هفتمین کنفرانس بین المللی مطالعات بین رشته ای در مدیریت و مهندسی
۱۷ خرداد ۱۴۰۲ | محل برگزاری: دانشگاه تهران
7th International Conference on Interdisciplinary Studies in Management & Engineering (ICISME-2023)
7 June 2023 | University of Tehran
OxfordCert Universal
Archive of SID

امکان سنجی استحصال انرژی پاک از توربین جریان اقیانوسی با استفاده از نرم افزار کدنویسی در متلب

محمد کریمی مهرآبادی
کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.
mohammadhafezkarimi@gmail.com

چکیده
یکی از مسائل مهم بشر از دیرباز تا کنون تأمین انرژی بوده است. این مهم در قرنهای اخیر با گسترش فعالیت صنعتی، تجاری و دست یابی به فناوری های نوین که انرژی بیشتری نیاز دارند اهمیت دوچندان یافته است. انتظار میرود میزان مصرف انرژی الکتریکی تا سال ۲۰۳۵ به دوبرابر میزان استفاده شده در سال 2008برسد. با کاهش ذخایر نفتی که منبع اصلی تأمین انرژی در جهان امروزند، موضوع استفاده از منابع جایگزین مطرح شده است. از همین رو استفاده از انرژی های همچون جریان باد و آب های آزاد اهمیت یافته است. در این پژوهش توربین جریان اقیانوسی با توان ۱,۴۸۷ مگاوات طراحی شد و ابعاد و اندازه های آن استخراج گردید همچنین در نتایج با این طراحی ضریب توان ۴۴,۷۱٪ گزارش شد که طراحی قابل قبولی در این حوزه می باشد.

واژگان کلیدی: استحصال برق، انرژی آبهای آزاد خلیج فارس، توربین جریان اقیانوسی، طراحی بهینه سازی شده.

مقدمه

یکی از مسائل مهم بشر از دیرباز تا کنون تأمین انرژی بوده است. این مهم در قرنهای اخیر با گسترش فعالیت صنعتی، تجاری و دست یابی به فناوریهای نوین که انرژی بیشتری نیاز دارند اهمیت دوچندان یافتهاست. انتظار میرود میزان مصرف انرژی الکتریکی تا سال ۲۰۳۵ به دوبرابر میزان استفاده شده در سال 2008برسد. با کاهش ذخایر نفتی که منبع اصلی تأمین انرژی در جهان امروزند، موضوع استفاده از منابع جایگزین مطرح شدهاست. از همین رو در سالهای اخیر بحث یافتن منابع جایگزین انرژی در میان کشورها با جدیت تمام پیگیری میشود. یکی از این منابع، انرژی حاصل از جریان باد است که بسیار ارزان، پاک و در دسترس است . از آنجا که ایران جزء ۲۰ کشور آزاد کنندهی ٪۷۵ گازهای گلخانهای جهان است و نیز استفاده از سوختهای فسیلی یکی از عوامل تولید آلودگی در ایران است مشکالت زیست محیطی فراوانی دامنگیر آن شده است .ظرفیت باد ایران حدود ۶,۵ گیگاوات تخمین زده میشود .با توجه به مشکالت زیست محیطی موجود، استفاده از انرژیهای تجدید پذیر نظیر باد و جریانهای اقیانوسی در ایران به عنوان راهحل جایگزین استفاده از انرژی فسیلی مطرح میشود. علاوه بر این میتوان از عوامل زیر به عنوان دالیل استفاده از انرژی تجدید پذیر یاد کرد: محدود بودن منابع فسیلی و نیاز ایران به استفاده از انوع انرژی و افزایش ایمنی انرژی و کارآفرینی برای آیندگان و ایجاد بازار مواد خام توربینهای بادی و ایجاد فرصت صدور فرآوردهها به بازار جهانی می توان اشاره کرد. توربین های به دو دسته جریان افقی و عمودی دسته بندی می شوند. این در حالی است که این جریان ها از باد و خورشید قابل پیش بینی ترند. توربین ساوینوس سادهترین نوع توربین محور عمودی است که بر اساس نیروی پسای وارد بر آن کار میکند و به همین دلیل ضریب توان پایینی دارند. این توربین توسط یک مهندس فنالندی به نام ساوینوس طراحی شده است. این توربین گشتاور زیادی را در سرعت

www.SID.ir

Archive of SID

دورانی کم تولید میکند و این ویژگی باعث میشود که برای کاربردهایی نظیر پمپ آب و یا توربین باد در سرعت پایین مورد استفاده قرار گیرد(Morshed, 2010).

بیان مسئله پژوهش

در این پژوهش هدف طراحی یک توربین جریان اقیانوسی با قابلیت نصب در آبهای آزادی مثل خلیج همیشه فارس با توان ۱,۵ مگاوات و قطر روتور ۱۸ متر و سرعت جریان آب بالادست ۳ متر برثانیه و سرعت زاویه ای روتور ۱۴ دوربردقیقه فرض خواهد شد. همچنین این پژوهش در نرم افزار متلب کدنویسی شد.

اهمیت، پیشینه و اهداف پژوهش

تجربیات اولیه امکان استفاده از جریان‌های اقیانوسی به عنوان منبع انرژی نخستین بار در اواسط دهه‌ی ۱۹۷۰ و پس از اولین بحران نفتی توجهات را به خود جلب کرد. در سال ۱۹۷۴ چندین طرح مفهومی در کارگاه آموزشی انرژی ارائه شد و در سال ۱۹۷۶ کمپانی پژوهشی با موضوعیت انرژی جریان اقیانوسی ترتیب داد. این پژوهش به این نتیجه رسید که انرژی جریان اقیانوسی نیاز به بررسی و تحقیقات بیشتری دارد تا ابعاد بیشتری از آن مشخص شود. کمی بعد، گروه آیتیدی در بریتانیا یک برنامه تحقیقاتی انجام داد که شامل آزمایش کارکرد یک ساله‌ی روتور آبی داریوس بود که در جوبا پایتخت سودان جنوبی و روی رود نیل سفید نصب شده بود. دهه ی ۱۹۸۰ میلادی شاهد تعدادی از پروژه‌های تحقیقاتی کوچک در زمینه‌ی ارزیابی سیستم‌های قدرت جریان اقیانوسی بود. کشورهای اصلی که در آن‌ها این تحقیقات انجام گرفت عبارت اند از بریتانیا، کانادا و ژاپن. بین سال‌های ۱۹۹۲ و ۱۹۹۳ انرژی جریان اقیانوسی چندین سایت مشخص را که دارای سرعت جریان مناسب بودند، در آب‌های بریتانیا معین کرد. نتیجه‌ی این بررسی نشان داد که استفاده از منابع انرژی جریان اقیانوسی قادر به پاسخگویی به ۱۹٪ از نیاز به انرژی الکتریکی در بریتانیا است. در بین سال‌های ۱۹۹۴ و ۱۹۹۵ پروژه‌ی بیش از ۱۰۰ سایت در بستر دریا و واقع در اروپا را که وسعت آن‌ها بین ۲ تا ۲۰۰ کیلومتر مربع بود مشخص نمود. دولت بریتانیا و اتحادیه اروپا هر دو خود را ملزم به پیروی از توافقات صورت گرفته در مذاکرات بین‌المللی در مورد مبارزه با گرمایش جهانی دانسته‌اند. در نتیجه به منظور پیروی از چنین توافقاتی، افزایش تولید برق از منابع تجدید پذیر در مقیاس بزرگ مورد نیاز خواهد بود. جریان‌های اقیانوسی پتانسیل تامین بخش قابل توجهی از تقاضای انرژی الکتریکی آینده را در حوزه‌ی کشورهای اتحادیه اروپا دارد. مطالعه‌ی ۱۰۶ سایت ممکن برای نصب توربین‌های جذر و مدی در اتحادیه‌ی اروپا نشان دادکه پتانسیل خوبی در جهت تولید توان وجود دارد. در صورت استفاده موفقیت‌آمیز از این منابع انرژی، تکنولوژی مورد نیاز می‌تواند شکل دهنده‌ی بستر یک صنعت نوین برای تولید انرژی پاک در قرن بیست و یکم باشد.

توربین‌های جریان اقیانوسی که امروزه برای تولید تجاری برق مورد استفاده قرار می‌گیرند، معمولاً سه-پره بوده و با استفاده از سامانه‌های کنترل رایانه‌ای در جهت وزش جریان آب قرار می‌گیرند. البته توربین‌های آبی با دو پره و حتی یک پره هم استفاده می‌شوند. پره‌های این توربین‌ها، بسته به ظرفیت تولید توان در قطرهای متفاوت و سرعت دورانی حدود ۱۰ تا ۲۲ دور بر دقیقه طراحی می‌شوند. برجی که پره‌ها بر بالای آن نصب می‌شوند، به صورت لولهی فولادی و به ارتفاع ۶۰ تا ۹۰ متر است. معمولاً با استفاده از جعبه‌دنده، سرعت چرخش محور افزایش داده می‌شود، ولی در برخی از طراحی‌ها، محور با همان سرعت یک ژنراتور حلقوی را می‌چرخاند. برخی از مدل‌های توربین آبی، در سرعت ثابت کار می‌کنند ولی توربین‌های با سرعت متغیر می‌توانند انرژی بیشتری تولید کنند؛ که به واسطه نیروی لیفت و دراگ پره‌ها به حرکت در می‌آیند.

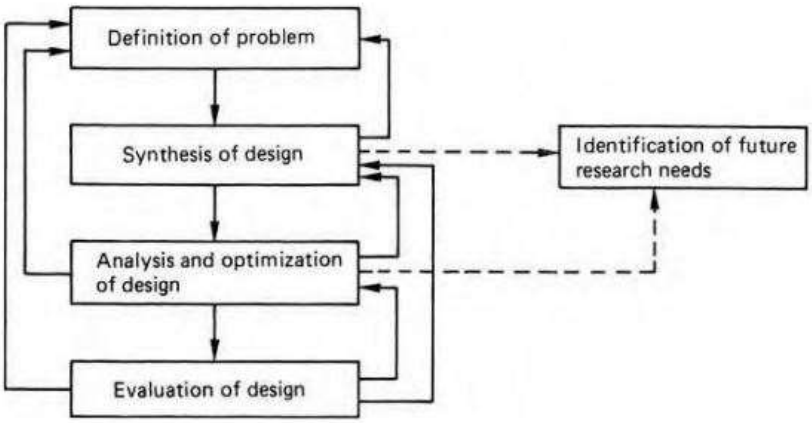
www.SID.ir

Archive of SID

روش تحقیق

در مراحل فرایند طراحی را می توان در عناوین کوتاه برگرفته از کتاب های طراحی که در شکل نشان داده شده خالصه کرد. در این شکل میتوان دید که خلق محصول با تعریف مشکل آغاز میشود که باید جزئیات کامل طراحی آن مشخص شود. این جزئیات شامل تعریف کاملی از ورودی ها و خروجیهای موردنیاز به همراه محدودیت های این مقادیر و محدودیتهای طرح است. پس از مرحله تعریف طرح، فرایند به مرحله ترکیب میرسد که در آن فرمول طرح اولیه با توجه به انواع مواد اولیه ساخت که در اختیار طراح قرار دارد، مشخص میشود. به منظور ارائه راه حل نهایی، مرحله ترکیب بهشکل جداگانه وجود ندارد و باید همراه با مراحل تحلیل و بهینه سازی در چرخهای تعاملی هدایت شود تا طرح را تصحیح کرده و به شکل دلخواه برساند. این طرحی است که از جزئیات اصلی پیروی میکند و همچنین بهینه است. اگر تضادی غیرقابل حل درباره تعریف مشکل بروز کند، چرخه طراحی باید به اندازه کافی منعطف باشد تا اجازه تغییر تعریف مشکل در هر یک از مراحل ترکیب یا تحلیل و بهینهسازی را بدهد. به علاوه، این احتمال نیز وجود دارد که هر یک از این مراحل طراحی من ر به تشخیص حوزه هایی برای تحقیقات طو نیتر و کمک به مشکالت طراحی آینده شود. همانطور که اشاره کردیم، طراحی فرایندی تعاملی است که هر شخص از گام ها، ارزیابیها و نتایج مختلفی گذر میکند و سپس به مراحل ابتدایی تر فرایند باز میگردد. در نتیجه، ممکن است بسیاری از اجزای طراحی، تحلیل و بهینه سازی را با هم ترکیب کنیم و سپس ترکیب را بررسی کنیم تا ببینیم که این کار چه اثری بر سایر بخش های سیستم داشته است. همچنین، تحلیل شامل آزمایش مدل در حوضچه یا تونل آب می باشد. وقتی که چرخه طراحی، ترکیب، تحلیل و بهینه سازی کامل شد، فرایند به مرحله ارزیابی میرسد. این مرحله اثبات نهایی طرح است که موفقیت آنرا تعیین میکند، زیرا معمولا شامل آزمایش نمونه نیز هست.وقتی طرح مطابق انتظار عمل نکرد، در فرایند طراحی کلی اینطور رایج است که به مرحله قبل برگردیم و دلیل شکست که نیازمند اصلاح هستند را پیدا کنیم.

این ایده های کلی طراحی، اگرچه خالصه اما مفیدند و مستقیماً در فرایند طراحی توربین کاربرد دارند. این ایده ها چگونه به کار گرفته میشوند در وهله اول باید به یاد داشته باشیم که در کل یک توربین فقط برای یک موقعیت خاص طراحی میشود و ویژگیهای منحصربه فردی از نظر نیرو، سرعت چرخش و توان دارد. اگرچه در مجموع یک طراحی منحصربه فرد وجود دارد، اما توربین در شعاع های مختلفی عمل میکند و شاید زم باشد که در موارد غیر از آن طرح هم کار کند. بنابراین، علاوه بر مرحله ترکیب شکل مرحله تحلیل و بهینه سازی نیز وجود دارد که در آن شکل نشان داده شده است. (Krueger, 1976)



شکل ۱ : بهینه سازی طراحی

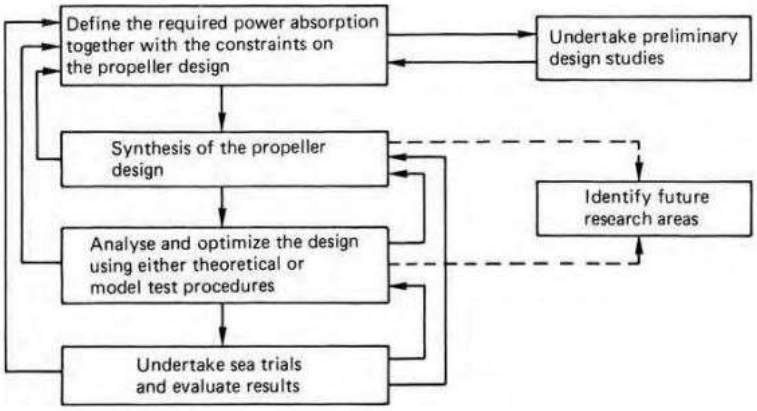
رویکرد مفهومی طراحی توربین در شکل نشان داده شده است که میتوان آنرا به این صورت تفسیر کرد .تعریف مشکل اساساً ویژگی موقعیتی می باشد که توربین برای آن محل طراحی می شود. نتی ه باید مورد توافق مالک، سازنده توربین، موتور و طراح باشد. هر

www.SID.ir

Archive of SID

کاری غیر از این من ر به توسعه ویژگیهای بسیار ناکافی یا ناموجه میشود. پس از تعیین ویژگی طرح، می توان ترکیب طرح را آغاز کرد. این طرح برای توربینی است که در مرحله تعیین ویژگی درباره ویژگیهای آن به توافق رسیده اند، زیرا احتمال خیلی زیادی وجود دارد که بعضی مطالعات اولیه طراحی توربین در مرحله تعیین ویژگی طرح نیز ادامه پیدا کنند در این زمان به احتمال زیاد نوع توربین، تعداد پره و غیره مشخص شده اند. در نتیجه، در طول مرحله ترکیب، مفهوم اولیه طرح پخته شده و به پیشنهاد طرحی با جزئیات دقیق تبدیل میشود. (Lipej, 2007) با این وجود، انتخاب روش به توانایی خود طراح و دادههای موجود بستگی دارد و ممکن است توربین تنها در حد تطبیق دادن توربینی استاندارد باشد که شاید از منظر هزینه-فایده کارکرد عالی و رضایت بخشی داشته باشد. با طرحی که از مرحله ترکیب بهدست آمده و با فرض دو رویکرد ترکیب قبلی که مطابقت یافته اند، به مرحله تحلیل و بهینه سازی میرسیم. شاید این مرحله شامل هر دو عنصر تحلیل نظری و آزمون مدل باشد. تحلیل نظری بر اساس توانائی های طراح و تحلیل هزینه-فایده این مرحله متفاوت است. درس مهم در تکنولوژی توربین این است که بدانیم همه تکنیکهای تحلیل، آزمونهای نظری و آزمون مدل پاسخی نسبی به ما میدهند، اگرچه امروزه درک ما از پدیدههای مختلف به طرز چشمگیری نسبت به بیست یا سی سال پیش ارتقا یافته است، اما هنوز حوزههای مختلفی وجود دارد که برای تکامل درک خود در آنها راه زیادی در پیش داریم. در نتیجه، راز ان ام درست مرحله تحلیل و بهینه سازی صرفاً کسب نتایج از تحلیلهای مختلف بر اساس ارزش اسمی نیست، بلکه ارزیابی آنها با توجه به تجارب قبلی و آگاهی از نقاط مختلف قوت و ضعف آنهاست تا دیدگاهی متوازن از عملکرد احتمالی توربینهای پیشنهادی را ارائه دهیم؛ این فقط خمیرمایه یک روش خوب مهندسی است.

شکل زیر مفهوم خالص هتر مراحل طراحی مهندسی که در شکل قبلی نشان دادیم را به مفهوم طراحی مرتبط با توربین با توجه به بحث پیشرو تبدیل میکند. (Lausanne, 1964)



شکل ۲: تحلیل طراحی

همچنین در طراحی توربین های جریان اقیانوسی همانند یک توربین با با محور افقی تئوری دیسک و المان پره کاربرد زیادی دارند. در این پژوهش از روابط تئوری المان پره استفاده می شود. اگر پروفیل پره با دقت طراحی شود، نسبت سرعت نوک بهینه می تواند در حدود ۲۵ تا ۳۴ درصد با ی مقدار بهینه بدست آمده از فرمول با انتخاب شود. بین توربین های جریان محوری و عمودی و داریوس و ساوینوس و انواع دیگر بهترین گزینه انتخاب توربین جریان محوری با توجه به J و CP بالاتر نسبت به بقیه است.در این پژوهش نسبت سزعت نوک پره به سرعت باد ۴ درنظر گرفته شد

تولید پره باید آسان باشد و بنحوی باشد که در برابر شرایط آب و هوایی مقاومت کافی داشته باشد. همچنین پروفیل انتخابی باید برای پایداری پره در برابر ت مع هم زمان گرد و غبار و کثیفی کارآمد باشد. انتخاب پروفیل پره با کارایی با به هزینه ها اضافه نمی شود، و کارایی آیرودینامیکی روتور مستقیماً متناسب است با انرژی حاصله و سران ام به اقتصاد توربین می باشد. در طول سال های

www.SID.ir

Archive of SID

متمادی در توربین های بادی محور افقی، به طور معمول، از ایرفویل های سری NACA44XX , NACA23XXX , NACA 63XXX , NACA LS(1) , NREL استفاده شده است.

نسبت قطر تیب به هاب ۹ انتخاب شد و هر پره به ۸ قسمت المان بندی شد. وظیفه طراح آیرودینامیک منحصر می شود بره نشران دادن تأثیر ضریب نسبت ضخامت به وتر بر کارایی روتور و بازدهی انررژی می باشد.

با توجه به استفاده از چند پروفیل در طراحی پره، داده های هر کدام از پروفیل ها توسط نرم افزار تجزیه و تحلیل شده و زاویه حمله پره انتخاب می گردد. که ضریب لیفت ۰,۹ و زاویه حمله ۹ درجه انتخاب شد.

روابط توسط اشمیت[1] برای طول کورد و زاویه‌ی پیچش ارائه شده است:

$$L = 16 * \pi * \frac{r}{Z.CL} * \left(\sin\left(\frac{\operatorname{atan}\left(\frac{1}{J\frac{r}{R}} \right)}{3} \right) \right)^2$$

$$\beta = \frac{2}{3} * \operatorname{atan}\left(\frac{1}{J.\frac{r}{R}} \right) - \alpha_D \quad (5)$$

پس از این‌که طول کورد و زاویه‌ی پیچش در طول پره تعیین شد، با استفاده از روابط زیر، میزان توان در هر بخش پره تخمین زده می‌شود

$$\lambda = Z * L * \frac{CL}{8 * \pi * r}$$

$$\emptyset = \operatorname{atan}\left(\frac{\frac{1-a}{1+A}}{(r/R) * J} \right)$$

$$a = \left(\left(\frac{\lambda(cos\emptyset + \varepsilon sin\emptyset)}{Fsin^2\emptyset} \right)^{-1} + 1 \right)^{-1}$$

$$A = \left(\frac{\lambda(sin\emptyset - \varepsilon cos\emptyset)^{-1}}{Fsin\emptyset cos\emptyset} - 1 \right)^{-1}$$

یافته ها

معادلات حاکم بر حل جریان در ادامه آورده شده است. معادلات پیوستگی و مومنتوم به صورت زیر هستند

[1] Schmitz

www.SID.ir

Archive of SID

$$\frac{\partial \rho}{\partial t}+\frac{\partial\left(\rho u_j\right)}{\partial x_j}=0$$

$$\frac{\partial\left(\rho u_i\right)}{\partial t}+\frac{\partial\left(\rho u_j u_i\right)}{\partial x_j}=-\frac{\partial P}{\partial x_i}+\frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j}+S_{ui}$$

گشتاور پیچشی به شرح زیر است (Milos, 2004)

$$\mathrm{Var2}=\left(\frac{1+\mathrm{A}}{\cos(\emptyset)}\right)^2*\left(\frac{\mathrm{r}}{\mathrm{R}}\right)^3*\mathrm{CL}*\sin(\emptyset)*\frac{\mathrm{dr}}{\mathrm{R}}*\mathrm{L}$$

$$\mathrm{Torque}\ =\ 0.5*\rho*\mathrm{Z}*\Omega^2*\mathrm{R}^4*\mathrm{sum}(\mathrm{Var2})=1.046\ \mathrm{MW}$$

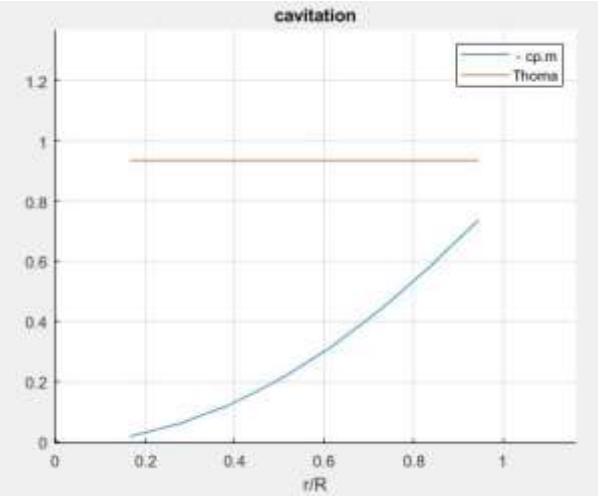
ضریب توان نیز ۴۴,۷۱ درصد طراحی شد که عدد قابل توجهی است.

$$\mathrm{Cp}\ =\frac{\mathrm{Torque}*\Omega}{\mathrm{power_{in}}}=44.71\ \%$$

و توان خالص خروجی نیز مقدار زیر استخراج گردید.

$$\mathrm{power_{out_{el}}}=\mathrm{Cp}*\ \eta_{\mathrm{gen}}*\ \eta_{\mathrm{gear}}*\ \mathrm{power_{in}}=1.487\ \mathrm{MW}$$

در این بخش تحلیل کاویتاسیون پره ها انجام شد که ملاحظه شد به خوبی نمودار پره زیر عدد توما قرار داده شده است و از ناحیه کاویتاسیون دور است.



شکل ۳ : نمودار کاویتاسیون در توربین

بحث و نتیجه‌گیری

توربین های جریان اقیانوسی یکی از روش های مرسومی است که امروزه در دنیا برای اتحصال برق از انرژی آب های آزاد استفاده می شود. کشورهایی که به آب های آزاد دسترسی دارند می توانند از این انرژی خدادادی استفاده نموده و برق تولید کنند. در این پژوهش سعی شد توربین جریان اقیانوسی با ضریب تولن بالا و البته به دور از ناحیه کاویتاسیون که پدیده ای مخرب است طراحی انجام شود که این تحلیل خاص در این پژوهش صورت پذیرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

پیشنهاد می شود برای نتایج آینده روی این تحلیل ها بهینه سازی گسترده ای صورت پذیرد. بعنوان نمونه ابعاد روتور بهینه شده یا سرعت دورانی بهینه شده و ارتفاع نصب از کف دریا میتواند بعنوان پارامتر های مهم موردتحقیق و بررسی قرار گیرد.

منابع

K. N. Morshed, “Experimental and numerical investigations on aerodynamic characteristics of Savonius wind turbine with various overlap ratios,” 2010.
A. Lipej, Hydraulic TurbineCourse Program, Ljubljana: Turboinstitutd.d, 2007.
R. E. Krueger, Selecting Hydraulic Reaction Turbines, United States Department of the Interior Bureau of Reclamation, 1976.
B. Th, contribution on the study of Francis - turbine Runner design, Lausanne, 1964.
B. M. Milos T., "CAD technique to optimize the francis runner design," 6th international conf. on Hydraulic Machinerry and Hydrodynamic, 2004.
AdolphMax, stromungsmaschinen,Turbine,Krieselpumpen, Berlin: Springer.

www.SID.ir