Journalof Farayandno – Vol. 19 – No.85 (2024): 58-73

Review Article

DOI: 10.22034/farayandno.2024.2014657.1943

This journal is an open access journal licensed under an Attribution-Non Commercial 4.0 International Licenses (CC BY-NC 4.0).

Simulation of solar power plant for the electricity consumption of Tabriz Refinery office buildings

Meisam Amirabadi Farahani[1], Somaiyeh Allahyari*[2], Nader Rahemi[2]
[1] Undergraduate student, Chemical Engineering, Sahand University of Technology
[2] Associate Professor, Chemical Engineering Faculty, Sahand University of Technology

Accepted: 5 May 2024 **Received:** 11 Dec 2023

Abstract

In this research, in order to produce at least 20% of the energy consumption of Tabriz Refinery's office buildings through renewable energies, the simulation of a solar power plant connected to the 220 kW grid was investigated with PVsyst software. In this regard, to maximize the amount of output, the effect of moving structures in the above system was investigated. The comparison of movable structures in the east-west direction with structures with a fixed angle and slope showed that the electrical energy produced in movable structures is 25% more and causes 129.8 megawatts of electricity to be injected into the office units per year. As a result, the administrative department of Tabriz Refinery changes from a consumer to a producer. This achievement also prevents the emission of 8,247.7 tons of carbon dioxide over 30 years, which is a positive move in the direction of reducing greenhouse gas production and sustainable development.

Keyword: Simulation of Solar Power Plant, Tabriz Refinery, Type of Structure

* allahyari@sut.ac.ir

Please Cite This Article Using:

Amirabadi Farahani, M., Allahyari, S., Rahemi, N., "Simulation of solar power plant for the electricity consumption of Tabriz Refinery office buildings", Journal of Farayandno – Vol. 19 – No. 85, pp. 58-73, In Persian, (2024).

مقاله ترویجی

DOI: 10.22034/farayandno.2024.2014657.1943

This journal is an open access journal licensed under an Attribution-Non Commercial 4.0 International Licenses (CC BY-NC 4.0).

شبیه سازی نیروگاه خورشیدی برای مصارف برق ساختمان‌های اداری

میثم امیرآبادی فراهانی[1]، سمیه اللهیاری[2*]، نادر راحمی [2]

[1] دانشجوی کارشناسی، مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی سهند

[2] دانشیار، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی سهند

دریافت: 1402/09/20 پذیرش: 1403/02/16

چکیده

در این پژوهش در راستای تولید حداقل 20 درصد از انرژی مصرفی ساختمان های اداری پالایشگاه تبریز از طریق انرژی‌های تجدید پذیر، شبیه‌سازی یک نیروگاه خورشیدی متصل به شبکه 220 کیلووات با نرم افزار PVsyst بررسی شد. دراین راستا برای بیشینه کردن میزان خروجی، تاثیر سازه‌های متحرک در سیستم فوق مورد بررسی قرار گرفت. مقایسه سازه‌های متحرک در راستای شرق-غرب با سازه‌های با شیب و زاویه ثابت نشان داد، انرژی الکتریکی تولید شده در سازه‌های متحرک ٪25 بیشتر بوده و سبب تزریق 129/8 مگاوات برق بیشتر در سال به واحد اداری می‌شود که در نتیجه بخش اداری پالایشگاه تبریز را از مصرف کننده به تولید کننده تغییر می‌دهد. این دستاورد همچنین موجب جلوگیری از انتشار 8247/7 تن دی اکسید کربن در طول 30 سال می‌شود که حرکتی مثبت در جهت کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای و توسعه پایدار می‌باشد.

کلمات کلیدی: شبیه سازی نیروگاه خورشیدی، پالایشگاه تبریز، نوع سازه

allahyari@sut.ac.ir

استناد به مقاله:

امیرآبادی فراهانی، م.، اللهیاری، س.، راحمی، ت.، "شبیه‌سازی نیروگاه خورشیدی برای مصارف برق ساختمان‌های اداری"، نشریه فرآیندنو، سال نوزدهم، شماره 85، صص.73-58، (بهار1403).

1- مقدمه

شرکت پالایش نفت تبریز در سال 1353 طراحی و پس از اتمام مراحل احداث در بهمن سال 1356 با ظرفیت اسمی 80000 بشکه در روز راه اندازی شد سپس با تلاش کارشناسان متخصص، ظرفیت تولید در سال 1371به 110000 بشکه در روز افزایش یافت. طی سالهای 1392 و 1397 پالایشگاه تبریز از پروژه های واحد تولید بنزین یورو4 و واحد تولیدگازوییل یورو5 بهره برداری کرد. [1]

شرکت پالایش نفت تبریز هم اکنون سهم حدود 7 درصدی از توان تصفیه نفت خام کل کشور را با تبدیل به فرآورده های اصلی و ویژه به خود اختصاص داده و تأمین بخشی از سوخت مایع مورد نیاز شمال غرب کشور (استان های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، زنجان و کردستان) را برعهده دارد. [2]

باتوجه به روند و مسیر پیشرفت پالایشگاه تبریز مشاهده می‌شود استراتژی و آرمان این پالایشگاه در راستای بروز بودن و اختصاص بخش بزرگی از سود خالص بدست آمده برای سرمایه گذاری در بخش‌های مختلف می‌باشد.

روز به روز، جهان در حال گسترش سبد انرژی، با افزودن منابع پاک[1] به چرخه مصرف میباشد. بنابراین پالایشگاه تبریز می‌تواند با سرمایه گذاری از طریق سود خالص بدست آمده در زمینه انرژیهای تجدید پذیر باعث کاهش تولید آلاینده‌های محیط زیستی شود و از سیاست های انرژی جهانی که هر روزه در حال بروز شدن و سبز شدن می‌باشد، عقب نماند.

در تاریخ 1395/06/28 طبق مصوبه هیات وزیران قانونی تحت شماره ابلاغیه هـ51904ت/78250 در خصوص تامین حداقل بیست درصد از انرژی مصرفی مورد نیاز ساختمان های اداری از محل انرژی های تجدیدپذیر تصویب شد. از طرفی قانون دیگری مبنی بر اینکه پنج درصد تخفیف شرکت های پالایشی به شرطی تامین می‌شود که 40 درصد سود خالص خود را به پروژه های در دست اجرا اختصاص دهند، در مجلس شورای اسلامی به تصویب رسید. [2]

طبق قوانین فوق،پالایشگاه تبریز می‌تواند بااحداث نیروگاه خورشیدی در بخش کوچکی از مساحت 200 هکتاری خود[1]، هم بخش اعظمی از برق مصرفی ساختمان اداری خود را تولید کند هم باعث آغاز پروژه هایی بر پایه انرژی‌های تجدیدپذیر با استفاده از منابع تمام نشدنی شود.

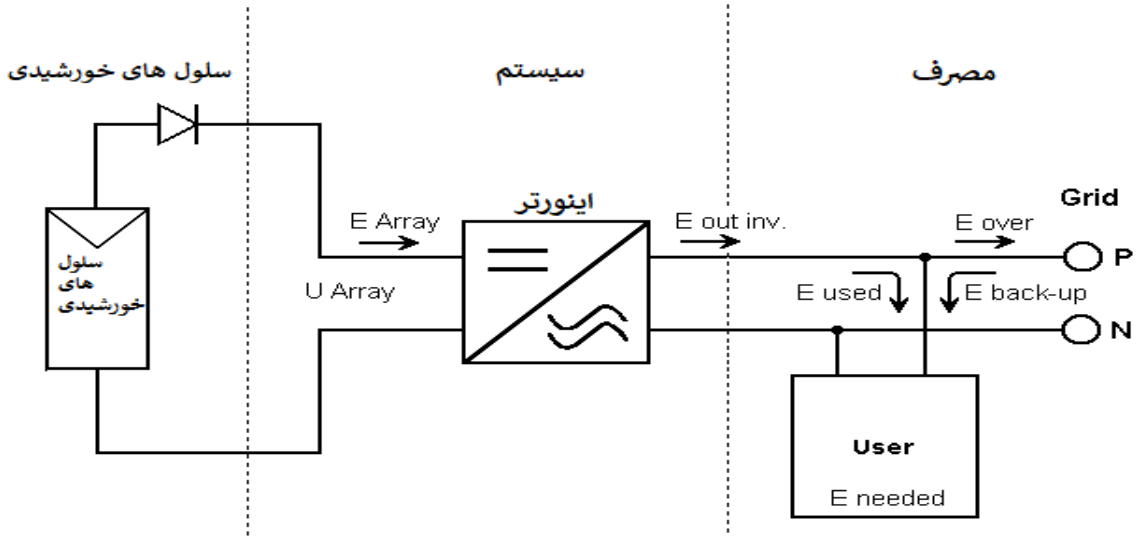
همچین قابل ذکر است، بخش اداری پالایشگاه تبریز فاقد شیفت شب می‌باشد بنابراین انتخاب سیستم خورشیدی فاقد منابع ذخیره سازی انرژی یا به عبارت دیگر سیستم خورشیدی متصل به شبکه که بازه فعالیتشان از زمان طلوع تا غروب خورشید است، مناسب می‌باشد. در این پژوهش با انتخاب سیستم خورشیدی متصل به شبکه بجای سیستمهای منفصل از شبکه[2] علاوه بر اینکه هزینه های اولیه (درسیستم‌های منفصل از شبکه بدلیل اینکه ارتباطی با شبکه اصلی برق وجود ندارد، برای ذخیره انرژی مازاد از باتری استفاده می‌شود که بخش عظیمی از سرمایه اولیه را در برمی‌گیرد و علاوه بر این دارای شرایط نگهداری خاص است، کاهش داده می‌شود، شرایط نگهداری و تعمیرات نیز آسان می‌گردد.

1-مفاهیم و تعاریف

1-2- نیروگاه خورشیدی

[1] Renewable energy
[2] Off-Grid Solar System

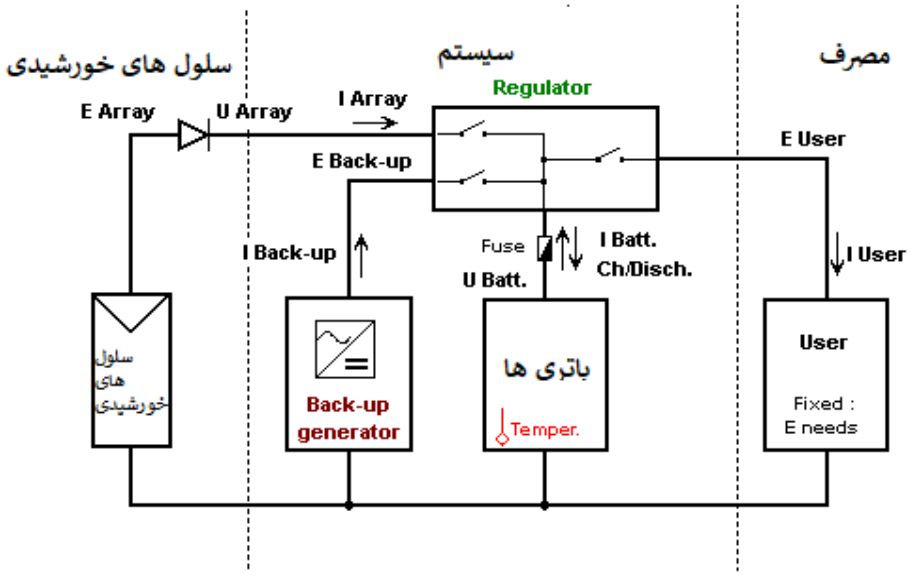
نیروگاه خورشیدی[3] کارآمدترین و پاک‌ترین منبع انرژی است. یک نیروگاه خورشیدی از نور خورشید برای تامین انرژی استفاده می کند[3]. از آنجایی که نور خورشید فراوان و قابل تجدید است، می توان از آن برای تامین برق خانه و محل کسب و کار استفاده کرد. مزیت اصلی استفاده از این نوع انرژی های تجدیدپذیر این است که سبب انتشار آلاینده‌های مضر در محیط زیست نمی‌شود. علاوه بر این، نکته مثبت نیروگاه‌های خورشیدی این است که، می‌توان از هر زمینی که نورخورشید را دریافت می‌کند به عنوان سایتی برای ساخت نیروگاه انرژی خورشیدی استفاده کرد.
سیستم خورشیدی متصل به شبکه[4]، به شبکه اصلی برق متصل است. اگر سیستم خورشیدی با توجه به نیازهای مختلف، انرژی کمتر یا بیش از حد تولید کند، تحت پوشش قرار می‌گیرید. در این نوع از نیروگاه‌های خورشیدی سیستم شهری (شبکه اصلی) به عنوان فضای باتری عمل می‌کند. اگر سیستم انرژی بیشتری نسبت به آنچه استفاده می‌کند تولید کند، انرژی اضافی به شبکه اصلی برق تزریق می‌شود و این امکان را می‌دهد تا اعتباری را در پایان سال ایجاد کند. عدم استفاده از باتری از بزرگترین مزایای این سیستم می‌باشد زیرا برای ذخیره انرژی اضافی به سیستم پشتیبان باتری نیازی ندارد.



شکل1-شماتیک کلی نیروگاه خورشیدی متصل به شبکه[5]

سیستم منفصل از شبکه بدین معنی است که شما به هیچ وجه به سیستم شبکه اصلی برق خود متصل نیستید. در این نوع از سیستم های خورشیدی باید بر اساس میزان نیاز به انرژی الکتریکی، نیروگاه را با دقت طراحی کرد تا پاسخگوی نیاز مصرف کننده باشد اما با این حال، معایبی نیز وجود دارد زیرا سیستم‌های منفصل از شبکه شما را ملزم به خرید باتری پشتیبان می‌کنند که می‌تواند گران، حجیم و سازگار با محیط‌زیست نباشد که هدف از استفاده از انرژی خورشیدی (صرفه‌جویی در هزینه و زندگی سبزتر) را از بین می‌برد[6].

[3] Solar Power Plant
[4] On-Grid Solar System



شکل2-شماتیک کلی نیروگاه خورشیدی منفصل از شبکه[5]

2-2- سازه

سازه[5]های نیروگاه‌های خورشیدی در واقع صفحاتی هستند که پنل‌های خورشیدی بر روی آنها نصب و تحت زاویه‌ای مشخص یا متغیر رو به آسمان قرار می‌گیرند[3]. سازه‌های نیروگاه خورشیدی از مهمترین تجهیزات زیر ساختی سیستم های خورشیدی می‌باشد چرا که استحکام، ماندگاری و نیز دقت زاویه از سطح زمین در سیستم‌های خورشیدی بسیار مهم می‌باشد. سازه استراکچر خورشیدی باید شامل فولاد گالوانیزه، پیچ و مهره ای، مقاوم در برابر باد و مقاوم در برابر بارهای استاتیکی باشد. دوام و جنس استراکچر از اهمیت بالایی برخوردار است زیرا باید پنل خورشیدی را تحت رطوبت و وزش باد با سرعت بالا تا حدود 120 کیلومتر در ساعت نیز حفظ نماید.

سازه در بازده و راندمان نیروگاه بسیار اهمیت دارد به طوریکه اگر سازه در سیستم اصولی نباشد، بعد از چند سال پنلها تغییرزاویه داده و راندمان نیروگاه را کاهش می‌دهند.

2-2-1- سازه‌های ثابت

این سازه با توجه به زاویه بهینه و مناسب سالانه، طراحی و ساخته می‌شود و امکان تغییر زاویه در آن وجود ندارد. این سازه برای انواع نیروگاه‌های خورشیدی استفاده می‌شود. در این روش ابتدا بهترین موقعیت قرارگیری را برای پنل‌ها مشخص شده و سپس پایه‌ها در مکان مورد نظر، بصورت ثابت و بدون قابلیت تنظیم مجدد نصب می‌شوند.

2-2-2-سازه های متحرک

این روش خود به دو حالت تک محوره و دو محوره انجام می‌پذیرد. در حالت تک محوره حرکت افقی از شرق به غرب است، ولی در حالت دو محوره حرکت علاوه بر شرق به غرب، به صورت بالا به پایین نیز انجام می‌پذیرد. بدین صورت

[5] Structure

که در هر زمان بهترین حالت قرارگیری صفحات خورشیدی محاسبه شده و استراکچرها بسته به محور قابل تغییرشان بصورت اتوماتیک در بهترین موقعیت، قرار می‌گیرند.

3-احداث نیروگاه

برای بررسی نیروگاه خورشیدی تامین کننده حداقل 20 درصد از برق مصرفی پالایشگاه تبریز ابتدا احداث نیروگاه مدنظر را بررسی می‌کنیم.

نیروگاه خورشیدی دارای ظرفیت 220 کیلوواتی می‌باشد. از مهمترین عوامل موثر در افزایش راندمان نیروگاه‌های خورشیدی، استفاده از تجهیزاتی است که بتوانند بصورت مکمل یکدیگر، نقش ایفا کنند و باعث ضغف عملکرد یکدیگر نشوند[4].

دلیل اینکه بخش اداری پالایشگاه تبریز روزکار می‌باشد و مصرف برق در طول شب با افت فاحشی کاهش می‌یابد، در شبیه‌سازی نیروگاه، نیازی به استفاده از باتری برای ذخیره‌سازی انرژی و تزریق انرژی در شب وجود ندارد، بنابراین نیروگاه شبیه‌سازی شده باید از نوع متصل به شبکه باشد که بتواند در مواقعی که میزان انرژی تولیدی از انرژی مصرفی بیشتر است انرژی مازاد را به شبکه اصلی تزریق کند.

همچنین قابل ذکر است برای بهینه سازی وکاهش مصرف انرژی باید نصب پنجره های دو جداره، استفاده از لامپ‌های کم‌مصرف، عایق‌کاری دیوارهای خارجی و سقف ساختمان‌های جدید، نصب سیستم هوشمند کنترل دما، نصب پنجره-های دو جداره، با هدف بهینه‌سازی مصرف انرژی در بخش عملیات غیر صنعتی پالایشگاه تبریز، انجام بگیرد تا بتوان به شعار اصلاح الگوی مصرف و سبزکردن سبد انرژی جامه عمل پوشاند.

3-شرایط محیطی نیروگاه

نیروگاه طراحی شده نیازمند مکانی به مساحت 1429متر مربع می‌باشد[4]، به دلیل اینکه این مکان در محوطه پالایشگاه تبریز و در نزدیکی واحد ها قرار می‌گیرد، در محیط بیابانی در معرض گرد و خاک و عوامل کثیف کننده می‌باشد که منجر به کاهش توان تولیدی و افزایش تلفات می‌شود اما چون این نیروگاه در نزدیکی واحد اداری می‌باشد، امکان تمیز کردن صفحات پنل و از بین بردن گرد و خاک وجود دارد.

	دما ℃	سرعت باد m/s	رطوبت %
January	1.8	3.58	84.1
February	2.5	2.97	78.8
March	7.6	3.73	76.3
April	13.4	4.29	64.9
May	19.3	3.70	58.6
June	25.1	4.06	47.8
July	28.3	6.15	38.0
August	28.8	4.98	36.1
September	24.6	3.77	40.4
October	18.2	3.25	59.3
November	8.9	3.02	61.9
December	4.4	2.84	69.2
Year	**15.2**	**3.9**	**59.6**

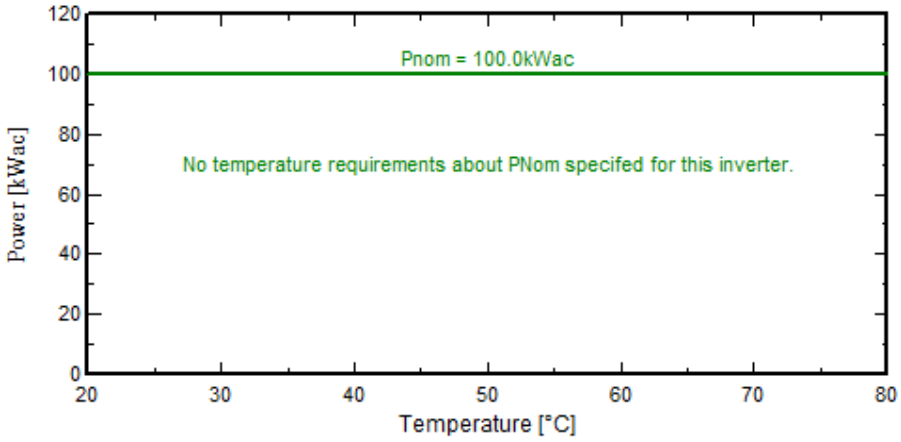
شکل3-داده های مربوط به شرایط محیطی نیروگاه مورد مطالعه[5]

طبق شکل 3، متوسط دمای سالانه محیط مورد نظر،15/2 درجه سلسیوس می‌باشد که در دامنه بیشینه عملکرد پنل‌های مدل YL250P-29b YINGLI SOLAR که 12 تا 36 درجه سلسیوس می‌باشد[5] قرار دارد. از طرفی به دلیل اینکه محیط پالایشگاه محیطی پر از غبار می‌باشد، پایین بودن رطوبت باعث جلوگیری از بوجود امدن لایه‌ای از گرد مرطوب بر روی پنل‌ها می‌شود که تا حد زیادی می‌توانند در راندمان سیستم تاثیر بگذارند.

دو پایه اصلی تشکیل‌دهنده نیروگاه‌های خورشیدی متصل به شبکه، پنل‌های خورشیدی و اینورتر[6] می‌باشد.

در این پروژه برای تامین ظرفیت 220 کیلوواتی نیروگاه، 880 عدد پنل خورشیدی 250 وات مورد استفاده قرارمی-گیرد، همچنین برای تبدیل برق مستقیم[7] بدست آمده از طریق پنل‌های خورشیدی به برق متناوب[8] با ولتاژ مدنظر، از وسیله‌ای به نام اینورتر استفاده می‌شود. در این پروژه دو عدد اینورتر 100 کیلوواتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. پنل مورد استفاده در این پژوهش از برند YINGLI SOLAR مدلYL250P-29b و اینورتر مورد استفاده از برند GROWATT مدل Growatt CP100 می‌باشد[5]. برند Growatt بدلیل اینکه محصولاتش را برای این منطقه می-سازد، تغییرات دمایی که در طول فصول مختلف بدست می‌آید را در ساخت و عملکرد تجهیزات لحاظ می‌کند، بنابراین اینورتر فوق سازگار با محیط و شرایط مکانی ایران می‌باشد.

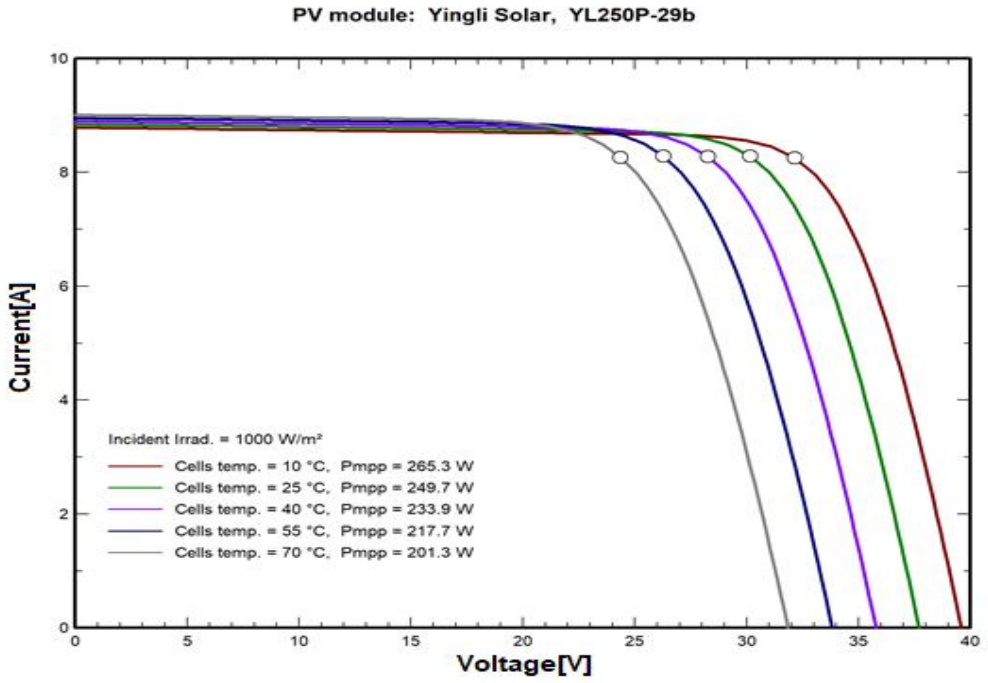
[6] Inverter
[7] Direct Current
[8] Alternating Current



شکل4-تاثیر دما در رفتار اینورتر مورد استفاده[5]

طبق شکل 4، مشاهده می‌شود که اینورتر مورد استفاده افت بیشینه توان تزریقی در دماهای مختلف را ندارد، به این دلیل که این مدل برای منطقه خاورمیانه تولیده شده و شرایط این مناطق در طراحی شرکت سازنده مورد نظر واقع شده است.

دما یکی از عواملی است که می‌تواند در بازده نیروگاه خورشیدی تاثیر محسوس داشته باشد، پنل های خورشیدی اکثرا در دمای 25 درجه سانتیگراد بهترین عملکرد را نشان می‌دهند[9]. دیگر تغییرات دمایی در هر نوع پنلی تاثیر می‌گذارد، برای مثال تاثیر دما در اختلاف پتانسیل-شدت جریان، در شکل5 مشاهده می‌شود.



شکل5-تاثیر دما بر پارامتر های موثر پنل خورشیدی مورد استفاده[5]

طبق شکل5، مشاهده می‌شود که، هرچه دمای سلول افزایش پیدا کند، ولتاژ تولیدی پنل افت خواهد کرد و برعکس.

شکل شماره 5، منحنی ولتاژ-جریان پنل مورد استفاده را با فرض شدت تابش ثابت در دماهای سلول مختلف نشان می‌دهد. پر واضح است که، افزایش دما تاثیر کمتری بر جریان تولیدی دارد. قابل ذکر است، همانطور که ولتاژ تولیدی پنل تاثیر پذیری زیادی از دمای سلول دارد، شدت جریان تولیدی نیز تاثیر پذیری زیادی از شدت تابش خورشیدی دارد. و این دو مفهوم یکسان نمی باشد.[7]

برخلاف تصور عموم مبنی بر اینکه هرچقدر دمای سلول افزایش پیدا کند، بازده پنل خورشیدی نیز افزایش پیدا می‌کند، افزایش دما تاثیر منفی در بازده پنل‌ها خورشیدی دارد. به عبارت دیگر پنل‌های خورشیدی از طریق نور دریافتی از طرف خورشیدی تولید انرژی می‌کنند.[7]

به دلیل اینکه سلول‌های خورشیدی از مواد نیمه هادی ساخته می‌شوند و نیمه هادی‌ها به تغییرات دما حساسیت نشان می‌دهند. این حساسیت تاثیرش را در کاهش ولتاژ تولیدی نشان می‌دهد. (تغییرات دما تاثیرکمتری بر تغییرات جریان می‌گذارد) کاهش ولتاژ باعث کاهش توان تولیدی می‌شود و در نتیجه بازده پنل کاهش می‌یابد.[8]

4-سایه اندازی

به دلیل قرارگیری پنل‌های در سطح سازه متحرک، سایه اندازی مرسوم پل‌های به پنل‌های پشتی دیگر وجود ندارد. علاوه بر این به دلیل عدم کمبود فضا، شبیه‌سازی در محیطی عاری از اشیای طبیعی و مصنوعی که توانایی سایه‌اندازی بر روی پنل‌ها دارند، انجام داد شده است.

با یک شبیه‌سازی ایده آل و با کمینه‌کردن تلفات ناشی از سایه اندازی، میزان تلفات ناشی از سایه اندازی سازه‌ها در هنگام حرکت به 3/2 – 5/8 درصد از توان تولیدی در زمان‌های مختلف شده است.[5]

5-سازه طراحی شده

در طراحی نیروگاه‌های خورشیدی، همواره پنل‌ها در یک ساختار منظم به صورت سری و موازی[9] به یکدیگر اتصال داده می‌شوند که در نتیجه این مجموعه‌ها برحسب نوع طراحی با در نظر گرفتن قابلیت‌های اینورتر، مسایل سایه-اندازی[10] و ... در یک ساختار به نام سازه کنار یکدیگر قرار می‌گیرند.

به عبارت دیگر، سازه صفحه‌ای است که پنل‌ها بر روی آن قرار می‌گیرند که در یک زاویه بهینه بتوانند بیشینه نور انرژی خورشیدی را دریافت کنند.

زاویه تابش خورشید، از مهمترین مولفه ها در افزایش راندمان[11] نیروگاه های خورشیدی می‌باشد [4] برای افزایش توان تولیدی پنل‌ها، باید زاویه تابش نور خورشید عمود بر سلول‌های باشد، تا بیشترین انرژی توسط پنل های خورشیدی جذب شود. با عمود نگه داشتن پنل، نور خورشید بیشتری به پنل خورشیدی برخورد می کند و نور کمتری منعکس می‌شود و انرژی بیشتری جذب می شود[9]. در صورتیکه زاویه تابش پنل‌های یک نیروگاه خورشیدی با حرکت زمین و مکان قرار گیری خورشید در آسمان مناسب نباشد، راندمان پنل ها و در کل بازده نیروگاه خورشیدی

[9] Parallel
[10] Shading
[11] Performance Ratio

کاهش خواهد یافت. از طرفی بدلیل حرکت زمین در هر ثانیه از روز امکان تابش عمودی نور خورشید بر پنل ها وجو ندارد، تنها در یک‌صورت می‌توان این امر مهم را میسر ساخت، یا باید موقعیت مکانی خورشید را دایما تغییر داد یا سازه پنل ها را به گونه ای طراحی کرد که بتوانند در هر لحظه در معرض نور عمودی تابشی خورشید باشند.[10] به دلیل اینکه نمی‌توان خورشید را به دلخواه حرکت داد، بنابراین برای بیشینه‌کردن راندمان و توان تولیدی باید سیستمی را طراحی کرد که پنل‌ها بتوانند در هر لحظه موقعیت مکانی خورشید در آسمان را تشخیص داده و با حرکت، خود را در معرض نور تابشی عمودی قرار دهند.

1-5-تاثیر نوع سازه

در شبیه سازی نیروگاه‌های خورشیدی برای طراحی سازه پنل‌های خورشیدی بطور کلی می‌توان از دو نوع سازه ثابت و سازه متحرک استفاده کرد.

سازه‌های ثابت در یک زاویه بهینه[12] ثابت سازی می‌شوند و در طول ماه‌ها و فصل‌های مختلف بدون کوچکترین تغییر زاویه‌ای به کارکردشان ادامه می‌دهند. مبنای این طراحی زاویه تابش خورشید در فصل زمستان می‌باشد که کمترین میزان تابش نور خورشید وجود دارد، توجیه این عمل برای متوقف نکردن فرایند تولید انرژی در طول زمستان است.[11] در حالت مقابل اگر مبنای طراحی زاویه برای فصل تابستان باشد، شاید سیستم در طول تابستان تولید انرژی بیشتری داشته باشد اما در طول زمستان به دلیل کاهش شدت نور تاشی و عدم بهینه بودن زاویه با افت شدید توان تولیدی مواجه می‌شود. [11]

سازه‌های ثابت بدلیل عدم بهره بردن از تجهیزات دوار و مکانیکی نیاز به شرایط نگهداری خاصی نمی‌باشند. اما در مقابل با طراحی سازه‌های متحرک می‌توان توان خروجی نیروگاه را 20 الی 40 درصد افزایش داد.[4]

اگر بخواهیم همواره تابش خورشید بر پنل ما عمود باشد بایستی پنل ما قابلیت چرخش در دو محور شرقی- غربی و شمالی- جنوبی را داشته باشد. سازه های متحرک در حالت کلی به دو دسته سازه متحرک تک محوره و سازه متحرک دو محوره تقسیم می‌شوند[11] . سازه‌ها با چنین توانایی را سازه‌های متحرک با سیستم ردیاب خورشیدی دو محوره می‌نامند. سازه‌های متحرک دو محوره دارای دو درجه آزادی و دو موتور مستقل می‌باشند و هر دو مولفه زاویه و ارتفاع توسط سیستم تنظیم می‌گردد. این نوع ردیاب بازده سیستم را به بیشینه‌ترین حالت ممکن می‌رساند اما به دلیل پیچیدگی مکانیزم سخت افزاری و نرم افزاری کنترلر دو جهته، از نظر هزینه تفاوت چشمگیری نسبت به سازه‌های تک محوره و سازه های ثابت دارد[11] . هچنین به دلیل حرکت دوگانه موتورها برای تنظیم دو مولفه زاویه و ارتفاع پنل‌ها به فضای باز بیشتری در اطراف خود نیاز دارند. با توجه به هزینه سازه، موتور و کنترلر در این نوع سازه‌ها، در مقیاس بزرگ از این نوع سیستم ردیاب در حال حاضر استفاده چندانی نمی‌شود.

سازه‌های متحرک تک محوره دارای یک درجه آزادی و یک موتور جهت تنظیم زاویه پنل هنگام طلوع خورشید از شرق به غرب می‌باشد. زاویه بهینه ارتفاع پنل ها توسط نصب کننده سیستم روی یک مقدار ثابت برای تمام طول سال یا شروع هر فصل یا شروع هر نیمسال یک بار تنظیم می گردد اما پنل‌ها در هر زمانی از روز برای قرار گرفتن در معرض تابش عمودی نور خورشید در حال حرکت و ردیابی نور خورشید می‌باشند[11] .

[12] Optimized

سازه‌های متحرک تک محوره با عملکرد پیوسته، خورشید را به طور پیوسته در هر لحظه از روز تعقیب می‌کند و مستقل از تشعشعات خورشید می‌باشند. مبنای عملکرد این نوع سیستم‌ها بر پایه حرکت وضعی کره زمین یا حرکت ظاهری خورشید که پیوسته، منظم و ثابت است کار می کند[12]. این نوع سیستم‌ها بدلیل اینکه مبنای عملکردشان یک پایه علمی ثابت و غیر قابل تغییر است بدون خطا و با دقت بسیار بالا می‌باشد. از طرفی چون برنامه‌ریزی اشان برای تغییر جهت زاویه پنل‌ها بر اساس حرکت زمین است، حتی اگر روزی خورشید به دلیل پشت ابرها بودن نمایان نشود، می‌توانند تغییر زاویه پنل‌ها را با سرعت حرکت زمین بدقت انجام دهند.

5-2- هم سنجی[13] سازه متحرک و ثابت

طبق بررسی‌های انجام گرفته، باید برای انتخاب سازه مناسب، مقایسه‌ای بین سازه‌های ثابت و سازه متحرک تک محوره در راستای شرق-غرب انجام بگیرد. به این منظور، طبق شرایط کاملا یکسان از نظر مکانی، فنی و تجهیزاتی یکبار شبیه‌سازی نیروگاه خورشیدی 220 کیلووات متصل به شبکه را با استفاده از سازه‌های ثابت انجام داده و یکبار شبیه سازی[14] سیستم فوق را بوسیله سازه های متحرک تک محوره که بازه حرکتشان در راستای شرق-غرب است انجام داده می‌شود.

در این هم سنجی، عوامل موثر در راندمان و میزان خروجی نیروگاه که به عوامل مکانی بستگی دارند (مانند دما،رطوبت و...) برای هر دو سازه ثابت و متحرک تک محوره یکسان می‌باشند[5] . اما دسته ای از عوامل بسیار موثر وجود دارد که با تغییر زاویه پنل ها می‌توانند تاثیر مثبتی بر خروجی و راندمان نیروگاه داشته باشند.

5-2-1- بررسی سازه مورد استفاده

در این پژوهش از استراکچر متحرک تک محوره (محور ایکس یا شرق-غرب) استفاده می‌شود،که سیستم موقعیت یاب خورشیدی این سازه بر مبنای زمان و تاریخ تحت یک سیستم کنترلی حلقه بسته کار می‌کند. عملکرد و میزان برق مصرفی این سازه‌ها به دو قسمت برق مصرفی توسط سیستم‌های ردیاب و برق مصرفی توسط کنترلر تقسیم می‌شود. برای سازه مدنظر، برق مصرفی سیستم ردیاب 0/04درصد و برق مصرفی سیستم کنترلر 5/64 می‌باشد[13].

5-2-2-مقایسه میزان خروجی سالانه و ماهانه

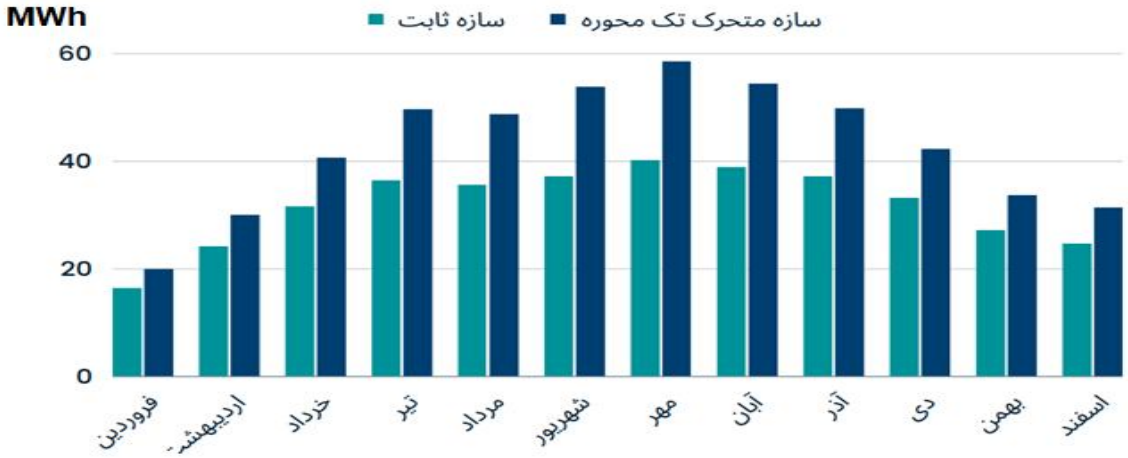
طبیعتا هدف از تغییر در نوع سازه و سایر مولفه‌های یک نیروگاه خورشیدی ایجاد تغییرات مثبت در میزان خروجی نیروگاه می‌باشد. طبق اشکال 3و4، می‌توان درک درستی از تاثیر سازه متحرک تک محوره در میزان خروجی سالانه و ماهانه بدست آورد[5] .

[13] Compare
[14] Simulation

شکل6- هم سنجی توان خروجی[5]

طبق داده های شکل 6،یک افزایش انرژی تولید شده 129/8 مگاوات ساعت در سال یا 25 درصدی ما بین دو سازه ثابت ومتحرک تحت شرایط یکسان وجود دارد که ناشی از تابش عمودی در راستای تغییر زاویه پنل‌ها بوسیله تجهیزات مکانیکی دوار با کمک سیستم ردیاب خورشیدی می‌باشد[5].

بنابراین با استفاده از سازه های متحرک تک محوره علاوه بر اینکه میزان انرژی تولیدی افزایش چشمگیری دارد و مجموعه را تبدیل به یک واحد پیشرفته[15] و همگام با بروز رسانی‌های صنعت انرژی‌های تجدید پذیر می‌کند، شرایط نگهداری و سرمایه اولیه و در گردش مورد نیاز را دستخوش تغییرات چشمگیر نمی‌کند[8].



شکل7-هم سنجی خروجی نیروگاه[5]

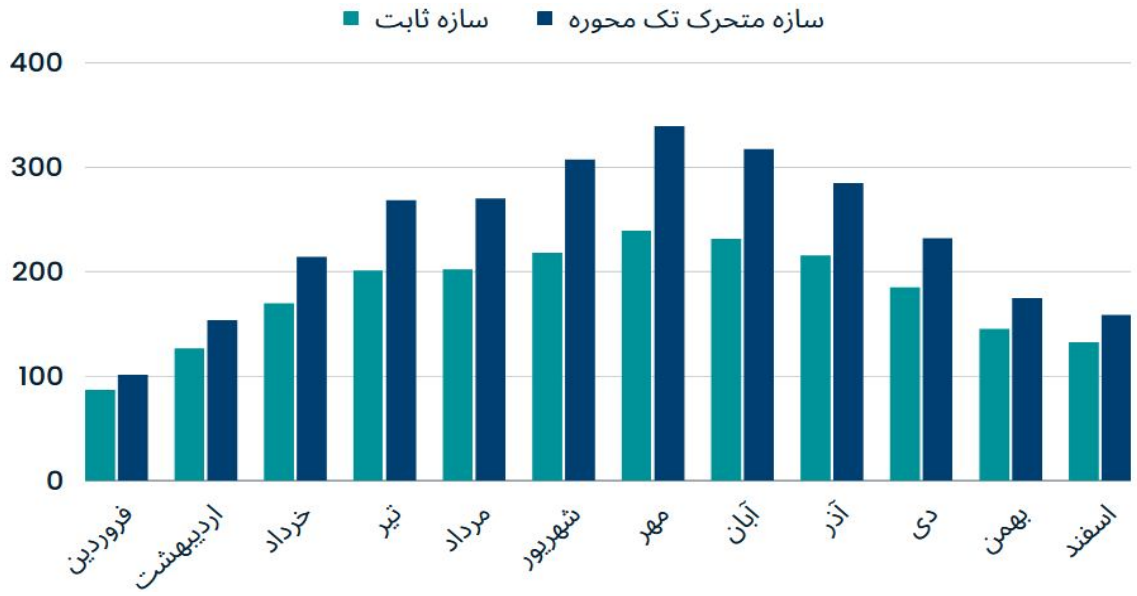
طبق داده‌های شکل7، که هم سنجی میزان خروجی ماهانه نیروگاه در دو سازه مختلف را نشان می‌دهد[5]، می‌توان درک عمیق‌تری نسبت به عملکرد سازه‌های متحرک بدست آورد. باتوجه به شکل 7، مهم‌ترین مولفه در میزان خروجی نیروگاه، میزان تابش نور خورشید می‌باشد که در ماه‌های مختلف مقادیر متفاتی دارد. به عبارت دیگر، اگر در ماهی از

[15] Hightech

سال تماما نور خورشید وجود نداشته باشد، استفاده از سازه های متحرک نمی‌تواند تاثیر بسزایی در خروجی نیروگاه بگذارد به این دلیل که، تغذیه کننده اصلی (نور خورشید) دارای مقدار بسیار پایینی می‌باشد[14].
بنابراین، سازه‌های متحرک گرچه می‌تواند در نواحی ابری تاثیر خود را در میزان خروجی نیروگاه بگذارند اما این تاثیر زمانی پررنگ‌تر می‌شود که منطقه مورد نظر، دارای میزان تاش قابل قبولی باشد.

5-2-3-مقایسه میزان تاش جذب شده

طبق اطلاعات[16] قسمت قبل، میزان تابش مهمترین پارامتر برای تولید انرژی بیشتر می‌باشد که عوامل موثر دیگر در قدم‌های بعدی نقش مثبت خود را ایفا می‌کنند.
زمانی که سازه ما در یک زاویه ثابت می‌باشد در طول 12 ماه از سال همواره در یک زاویه از قبل تعیین شده و ثابت نور خورشید را جذب می‌کند اما در سازه های متحرک ساز و کار فرق دارد.



شکل8-هم سنجی میزان تابش جذب شده[5]

طبق شکل 8، با تغییر زاویه پنل ها می‌توان مشاهده کرد، ردیابی پیوسته بر مبنای حرکت کره زمین، می‌تواند نور خورشیدی بیشتری را جذب کند[5]. این عمل مهم می‌تواند تاثیر مستقیم و بسیار موثری را در میزان راندمان نیروگاه داشته باشد.

قابل ذکر است، در راستای تایید بخش قبل، میزان این تفاوت در تابش جذب شده زمانی خود را پر وضوح نمایان می‌کند که،میزان تابش داری مقدار قابل قبولی باشد.

5-2-4- هم سنجی کنترل عوامل محیط زیستی

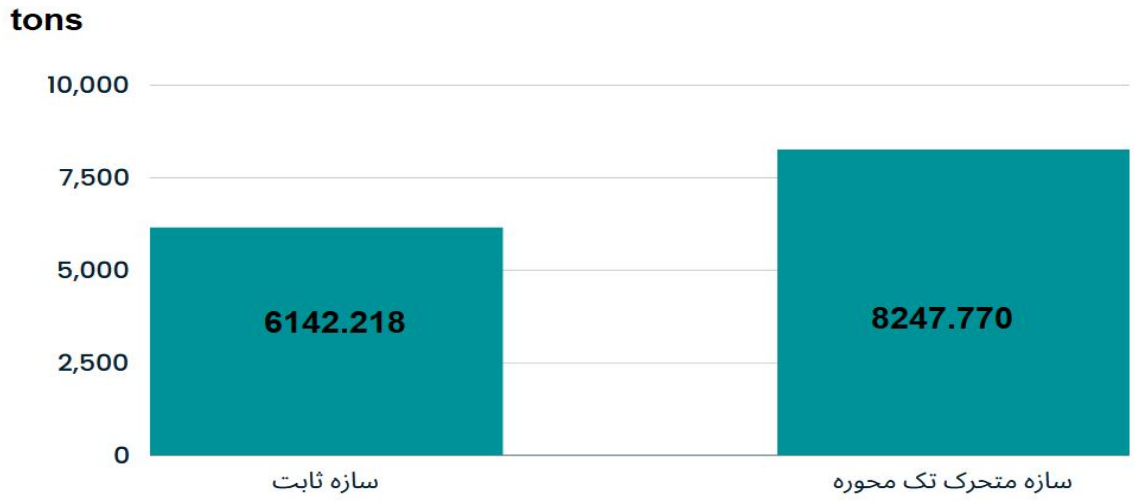
[16] Information

زندگی مدرن[17] بر پایه سوخت‌های فسیلی مانند زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی بنا شده است. اما سوزاندن آنها باعث ایجاد تغییرات آب و هوایی و انتشار آلاینده هایی می شود که منجر به مرگ زودهنگام، حملات قلبی، اختلالات تنفسی، سکته مغزی، آسم، اختلال طیف اوتیسم و بیماری آلزایمر می‌شود.

تحقیقات نشان می‌دهد که بیش از 8 میلیون نفر در سال 2018 بر اثر آلودگی سوخت‌های فسیلی جان خود را از دست داده‌اند که به طور قابل توجهی بیشتر از تحقیقات قبلی پیش بینی شده است، این آمار بدین معنی است که آلودگی هوا[18] ناشی از سوختن سوخت‌های فسیلی مانند زغال سنگ و گازوئیل مسئول حدود 1 مورد از هر 5 مورد مرگ در سراسر جهان می‌باشد.

مهمترین علت برای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک، آسیب های فراوانی است که انرژی‌های فسیلی به محیط زیست وارد می‌کنند که می‌توان تاثیرات مرگبارش را در سلامت جامعه و زندگی مردم مشاهده نمود.

یکی از نکات مثبت در مورد احداث نیروگاه‌های خورشیدی، جلوگیری از عدم انتشار گازهای آلوده‌کننده محیط زیست می‌باشد. برای مثال، اگر انرژی مورد نیاز واحد اداری پالایشگاه تبریز از طریق انرژی‌های فسیلی فراهم شود، سبب ایجاد گازهای آلوده کننده محیط زیست می‌شود اما همین انرژی مورد نیاز را می‌توان با سرمایه اولیه و در گردش پایین‌تر از طریق منابع تجدیدپذیر و پاک ایجاد کرد که سبب جلوگیری از انتشار گاز های آلوده [19]کننده می‌باشد.



شکل9-هم سنجی میزان جلوگیری از انتشار کربن در 30 سال[5]

طبق شکل 9 با احداث نیروگاه خورشیدی 220 کیلوواتی برای بخش اداری پالایشگاه تبریز می‌توان از انتشار گاز آلوده کننده کربن دی اکسید جلوگیری نمود[5]. البته در سازه های متحرک بدلیل افزایش انرژی تولیدی می‌توان

[17] Modern Life
[18] Air Pollution
[19] Polluting Gases

نیازهای بیشتری را که از طریق سوخت های فسیلی [20]پاسخگویی می‌شوند را پوشش داد، در نتیجه سازه های متحرک تاثیرات مثبتشان را حتی در عوامل زیست محیطی مانند جلوگیری از انتشار گاز کربن دی اکسید نیز نشان می‌دهند. احداث و استفاده از نیروگاه‌های خورشیدی بدون در نظرگرفتن سازه، مزایای بسیار زیادی نسبت به انرژی‌ها با منابع آلوده کننده دارد[14].

شکل10-شماتیک کلی مزایای طرح[4, 14]

طبق شکل 10، می‌توان نیروگاه با سازه ثابت و سازه متحرک تک محوره را در 5 بخش کلی باهم مقایسه کرد[14,5] طی بررسی‌های انجام شده، استفاده از سازه‌های تک محوره در پروژه‌هایی که جنبه فناوری و بروز بودن مهم‌تر از تغییرات محدود در سرمایه اولیه می‌باشد، استفاده از سازه‌های متحرک تک محوره توجیه‌پذیر می‌باشد که می‌تواند دربردارنده مزایایی باشد که در شکل 10، بررسی شده است.

[20] Fossil Fuels

6- نتیجه گیری

طی مطالعات انجام شده در طول این پژوهش نتیجه گیری‌های متعددی بدست آمده است.

1- عملی کردن مصوبه ابلاغ شده در راستای تامین حداقل 20 درصد از انرژی بخشهای اداری با احداث نیروگاه خورشیدی متصل به شبکه 220 کیلوواتی با سازه متحرک در راستای شرق-غرب
2- افزایش میزان انرژی تولیدی از طریق ایجاد سازه متحرک تک محوره
3- تغییر نقش واحد اداری از مصرف‌کننده به تولید کننده در راستای احداث نیروگاه خورشیدی
4- ایجاد نگرش نو در گذار به سوی انرژی‌های سبز و پاک در پالایشگاه تبریز که موجب فرهنگسازی برای ایجاد محیطی در راستای تقویت زیر ساخت‌ها جهت افزودن هرچه بیشتر انرژی‌های پاک به سبد انرژی می‌شود.
5- استفاده از سود خالص حاصل شده فعالیت‌های تجاری پالایشگاه در راستای پیشرفت و بروز شدن واحد اداری، قلب تپنده و مغز متفکر پالایشگاه
6- ایجاد تغییر مثبت در برابر کنترل آلودگی‌ها با کاهش انتشار گاز آلوده کننده کربن دی اکسید، انقلاب در راستای کاهش میزان انتشار گاز های آلوده کننده در صنایع سوخت‌های فسیلی

8-منابع

[1] Tabriz Refinery, https://www.tbzrefinery.co.ir/.
[2] Islamic Council of Iran, https://rc.majlis.ir/.
[3] Saghafi, Mohammad, Renewable Energies, *Tehran University Publications*, 2014.
[4] M., Gandomkar, M.R., Miveh, S., Mirsaeidi, Microgrids and Active Distribution Networks, *Gheddis Publications*, 2012.
[5] Swiss Photovoltaicc Developer, Pvsyst Software, https://www.pvsyst.com.
[6] M.Mohammadi, Designing Photovoltaic Power Plants, *Adabestan Pyblications*, 2018.
[7] RETScreen, Renewable-Energy-Efficency Technology Screening Software.
[8] A. Barbón, V., Carreira, L., Bayón, C.A. Silva,"Optimal design and cost analysis of single-axis tracking photovoltaic power plants"*Renewable Energy Journal*, Volume 211, PP. 626-646, July 2023.
[9] V. Boddapati, S.A. Daniel,"Performance analysis and investigations of grid-connected Solar Power Park in Kurnool, South India", *Energy for Sustainable Development Journal*, Volume 55, PP. 161-169, April 2020.
[10] A. Karabiber, Y. Güneş," Single-Motor and Dual-Axis Solar Tracking System for Micro Photovoltaic Power Plants", *Solar Energy Engineering Journal*, SOL-22-1273, February 14, 2023.
[11] H. Ali, T. Islam, O.Rahman, A.Molla, S.Ahmed,"Performance Analysis of Designed and Implementation Dual-Axis Solar Tracker with Monitoring System" *Journal of Engineering and Thermodynamics*, Vol. 3, No. 03, April-May 2023.
[12] C.D. Rodríguez, O. Gandhi, S.K. Panda, T. Reindl,"On the PV Tracker Performance: Tracking the Sun versus Tracking the Best Orientation", *IEEE Journal of Photovoltaics*, Volume10, Issue 5, September 2020.
[13] Nextracker Solar Tracker,https://www.nextracker.com.
[14] B.Patra, P.Nema, M.Z.Khan, O.Khan," Optimization of solar energy using MPPT techniques and industry 4.0 modelling",*Sustainable Operations and Computers*,Volume 4, PP. 22-28, 2023.
[14] S. Seme, B. Štumberger, M. Hadžiselimović, K. Sredenšek," Solar Photovoltaic Tracking Systems for Electricity Generation: A Review", *MDPI Energy Section*, 2020.
[15] Desiging Flowchart, https://www.canva.com/.