

ساخت بادگیر یا توربین خورشیدی با استفاده از پرینتر سه بعدی سیستم هیبریدی تولید برق و تهویه مطبوع طبیعی

خلاصه

انرژی‌های تجدید پذیر منبعی لایتنهایی برای تامین انرژی مورد نیاز بشریت می‌باشد که بهره گیری از آن‌ها مستلزم سیستم های نوین و پیشرفته می‌باشد. استفاده توأم از انرژی باد و خورشید، عملکرد سیستم را تا حد مطلوبی بالا برده و بسیار قابل اطمینان می‌باشد. هدف این مقاله ساخت سریع مدل آزمایشگاهی و بررسی توان خروجی بادگیر خورشیدی می‌باشد که به توان آن را به صورت مجزا برای هر واحد مسکونی و یا مزرعه بادی و خورشیدی توسعه داد.

بادگیر خورشیدی تلفیق بادگیر سنتی، توربین باد ساوینوس و سلول خورشیدی می‌باشد. این سیستم علاوه بر پایداری در تولید برق، قابل استفاده در تهویه طبیعی ساختمان را نیز می‌باشد.

ساخت این مجموعه توسط [پرینترهای سه بعدی به روش FDM](#) گامی موثر در تولید و بهره برداری سریع می‌باشد. این مدل آزمایشگاهی با تولید ۱۷ وات توان الکتریکی که به صورت توأم از انرژی باد و خورشید بدست می‌آید را در یک باطری ذخیره می‌کند و توان مورد نیاز ما را به ارمغان می‌آورد. علاوه بر تولید برق با انتقال جریان خروجی باد به سمت کانال مورد می‌توان از تهویه طبیعی نیز برخوردار شد.



انتشار مقاله:

کنفرانس ملی دانش و فناوری - مهندسی برق، کامپیوتر . مکانیک

کلمات کلیدی: بادگیر خورشیدی، سلول خورشیدی، توربین باد ساوینوس، پرینتر سه بعدی

فهرست عناوین این مقاله:

1- مقدمه

2- پیشینه پژوهش (ترکیب توربین های بادی، توربین جانگ)

3- روش تحقیق

4- فرایند ساخت توربین بوسیله پرینتر سه بعدی

5- نتایج آزمایشگاهی تولید توربین با پرینتر سه بعدی

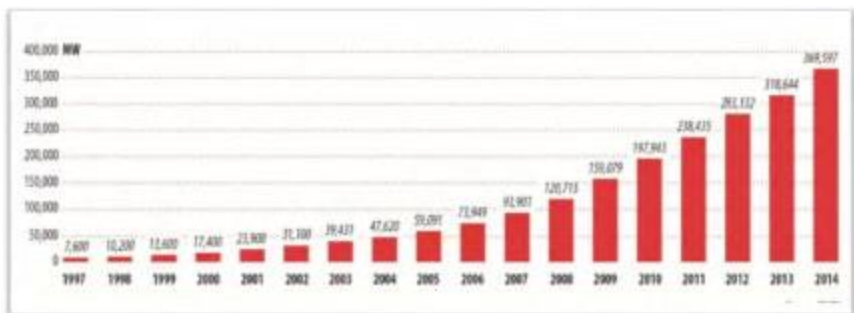
6- جمع بندی و نتیجه گیری

1- مقدمه

از سال ۱۹۷۳ میلادی، مصادف با وقوع اولین شوک نفتی در جهان مسئله کارایی انرژی در کشور مطرح، اما هیچگاه در برنامه ریزی‌ها به صورت جدی مورد توجه قرار نگرفته است. از منابع جایگزین قابل اطمینان می‌توان به انرژی بادی و خورشیدی اشاره کرد.

خصوصیت مهم این انرژی‌های تجدیدپذیر در دسترس بودن و قابلیت حصول بسیار آسان می‌باشد که در زمره پاک‌ترین انرژی‌ها قرار دارند. به منظور دستیابی به انرژی پاک و ابدی، انرژی‌های تجدیدپذیر ایده مناسب برای این مهم می‌باشد. از طرفی استحصال انرژی از انرژی‌های تجدیدپذیر نیازمند سیستمی با کارایی مناسب می‌باشد.

با توجه به ارگان‌های انرژی بادی جهان و اروپا، ظرفیت انرژی بادی نصب شده تا سال ۲۰۱۰ به ۱۹۷ گیگاوات دست یافته است که تنها ۳۰۰۰ مگاوات از کل تولیدی مربوط به توربین‌های نصب شده در نواحی ساحلی و دریایی است. ظرفیت تولیدی برق بادی جهان در سال ۲۰۱۳ در حدود ۳۱۸ گیگاوات تخمین زده شده است که در حدود ۱۳ درصد بیش از سال گذشته است.



شکل ۱- ظرفیت جهانی انرژی بادی نصب شده از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۴

ایران با داشتن حدود ۳۰۰ روز آفتابی در سال جزو بهترین کشورهای دنیا در زمینه پتانسیل انرژی خورشیدی در جهان می‌باشد. با توجه به موقعیت جغرافیای ایران و پراکندگی روستای در کشور، استفاده از انرژی خورشیدی یکی از مهم‌ترین عواملی است که باید مورد توجه قرار گیرد. استفاده از انرژی خورشیدی یکی از بهترین راه‌های **برق رسانی و تولید انرژی** در مقایسه با دیگر مدل‌های انتقال انرژی به روستاها و نقاط دور افتاده در کشور از نظر هزینه حمل نقل، نگهداری و عوامل مشابه می‌باشد.

با توجه به استانداردهای بین‌المللی اگر میانگین انرژی تابشی خورشید در روز بالاتر از 5,3 کیلووات ساعت در مترمربع (۳۵۰۰ وات ساعت) باشد. استفاده از مدل‌های انرژی خورشیدی نظیر کلکتورهای خورشیدی یا سیستم‌های فتوولتائیک بسیار اقتصادی و مقرون به صرفه است.



شکل ۲- نقشه تابش روزانه خورشید در ایران (پتانسیل انرژی خورشید)

در این پژوهش با بهره‌گیری از دانش ساخت سریع مدل‌ها، بادگیرهای سنتی ایران، توربین باد محور عمودی ساوینوس و سلول‌های خورشیدی سیستمی، بادگیر خورشیدی را معرفی می‌کنیم.

سیستم بادگیر خورشیدی دارای یک توربین محور عمودی ساوینوس و سلول‌های خورشیدی می‌باشد که این امر سبب بهره‌گیری از این سیستم در هر زمان و مکانی می‌باشد. این سیستم تولید برق را در دستور کار خود قرار داده است که علاوه بر تولید هیبریدی برق می‌توان از جریان خروجی بادگیر خورشیدی جهت تهویه طبیعی ساختمان از آن بهره جست. این سیستم قابلیت اطمینان بسیار بالایی دارد که می‌توان آن را به عنوان یک نیروگاه تولید پراکنده یاد کرد.

>> بیشتر بدانید: [کسب درآمد از پرینتر سه بعدی](#)

پیشینه پژوهش (ترکیب توربین های بادی، توربین چانگ)

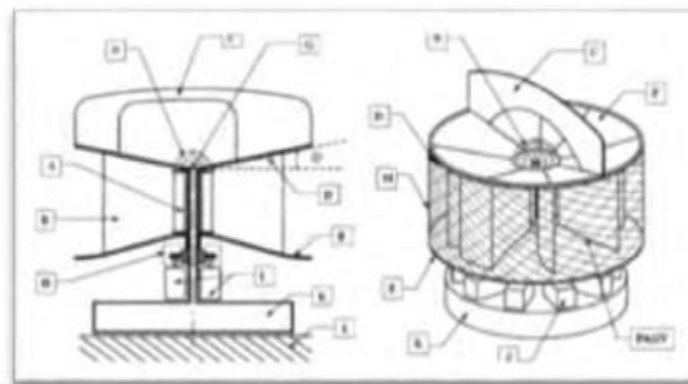
توربین باد ساوینوس برای اولین بار توسط یک مهندس فنلاندی به نام اس جی ساوینوس در سال ۱۹۳۱ استفاده گردید [۳]. بردینر و همکاران، مدلی از ترکیب توربین بادی ساوینوس و [سلول خورشیدی](#) استفاده کرده است که با نصب LED برای روشنایی استفاده کرده اند. این نمونه برای استفاده در روشنایی خیابانها مورد استفاده قرار گرفته است.

در این مدل ترکیبی با استفاده از یک توربین باد ساوینوسی به قطر ۹۱ سانتی متر و ارتفاع ۶۹ سانتی متر و سطح ۰.۴۸ متر مربع برای سلول خورشیدی توان لازم برای استفاده آن در تامین انرژی روشنایی می باشد. در این پژوهش مدل به صورت پروتوتایپ ساخته شده و با نتایج CFD انجام شده مقایسه شده که نتایج قابل قبولی مشاهده شده است. [۴]



شکل ۳- ترکیب توربین بادی ساوینوس و سلول خورشیدی جهت روشنایی بزرگراهها

چانگ و همکاران با استفاده از ترکیب توربین بادی ساوینوس و سلول خورشیدی، سیستمی برای تامین انرژی الکتریکی و همچنین جمع آوری آب باران طراحی و ساخته اند.



شکل ۴- بادگیر خورشیدی ساخته شده توسط چانگ

روش تحقیق

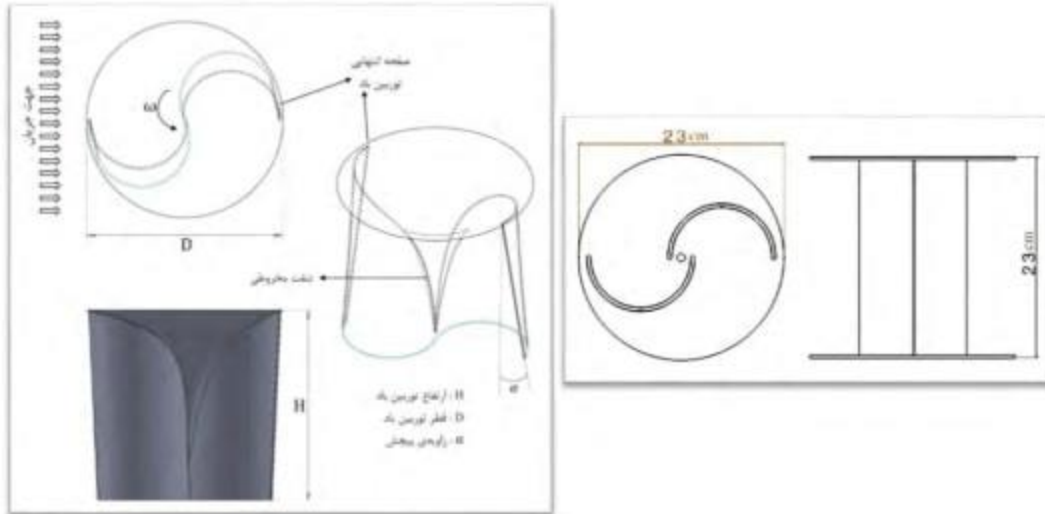
به منظور مدل‌سازی بادگیر خورشیدی با الهام از بادگیرهای سنتی ایران، هندسه توربین بادی ساوینوس و پنل خورشیدی، این مجموعه در نرم افزار CATIA به صورت سه بعدی مدل‌سازی شد.

بدنه اصلی این مجموعه با الهام از بادگیرهای هشت وجهی باغ دولت آباد یزد ساخته شده است. این امر سبب جذب حداکثری باد در داخل بادگیر می‌شود که سبب افزایش راندمان توان تولیدی توربین باد و افزایش دبی جریان خروجی باد می‌شود.



شکل ۵- مدل‌سازی بادگیر خورشیدی با الهام از بادگیر سنتی باغ دولت آباد یزد

برای این مجموعه دو توربین ساوینوسی انتخاب شده است که این دو توربین هر یک ویژگی‌های خاص خود را به همراه دارد. توربین اول یک توربین بادی ساوینوسی ساده با دو انتهای بسته و با مقداری همپوشانی در قسمت پره‌ها می‌باشد و توربین دوم یک توربین با شفت مخروطی در مرکز و پره‌های پیچش داده شده که هدف از این مهم افزایش راندمان توربین و هدایت جریان خروجی به سمت کانال و تهویه طبیعی می‌باشد.



شکل ۶- توربین بادی ساوینوس. سمت راست) توربین ساوینوس ساده با دو انتهای بسته سمت چپ) توربین ساوینوس پیچش خورد شده

علاوه بر توربین ساوینوسی مورد استفاده، بخش خورشیدی این مجموعه شامل یک پنل فتوولتاییک ۱۰ وات به همراه یک شارژ کنترلر و باتری ۴۵۰۰ میلی آمپر می باشد. که جمعاً توان خروجی این بادگیر خورشیدی را به ۱۷ وات می‌رساند.

فرایند ساخت توربین بوسیله پرینتر سه بعدی

در ساخت این مجموعه از **پرینتر سه بعدی و لیزر کات** استفاده شده است. در پرینتر سه بعدی جای استفاده از لیزر از یک منبع حرارتی در نازل استفاده می‌شود. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود مواد ترموپلاستیک به صورت رشته‌ای به وسیله دو غلتک به سمت نازل حرکت می‌کند.

در نازل المنت‌های حرارتی وجود دارد که باعث میشود رشته‌های پلاستیکی به صورت نیمه مذاب تبدیل شود و به خاطر فشاری که از سوی غلتک‌ها وارد می‌شود، از نازل خارج می‌شود و لایه اول را بر روی پلتفرم می‌سازد.

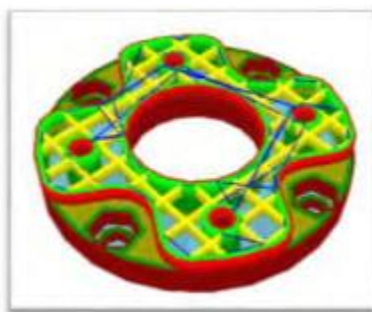
پس از آن پلتفرم به اندازه ضخامت لایه پایین رفته و لایه بعدی ساخته می‌شود و این کار ادامه می‌یابد تا قطعه کامل شود.



شکل ۷- نحوه ذوب مواد و لایه سازی قطعه در حال پرینت

۳.۱- محفظه بلبرینگ

این قطعه وظیفه نگهداری بلبرینگ شفت توربین را دارد. این قطعه یکی بر روی صفحه تحتانی و یکی بر روی صفحه فوقانی نصب می‌گردد و بلبرینگ را در خود جای میدهد.



شکل ۸- نمای داخلی محفظه بلبرینگ ساخته شده توسط پرینتر ۳ بعدی

۳.۲- تابلو کنترل

این تابلو در واقع کنترل این سیستم را بر عهده دارد. سویچ‌های تعبیه شده مدار را راه‌اندازی و یا خاموش می‌کند.



شکل ۹- نمای داخلی تابلو کنترل ساخته شده توسط پرینتر ۳ بعدی

3.3-توربین

دو توربین ساوینوسی ساده و پیچش خورده شده توسط پرینتر ۳ بعدی ساخته شده است. این دو توربین قلب تپنده بخش بادی این سیستم می‌باشد. این سیستم قابلیت جایگزینی هر نوع توربین بادی محور عمودی را در خود دارد.



شکل ۱۰- روند طراحی و ساخت توربین بادی ساوینوس پیچش خورده شده



شکل ۱۱- نمای داخلی توربین بادی ساوینوس، سمت راست: ساده، سمت چپ: پیچش خورده شده، ساخته شده توسط پرینتر سه بعدی

3.4-پایه رابط ژنراتور

این قطعه نگهدارنده ژنراتور کوپل شده به توربین می‌باشد.



شکل ۱۲- نمای داخلی پایه رابط ژنراتور ساخته شده توسط پرینتر ۳ بعدی

ردیف	شرح	زمان پرینت	وزن قطعه	طول فیلامنت	سرعت پرینت
۱	توربین نیم دایره	۱۶ ساعت و ۵۷ دقیقه	۲۸۸ گرم	۹۶٫۵۲ متر	۴۰ میلیمتر بر ثانیه
۲	توربین پیچش خورده	۳۸ ساعت و ۳۷ دقیقه	۶۳۲ گرم	۲۱۱٫۷۸ متر	۴۰ میلیمتر بر ثانیه
۳	محفظه بلبرینگ	۴۷ دقیقه	۱۳ گرم	۴٫۲۱ متر	۴۰ میلیمتر بر ثانیه
۴	تابلو کنترل	۴ ساعت و ۴ دقیقه	۶۸ گرم	۲۲٫۶۵ متر	۴۰ میلیمتر بر ثانیه
۵	پایه رابط ژنراتور	۲ ساعت و ۱۵ دقیقه	۳۷ گرم	۱۲٫۵۵ متر	۴۰ میلیمتر بر ثانیه
	جمع کل	۶۲ ساعت و ۴۰ دقیقه	۱۰۳۸ گرم	۳۴۷٫۷۱ متر	-

جدول ۱- جزئیات قطعات ساخته شده با پرینتر ۳ بعدی



شکل ۱۳- مدل بادگیر خورشیدی

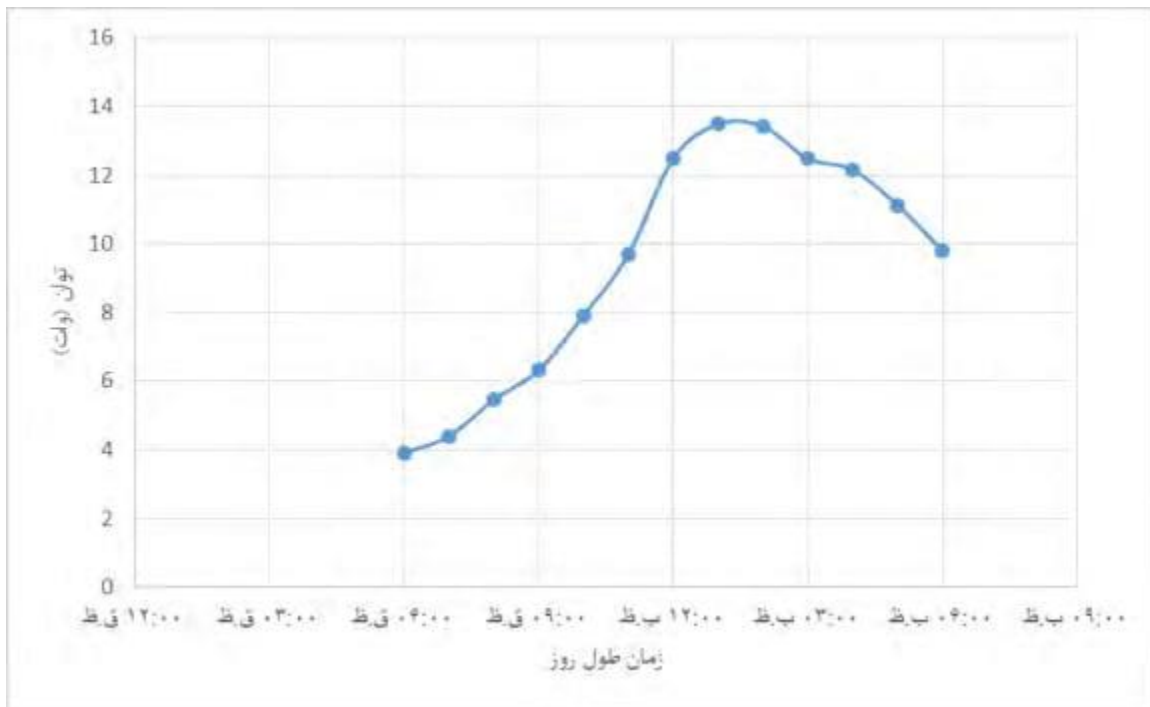
>> بیشتر بدانید: [پرینت سه بعدی فلز](#)

نتایج آزمایشگاهی تولید توربین با پرینتر سه بعدی

نتایج آزمایشگاهی این بخش به دو بخش بادی و خورشیدی تقسیم می‌شوند. این نتایج در آزمایشگاه و با وسایل اندازه گیری ولتاژ، جریان و سرعت باد انجام شده است. این نتایج به پیش‌بینی‌های اولیه بسیار نزدیک بوده و در چنین ابعادی این نتایج بسیار قابل قبول و کاربردی می‌باشد.

4.1- تست پنل خورشیدی

پنل خورشیدی در یک روز در یک بازه زمانی ۱۲ ساعته بررسی شد. هر ساعت مقدار ولتاژ و جریان اندازه‌گیری شده و با حاصلضرب این دو مقادیر توان خروجی پنل مشخص می‌شود. محل تست در شهر کرج و با مختصات جغرافیایی 09793,50E و 8433,35N می‌باشد. ارتفاع از سطح دریا نیز ۱۳۶۶ متر می‌باشد. پایه پنل خورشیدی نیز با عرض جغرافیایی منطقه یکسان در نظر گرفته شده است.

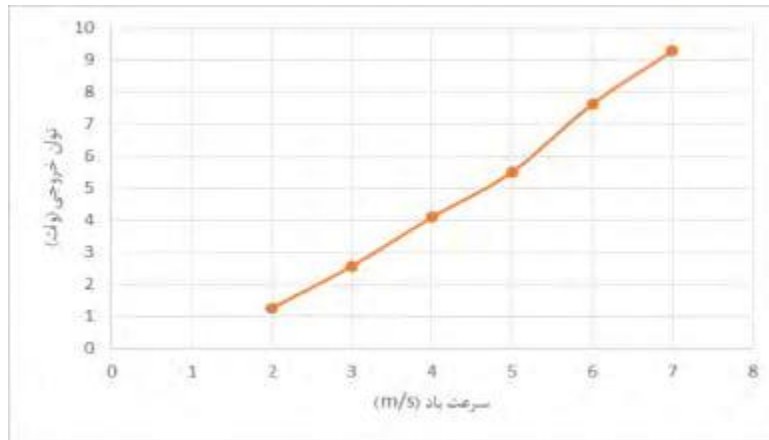


شکل ۱۴ - نمودار توان خروجی پنل خورشیدی

همانطور که مشخص شده است در ساعت ۱۳ بیشترین توان را دارد که این مقدار برابر 13.5 وات می‌باشد. همچنین میانگین توان خروجی این پنل در روز برابر 9.43 وات می‌باشد. این مقدار مستقیماً به جهت قرارگیری پنل وابسته است. تمامی این مقادیر در جهت عمود بر تابش خورشید اندازه‌گیری شده است.

4.2- تست توربین بادی

توربین‌های بادی این مجموعه نیز توسط یک فن با قدرت ۳ کیلووات مورد تست و ارزیابی قرار گرفت. کمترین سرعت بادی که این توربین‌ها شروع به حرکت کرده و تولید توان می‌کند برابر ۲ متر بر ثانیه می‌باشد. خروجی ژنراتور توسط یک پل دیود کنترل می‌شود که همواره جریان مستقیم و ثابت را به ما بدهد.



شکل ۱۵- نمودار توان خروجی توربین بادی ساوینوس

این دو توربین به دلیل اینکه از نظر اندازه تقریباً یکسان و سرعت باد آزمایش کم بود، تقریباً تفاوتی در توان تولیدی مشاهده نشد و تقریباً با یکدیگر برابر بوده است. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، هر چه سرعت باد بیشتر باشد، توان خروجی سیستم نیز تقریباً به صورت خطی افزایش پیدا می‌کند.

این مهم یکی از مزیت‌های مهم توربین ساوینوس می‌باشد که با کمترین سرعت باد شروع به کار کرده و تولید توان می‌کند و هرچه سرعت باد بیشتر شود توان خروجی نیز بیشتر می‌شود.

جمع بندی و نتیجه گیری

این سیستم با طراحی منحصر به فرد خود می‌تواند به صورت گسترده به عنوان یک نیروگاه تولید پراکنده به همراه بهره‌گیری از تهویه طبیعی مطرح شود و همچنین مزارع بادی و خورشیدی را به صورت کلان در کشور عزیزمان اجرایی نمود.

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد با عنوان ساخت و تحلیل عملکرد بادگیر خورشیدی به عنوان یک سیستم هیبریدی تولید برق می‌باشد که با حمایت دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز انجام شده است.

ارائه شده در کنفرانس ملی دانش و فناوری | مهندسی برق، کامپیوتر. مکانیک ایران

<https://civilica.com/doc/595232/>

Keywords: 3d printing, photovoltaic cell , Solar cell, 3d Wind turbine, 3d printer

Sources

1. Bashar, M. M. Computational and Experimental Study on Vertical Axis Wind Turbine in Search for an Efficient Design Bach, Von G., 1931, “Vutersuchungen Uber Savonius Rotoren und Verwandte Stromungsmaschinen”, Forsh. Auf dem Gebiete des Ingenierwesens, Vol. 2, pp.218-231 (in German).
2. سازمان انرژی نو ایران، انرژی خورشیدی
3. Savonius, S. J. (1931). The S rotor and its application. *Mechanical Engineering*, 53, 333-338.
4. Reid A. Berdanier. (2013). Integrating Vertical-Axis Wind Turbines and Photovoltaic Solar Cells to Power a Self-sustaining Outdoor Light Source.
5. Morshed, K. N. (2010). Experimental and numerical investigations on aerodynamic characteristics of Savonius wind turbine with various overlap ratios.
6. Shepherd, D. G. (1990). Historical Development of the windmill. National Aeronautics and space Administration office of management.
7. Wulff, H. E., (1966). The traditional crafts of Persia, their development, technology and influence on eastern and western civilization. MIT press. 284-289
8. Savonius, S. J. (1931). The S rotor and its application. *Mechanical Engineering*, 53, 333-338.
9. Hikkaduwa Vithanage, A. (2012). Design and Performance Analysis of Pitched-Plate Vertical Axis Turbine for Domestic Power Generation.
10. Maamar Laidi. (2012). Study of a Solar PV-Wind-Battery Hybrid Power System for a Remotely Located Region in the Southern Algerian Sahara: Case of Refrigeration. *Journal of Technology Innovations in Renewable Energy*, 1, 30-38.
11. Sabzevari, A., 1978, “Power Augmentation in a Ducted Savonius Rotor”, International Symposium of Wind Energy Systems, BHRA, Amsterdam, Netherland, Vol. 1, pp. F3 25-34.
12. Ugur FESLI. (2012) Design and Implementation of a Domestic Solar-Wind Hybrid Energy System.
13. R. Gupta. (2006). Experimental Study of A Savonius-Darrieus Wind Machine. Proceedings of the International Conference on Renewable Energy for Developing Countries.
14. Bassett K et al. 3D printed wind turbines part 1: Design considerations and rapid manufacture potential. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* (2015).