکان تکرار این آزمایش به دفعات دلخواه از جمله مزایای آن نسبت به آزمایشگاه های از راه دور است که در بخش بعد مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

به عنوان مثال در شکل۷ نمونه ای از یک شبیه سازی مجازی که بخشی از آموزش آنلاین سیستم های فتو ولتائیک است نشان داده شده است. در این شبیه سازی که بخشی از مبحث درسی است، دانشجو می تواند با حرکت مربع سیاه رنگ بر روی سطح سلول خورشیدی تاثیر سایه بر عملکرد آن را بررسی کند. یقینا انجام این کار به صورت فیزیکی با تعداد دفعات دلخواه و ... کار ساده ای نیست.

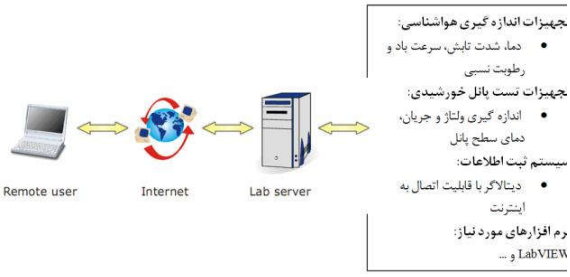


شکل ۷ بررسی اثر سایه بر خروجی پانل فتو ولتائیک در آزمایش مجازی

یکی دیگر از کاربردهای این روش در آموزش فرایندهایی است که انجام آن ها در شرایط واقعی کار ساده ای نیست. از دیگر کاربردهای این روش، آموزش نحوه کار و آشنایی بیشتر کاربر با آزمایش های واقعی از راه دور است.

۲-۴- آزمایشگاه های از راه دور واقعی

این روش در واقع ترکیبی از برخی روش های قبلی است که در آن کاربر می تواند از راه دور و از طریق اینترنت به دستگاه آزمایشگاهی متصل شده و داده های آن را برداشت کند. در برخی از این آزمایشگاه ها حتی امکان ارسال فرمان به تجهیزات آزمایشگاه نیز وجود دارد. اصول کارکرد این روش در آزمایشگاه در حال احداث توسط مولف در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۸ اجزای یک آزمایش از راه دور برای پانل های فتو ولتائیک

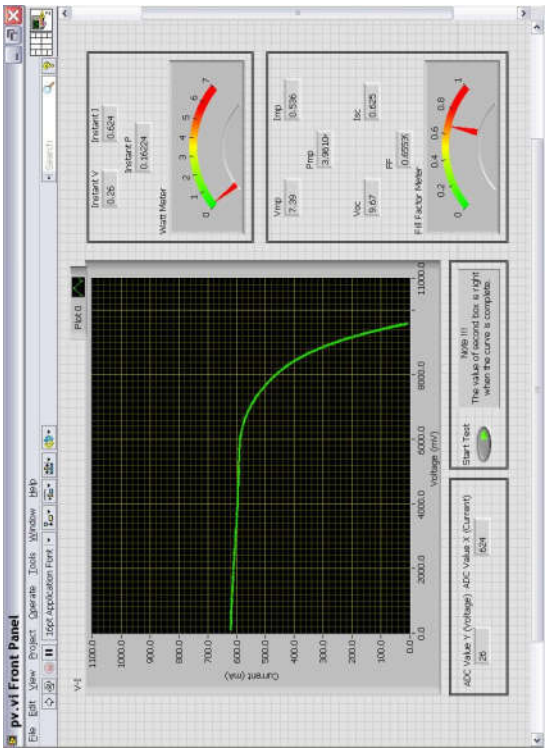
این آزمایشگاه برای آموزش اصول کارکرد پانل های فتو ولتائیک طراحی شده است. مطابق شکل ۸، با تبدیل پارامترهای اندازه گیری شده در آزمایش به سیگنال های قابل انتقال، این سیگنال ها به کامپیوتر سرور آزمایشگاه منتقل می شوند. اطلاعات کامپیوتر سرور از طریق کامپیوترهای دیگر که از طریق وب به کامپیوتر اصلی متصل می شوند قابل دریافت است.

به این ترتیب کاربران می توانند با اتصال به سرور آزمایشگاه و بر طبق قوانین نوبت دهی آن آزمایشگاه به انجام آزمایش بپردازند. کاربر بسته به طراحی آزمایش می تواند شکل های متفاوتی را در صفحه مانیتور خود مشاهده کند. نمونه ای از این صفحات در شکل ۹ نشان داده شده است.

در طرح در دست اجرا توسط مولف امکانات زیر پیش بینی شده اند:

ثبت اطلاعات هواشناسی محل، ثبت مشخصات پانل خورشیدی مورد آزمایش، انجام محاسبات لازم توسط نرم افزارها، پیاده سازی یک وب سایت برای وارد کردن اطلاعات، امکان دریافت اطلاعات هواشناسی محل نصب از هر نقطه جهان در صورت تائید مدیر سایت، امکان انجام آزمایش واقعی توسط یک کاربر از هر نقطه از جهان بر اساس سیستم نوبت دهی (در طرح حاضر پیش بینی شده است که در هر لحظه تنها یک کاربر بتواند با سامانه مورد مطالعه آزمایش انجام دهد)، امکان به اشتراک گذاری اطلاعات با آزمایشگاه های مشابه در نقاط دیگر دنیا و ...

یکی دیگر از نکات بسیار مهم در این طرح آن است که تجهیزات نصب شده، می توانند مورد استفاده دانشجویان قرار گیرند و ضمن آشنا کردن آنان با اصول استفاده از انرژی خورشیدی و امکان انجام آزمایش های متفاوت، زمینه را برای استفاده بیشتر از این نوع انرژی در کشور فراهم سازند.



شکل ۹ نمونه ای از صفحه آزمایش که در معرض دید کاربر قرار دارد

۳- نتیجه گیری

در این مقاله نتایج یک تحقیق در مورد روش های مختلف انجام آزمایش های مرتبط با انرژی خورشیدی به منظور آموزش مفاهیم مربوطه ارائه شد. بر طبق نتایج به دست آمده، آزمایشگاه های از راه دور می توانند به عنوان یکی از روش های بسیار مفید برای انجام این امر مورد استفاده قرار گیرند.

از جمله مهمترین مزایای آزمایشگاه های واقعی از راه دور نسبت به سه روش دیگر معرفی شده در این تحقیق می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- آموزش عملی توسط تجهیزات واقعی در زمینه های مورد نظر در این تحقیق می تواند اثر گذاری بسیار بیشتری از آموزشهای صرفا نظری داشته باشد.

۲- در بسیاری از نقاط ایران و همچنین جهان دسترسی به تجهیزات آزمایشگاهی برای اجرای آموزش های عملی مورد نظر در بند یک وجود ندارد. در موارد متعددی نیز علاقمندان دیگری که دانشجو نیستند و صرفا علاقمند به یادگیری بیشتر در زمینه موضوع خاصی هستند به دانشگاه هایی که این تجهیزات را در اختیار دارند دسترسی ندارند.

۳- اجرای آزمایش از طریق اینترنت، ضمن عدم نیاز به حضور در محل آزمایش می تواند با نصب تجهیزاتی مانند وب کم، جنبه بصری انجام آزمایش را نیز تا حد زیادی شبیه سازی کند.

۴- با توجه به اینکه منوهای سایت به زبان انگلیسی هستند و با توجه به امکان دسترسی به این آزمایشگاه از هر نقطه از جهان، اجرای این طرح می تواند زمینه های همکاری را بین محققان داخل کشور با سایر مراکز علمی و تحقیقاتی جهان فراهم نماید.

۵- امکان به اشتراک گذاری اطلاعات با آزمایشگاه های مشابه در کشور های دیگر و عضویت در شبکه جهانی آزمایشگاه های از راه دور نیز می تواند به عنوان اهداف این گونه آزمایشگاه ها مد نظر قرار گیرد.

۴- تقدیر و تشکر

این تحقیق در قالب طرح پژوهشی با عنوان "طراحی و پیاده سازی آزمایش پانل فتو ولتائیک با دسترسی از طریق اینترنت" و با حمایت دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب انجام پذیرفته است.

۵- مراجع

[1] T. C. Kandpla, L. Broman, Renewable energy education: A global status review, *Renewable and Sustainable Enrgy Reviews*, Vol. 34, pp. 300-324, 2014.

[۲] ص. مطهر، و ع. عالم رجبی، آموزش انرژی های تجدید پذیر در ایران، *فصلنامه آموزش مهندسی ایران*، سال هجدهم، شماره ۶۹، بهار ۱۳۹۵، صص ۹۰-۷۷.

[۳] ک. قرئلی، و همکاران، آموزش دانشگاهی انرژی های تجدید پذیر، *فصل نامه علمی ترویجی انرژی های تجدید پذیر و نو*، سال سوم، شماره اول، تابستان ۱۳۹۵، صص ۶۳-۵۷.

[4] Y. H. Elawadi, A. S. Tolba, Educational objectives of different laboratory types: A comparative study, *International Journal of Computer Science and Information Security*, Vol. 6, No. 2, pp. 89-96, 2009.

[5] M. Kostelnikvova, M. Ozvoldova, Remote experiments in primary school science education, *International Journal of Online Engineering*, Vol. 9, Issue 5, pp. 45-51, 2013.

[6] S. Seiler, Current trends in remote and virtual lab engineering, Where are we in 2013?, *International Journal of Online Engineering*, Vol. 9, Issue 6, pp. 12-16, 2013.

[7] A. Beghi, A. Cervato, M. Rampazzo, A remote refrigeration laboratory for control engineering education, *IFAC-PapersOnLine*, Vol. 48-29, pp. 025-030, 2015.

[8] J. Chacon, M. Guinaldo, J. Sanchez, S. Dormido, A new generation of online laboratories for teaching automatic control, *IFAC-PapersOnLine*, Vol. 48-29, pp. 140-145, 2015.

[۹] ع. صفوی، ص. صالحی، م. معتمدی، ا. کیخا، س. نقوی، و ح. غفاری، اولین آزمایشگاه مجازی و از راه دور ایران برای مهندسان کنترل: طراحی و اجرا، فصلنامه آموزش مهندسی ایران، سال نهم، شماره ۳۴، تابستان ۱۳۸۶، صص ۷۶-۵۷.

[۱۰] ع. صفوی، م. مستعلی، و ا. کیخا، کنترل و نظارت زمان حقیقی از طریق شبکه به کمک Labview و Matlab، فصلنامه آموزش مهندسی ایران، سال دهم، شماره ۳۸، تابستان ۱۳۸۷، صص ۷۱-۴۱.

[۱۱] ع. قدمیاری، ع. صفوی، و م. حسن پور، طراحی و اجرای آزمایشگاه های مجازی زمان حقیقی و کنترل از راه دور در راستای تحقق آموزش های مجازی و از راه دور، *فصلنامه دانشگاهی یادگیری الکترونیکی (مدیا)*، دوره ۱، شماره ۱، ۱۳۸۹، صص ۳۷-۳۰.