Archive of SID

یازدهمین همایش پژوهش های نوین در علوم و فناوری
11th Conference on Recent Research in Science and Technology
پاییز ۱۳۹۶
Fall 2017

بررسی عددی اثر شکل کانال در توربین بادی بر ضریب توان توربین

جواد علیزاده [۱]، امید قهرائی [۲]

[۱] کارشناس ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مجلسی
javad۲۲۲۷@gmail.com

[۲] استادیار بخش مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مجلسی
o.ghahraei@iaumajlesi.ac.ir

چکیده

نیاز روز افزون به استفاده از انرژی های تجدیدپذیر درسیستم‌ها از یک طرف و پیچیدگی طراحی توربین های بادی باعث شده با وجود مطالعات انجام شده بسیاری در این زمینه، روش های افزایش بازده توربین های افقی همچنان از نکات مبهم بسیاری برخوردار با شند. تحقیقات انجام شده تاکنون بیشتر در طراحی برای توربین در جریان آزاد بوده است. به عبارت دیگر کمتر تحقیق جامعی به بررسی و تحلیل عددی توربین در داخل یک کانال ساده و اثر کانال بر فیزیک جریان پرداخته ا ست. *کار حا ضر، تحلیل و طراحی یک کانال ساده و بررسی اثر شکل کانال بر روی ضریب توان توربین با استفاده از نرم افزار انسیس است. مقادیر ضریب توان پره بر حسب نسبت طول کانال به قطر روتور نشان می دهد که وجود کانال به طور کلی بازده توربین را افزایش داده ا ست و بهترین طول کانال برای این پره، نصف قطر روتور می باشد.*

کلمات کلیدی: توربین باد افقی کوچک، کانال، ضریب توان، دینامیک سیالات عددی

۱. مقدمه

در حال حاضر، به علت ازدیاد مصرف انرژی و اثرات زیان¬بار انرژی¬های فسیلی، استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر در حال افزایش می¬باشد. بیش¬ترین منابع انرژی¬های تجدیدپذیر که هم¬اکنون از آن¬ها استفاده می-شود عبارتند از انرژی خورشیدی،بادی و زمین¬گرمایی.

امروزه، جهان، استفاده¬های زیادی را از الکترونیک، موتورهای احتراق داخلی و غیره که همگی وابسته به سوخت¬های فسیلی هستند، می¬کند. ایالات متحده، ۸۴/۷ ٪ از انرژی خود را در سال ۲۰۰۸ از سوخت¬های فسیلی تامین می¬کرد، که ۳۷/۸٪ از کل انرژی مصرفی مربوط به بنزین می¬باشد و تنها ۷٪ مربوط به انرژی¬های تجدیدپذیر است [۱] .در حال حاضر، به علت ازدیاد مصرف انرژی و اثرات زیان¬بار انرژی¬های فسیلی، استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر در حال افزایش می¬باشد. بیش¬ترین منابع انرژی¬های تجدیدپذیر که هم¬اکنون از آن¬ها استفاده می-شود عبارتند از انرژی خورشیدی،بادی و زمین¬گرمایی.

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده از انرژی باد نیز از زمانی که برای اولین بار برای تولید توان مورد استفاده قرار گرفت، به شدت افزایش یافته است. در سال ۱۹۹۰ ظرفیت کل جهان برای تولید انرژی از منابع بادی برابر ۲۰۰۰ مگاوات بود که این رقم برای سال ۲۰۰۰ برابر ۲۰۰۰۰ مگاوات گزارش شده است [۱]. این نشان¬دهنده¬ی این است که انرژی باد پتانسیل بسیار بالایی دارد و ارزش سرمایه¬گذاری دارد.

استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر و سازگار با محیط زیست و پاک از دغدغه های امروزه بشر به شمار می رود. منابع انرژی تجدیدپذیر، آنهایی هستند که فناپذیر نیستند، مانند انرژی خورشیدی، انرژی باد، انرژی امواج دریا، انرژی حاصل از جزر و مد و انرژی زمینگرمایی. این منابع علاوه بر تجدیدپذیر بودن، با محیط زیست هم سازگار هستند و آلودگی های زیست محیطی ایجاد نمیکنند و یا مقدار آلودگی حاصل از آنها بسیار کم و برای کره زمین تحمل پذیر است. انرژی های تجدیدپذیر، مجالی برای فراهم نمودن انرژی کافی و ایمن فراهم میکنند .بر این اساس، اولین توربین های بادی برای تولید الکتریسیته در اوایل قرن بیستم تولید شد و تکنولوژی آن تا دهه ۱۹۷۰گام به گام بهبود یافت.

تولیدات مربوط به توربین‌های باد کوچک

امروزه حدود ۲۵۰ شرکت در ۲۶ کشور وجود دارند که تولیدکننده‌ی توربین‌های باد کوچک هستند [۲]. بیش‌تر از یک‌سوم این تعداد، و بزرگ‌ترین آن‌ها، در کشور آمریکا هستند، و بعد از آن، انگلستان و هلند نیز تولیدکنندگان بزرگ بعد از آمریکا هستند. پیش‌بینی شده است ، که بازار جهانی توربین‌های باد کوچک بین سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۵ بیش‌تر از دو برابر شود و درآمد حاصل از آن نیز به ۶۳۴ میلیون USD برسد [۲]. در این بازه‌ی زمانی نیز ظرفیت نصب این توربین‌ها سه برابر می‌شود.

توربین‌های باد خانگی به دو دسته‌ی کلی محور افق و محور عمود تقسیم‌بندی می شوند. توربین‌های محور افق نوع متداول توربین‌های خانگی می‌باشد که در شکل ۱ قابل مشاهده می‌باشد.

توربین‌های محور عمودی کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند و در شرایط خاص از آن‌ها استفاده می شود. معمولا دو نوع از این توربین‌ها، به نام‌های داریوس۱ و ساوونیوس۲ کاربرد بیش‌تری دارند [۳]. توربین‌های محور عمود داریوس معمولا با نیروی لیفت کار می‌کنند [۳] که در آن‌ها دو و یا بیش‌تر از دو هند سه‌ی شبیه ایرفویل به یک محور عمودی متصل شده‌اند. با وزش باد و برخورد به این هندسه‌ها نیروی لیفت تولید شده و باعث چرخش و دوران توربین می‌شود. توربین‌های محور عمود ساوونیس نیز در سال ۱۹۲۴ توسط مهندس فنلاندی، سیگورد ساونیوس۳ ساخته شد.این نوع توربین شامل کاسه‌های نیمه می‌باشد و از قابلیت‌های آن کارکرد در سرعت‌های پایین مانند ۱ متر بر ثانیه است [۳].

شکل ۱ نمونه‌ای از توربین‌های باد خانگی از نوع محور افق [۳]

[۱] Vertical axial Darrieus
[۲] Vertical axial Savonius
[۳] Sigurd Savonius

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۲ نمونه‌ای از توربین‌های باد خانگی از نوع محور عمودی داریوس [۳]

شکل ۳ نمونه‌ای توربین‌های باد خانگی از نوع محور عمودی ساوونیوس [۳]

توربین‌های محور افق به علت عملکرد بهتر در تبدیل انرژی باد به الکتریسیته، بیش‌تر مورد استفاده قرار گرفته‌اند. هرچند، این نوع توربین‌ها نیازمند جریان باد آرام یا لامینار هستند. در جریان آرام، لایه‌های باد پایا و موازی با یکدیگر هستند. در جریان متلاطم، لایه‌های باد مغشوش هستند و جهت و فشار خود را ناگهانی تغییر می‌دهند. از نظر تئوری توربین‌های محور عمودی به علت این‌که عملکرد شان وابسته به جهت باد نمی‌باشد و نیازی به مکانیزم چرخش یا یاو ندارند، بهتر از توربین‌های محور افقی هستند.

این نوع توربین‌ها با سه نوع هزینه روبرو هستند که باعث ایجاد تفاوت‌هایی بین آن‌ها می‌شود. این هزینه‌ها عبارتند از: هزینه‌ی تولید پره‌ها، هزینه‌ی دکل و هزینه‌ی سازه و پایه‌ی آن. توربین‌های محور افق معمولا کمترین هزینه‌ها را از نظر تولید پره دارند در حالی که توربین‌های محور عمودی به علت پیچیدگی‌های پره‌ی آن‌ها، پر هزینه هستند. علاوه بر این، توربین‌های محور عمودی، به علت این‌که، در معرض نیروهای دینامیکی پیچیده و چالش‌برانگیزی قرار دارند، معمولا به تکیه‌گاه و سازه‌ی قدرت‌مندتری نسبت به توربین‌های محور افق نیاز دارند. بنابراین هزینه‌ی کلی برای توربین‌های محور عمودی بسیار بیش‌تر از توربین‌های محور افق می‌باشد [۱].

جدول ۱ تفاوت‌های این دو نوع توربین را بیان می‌کند. اما باید به این نکته نیز توجه کرد که توربین‌های محور افق مدت زمان زیادی است که مورد استفاده‌ی بشر قرار گرفته است در حالی که توربین‌های محور عمودی تکنولوژی پیشرفته‌ی آن چندین سال است که مورد استفاده قرار می‌گیرد، بنابراین انتظار می‌رود که با پیش‌رفت تکنولوژی مربوط به آن هزینه‌ها و سایر موردهای منفی در ارتباط با این نوع توربین‌ها کاهش یابد [۱].

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱ تفاوت‌های توربین‌های محور افق و محور عمودی [۱]

نوع	نکات مثبت	نکات منفی
توربین‌های محور افق	• راندمان بالا • سرعت شروع[۴] پایین • هزینه‌ی تولید پایین	• نیازمند جریان آرام است • نیازمند مکانیزم چرخش یا یاو[۵] می‌باشد
توربین‌های محور عمودی	• در جریان‌های باد متلاطم کار می‌کند • پتانسیل بالا یی برای پیش‌رفت دارد	• راندمان کمتر • سرعت شروع بالا • هزینه‌ی تولید زیاد

ضرورت تحقیق حاضر

همان‌طور که ذکر گردید، اهمیت ا ستفاده از انرژی های تجدیدپذیر در سی ستم‌ها از یک طرف و پیچیدگی طراحی توربین های بادی باعث شده با وجود مطالعات انجام شده بسیاری در این زمینه، نکات مبهم و بدون پا سخ زیادی همچنان باقی مانده باشد. تحقیقات انجام شده تاکنون بیشتر در طراحی با استفاده از روش های عددی ساده و هزینه بر انجام گرفته است. به عبارت دیگر کمتر تحقیقی به بررسی مراحل طراحی یک توربین بادی در داخل کانال با استفاده از تحلیل عددی پرداخته است. از این رو در کار حا ضر، پارامترهای طراحی کانال توربین بادی به نام اینولکس با ا ستفاده از نرم افزار انسیس برر سی می شود. برر سی و تحقیق در این مورد در جهت بهبود عملکرد پره می‌تواند سهم بسزایی در بهینه کردن توربین و در نتیجه تولید انرژی داشته باشد.

تعریف مسئله

در این پایان نامه، به طراحی یک کانال توربین باد محور افقی و جزییات آن به همراه بررسی پارامترهای موثر بر این کانال پرداخته می‌شود. از نرم افزار انسیس که یک نرم افزار سیالاتی است برای بررسی فیزیک جریان استفاده می‌شود.

روش حل مسئله

در شبیه‌سازی حاضر، ابتدا هندسه پره مورد نظر در نرم افزار مدل‌سازی شده و سپس با استفاده از نرم افزار به تحلیل پره پرداخته می‌شود. در ابتدا توربین نمونه انتخاب شده که یک توربین سه پره است بررسی می شود. برای شروع نتایج تحلیل پره بدون کانال اعتبار سنجی می‌شود. سپس در ادامه کانال توربین با استفاده از دینامیک سیالات عددی تحلیل و پارامترهای مختلف کانال همچون شکل ورودی و نسبت ورودی به خروجی بررسی می‌گردد.

تئوری المان پره

تئوری المان پره بر اساس دو فرض مهم تعریف می‌شود:

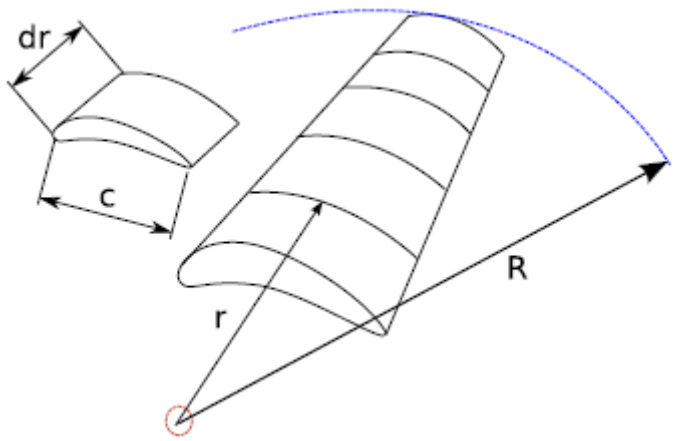
- تداخلات آیرودینامیکی بین المان‌های مختلف پره وجود ندارد.
- تنها نیروهای وارد بر پره عبارتند از نیروی لیفت و نیروی درگ.

پره‌ای مطابق شکل۴، که به N المان تقسیم‌بندی شده است، در نظر گرفته می‌شود. از آن‌جا که هر یک از این المان‌ها سرعت خطی($r\Omega$) ، طول وتر(c) و زاویه‌ی پیچش(γ) متفاوتی دارند بنابراین نیروهای وارده بر آن‌ها نیز با یکدیگر متفاوت خواهد بود. در این تئوری معمولا پره به ۱۰ الی ۲۰ المان تقسیم‌بندی می‌شود و جریان برای هر یک از المان‌ها بررسی می‌شود. سپس با استفاده از انتگرال عددی در طول ارتفاع پره، عملکرد کلی آن بدست می‌آید.

[۴] Cut in speed
[۵] Yaw system

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۴ مدلی برای تئوری پره [۴]

سرعت نسبی

اطلاعات مربوط به ضریب لیفت و درگ برای ایرفویل‌های مختلف به صورت جدول و یا گراف وجود دارند. البته این اطلاعات برای توربین باد کامل‌تر از توربین‌های جزر و مد می‌باشد زیرا تست‌هایی که در تونل‌های باد روی پره‌های مختلف انجام شده است بسیار بیش‌تر از تست‌هایی است که بر روی توربین‌های جزر و مد انجام شده است. از آن‌جا که بسیاری از این تست‌ها بر روی پره‌های ساکن انجام می شوند ، بنابراین ما نیاز داریم که جریان را نسبت به پره‌های متحرک برر سی کنیم تا پره ساکن. بنابراین از مفهوم سرعت نسبی استفاده می‌شود.

برای بررسی جریان حول پره، میانگینی از شرایط ورودی جریان به پره وخروجی جریان از پره در نظر گرفته می‌شوند. همان‌طور که در شکل ۴ تو ضیح داده شد، نقطه ۲ ، نقطه ورود جریان به پره و نقطه ۳، نقطه خروج جریان از پره می‌با شد. در ورود به پره، جریان هیچ‌گونه چرخش و دورانی ندارد اما در خروج از پره جریان با سرعت دورانی ω در حال چرخش می‌باشد. به عبارتی گردش حلقه‌های ایجاد شده در جریان، بر روی پره بوجود می‌آید. بنابراین میانگین سرعت دورانی جریان بر روی پره برابر است با $\omega/۲$. پره با سرعت دورانی Ω در حال چرخش می‌باشد. بنابراین سرعت مماسی پره برابر خواهد بود با $\Omega r + \frac{۱}{۲}\omega r$. این امر در شکل (۲-۵) نشان داده شده است.

نیروهای وارد بر المان پره

نیروهای وارد بر المانی از پره در شکل (۲-۶) نمایش داده شده است. نیروی درگ در راستای جریان و نیروی لیفت عمود بر راستای جریان می‌باشد. در این صورت نیروی محوری و نیروی مماسی را می‌توان به شکل زیر نوشت:

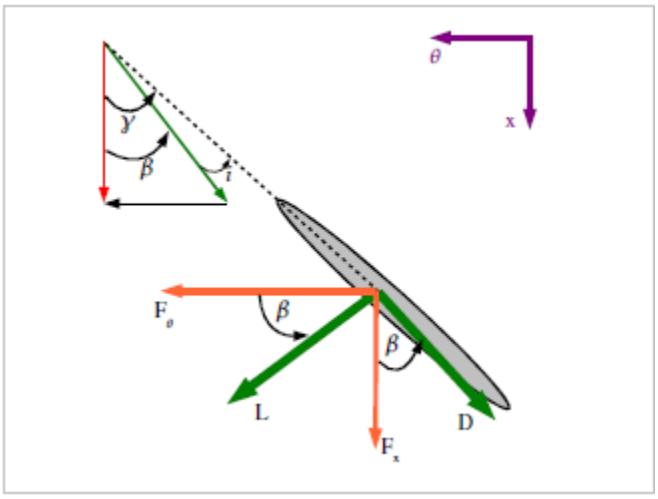
$$dF_\theta = dL\cos\beta - dD\sin\beta \qquad (۱۹-۲)$$

$$dF_x = dL\sin\beta + dD\cos\beta \qquad (۲۰-۲)$$

در روابط (۲-۱۹) و (۲-۲۰) ، dL و dD به ترتیب نیروی لیفت و نیروی درگ می‌باشند.

www.SID.ir

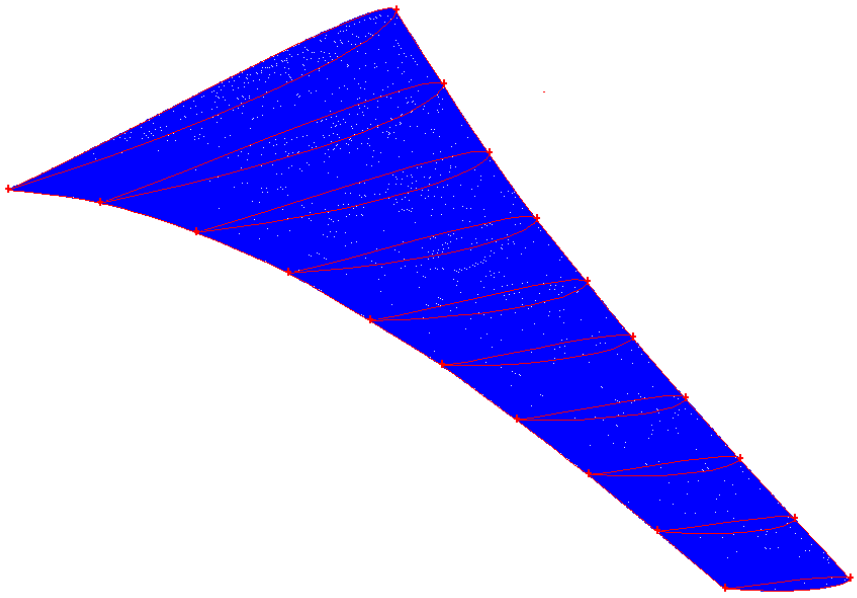
Archive of SID



شکل۲-۶- نیروهای وارد بر المانی از پره [۴]

شبکه محاسباتی

برای ایجاد شبکه از نرم‌افزار گمبیت ۲,۴ استفاده شده‌است. این نرم افزار توانایی ایجاد شبکه بی سازمان و سازمان‌یافته را دارد. به دلیل حساسیت نتایج به شبکه اطراف دیواره از شبکه سازمان یافته و لایه مرزی جهت تولید شبکه استفاده می شود. شبکه تولید شده برای هندسه در شکل۴-۳ مشاهده می شود. شبکه روی پره مثلثی می باشد. در شکل ۴-۴ نمای کلی هندسه تحلیل با شبکه آورده شده است.



شکل۴-۳ شبکه روی پره

شرایط مرزی

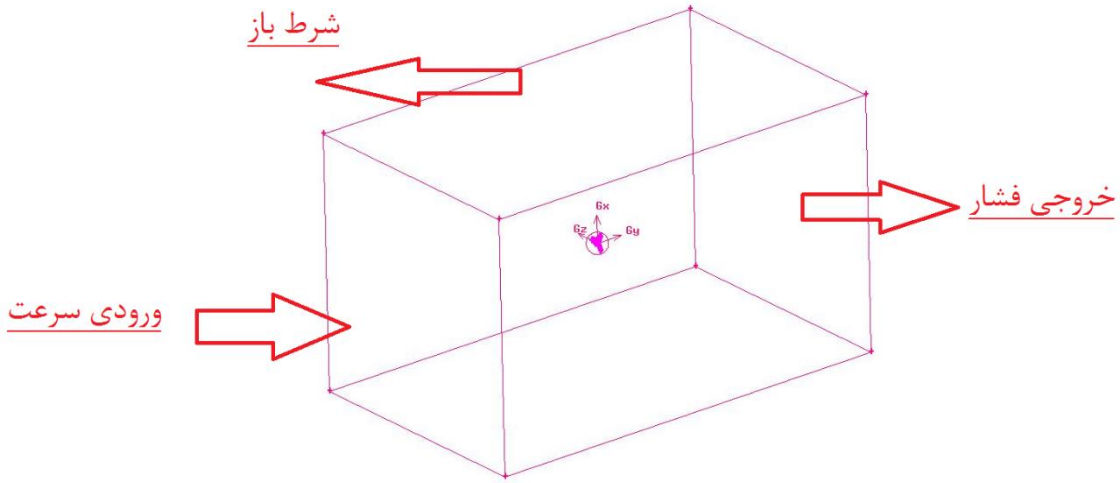
در این مدل سازی از ورودی سرعت و خروجی فاشر استفاده شده است. ناحیه حل به دو ناحیه متحرک و ثابت تقسیم شده است. بقیه مرزهای دوردست نیز باز تعریف شده که فشار ۱ اتمسفر را دارند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۴-۲ مشخصات هندسه و شرایط مرزی

هندسه	مشخصات تحلیل
قطر روتور	۱ متر
سرعت ورودی	۸ متر بر ثانیه
سرعت دوران	۵۶ تا ۹۶ رادیان بر ثانیه
شرایط مرزی پره	دوار و دیواره بدون لغزش
فشار خروجی	۱ اتمسفر



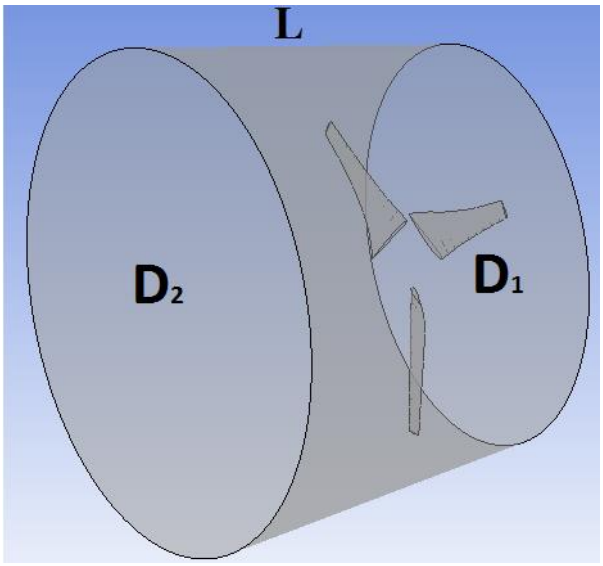
شکل۴-۱۰ شرایط مرزی

۴-۳. نتایج و بحث روی نتایج

برای بررسی اثر کانال بر روی توربین باد، هندسه اعتبارسنجی در داخل کانال تحلیل می گردد. اندازه ورودی و خروجی کانال و همچنین طول کانال از جمله پارامترهایی هســـتند که باید مورد مطالعه قرار بگیرند. همچنین اثر وجود دیواره و فیزیک جریان نیز در این بخش برر سی می گردد و نتایج بر ح سب ضریب توان ارائه می شوند. در شکل ۴-۱۶ هند سه توربین باد درداخل کانال با طول ۱ متر و نسبت خروجی به ورودی ۱/۲۷ مشاهده می شود.

www.SID.ir

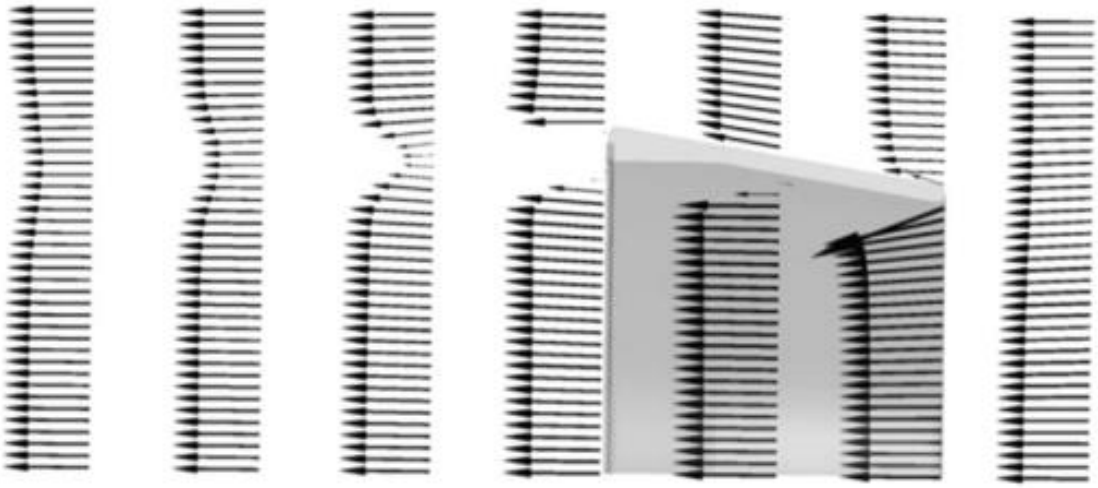
Archive of SID



شکل۴-۱۶ هندسه توربین باد درداخل کانال با طول ۱ متر و نسبت خروجی به ورودی ۱/۲۷

جهت جریان ورودی به داخل کانال

برای شبیه سازی توربین داخل کانال، نحوه شبیه سازی به این صورت است که دو حجم ثابت و دوار تعریف می گردد. از آنجا که توربین در داخل کانال قرار می گیرد، لازم است حجم دوار به گونه ای تعریف گردد که قابلیت ایجاد شبکه در فاصله بین دیواره و صفحه حجم دوار باشد. این مساله را میتوان به عنوان یکی از محدودیت های کار شبیه سازی توربین داخل کانال نام برد. برای جریان ورودی، جهت جریان از قطر کوچکتر به قطر بزرگتر فرض شده است. علت این مساله به دلیل آن است که با افزایش مساحت با پیشرفت جریان در داخل کانال، جریان با سرعت بیشتری می تواند خارج گردد. شکل۴-۱۷ جهت بردارهای جریان کانال را قبل از ورودی تا خروجی نشان می دهد.



شکل۴-۱۷ جهت بردارهای جریان کانال

در شکل۴-۱۸ مقادیر فشار پره برای کانال با طول ۱ متر و نسبت خروجی به ورودی ۱/۱۸ آورده شده است. مشاهده می شود که با قرار گرفتن پره در داخل کانال در مقایسه با حالت بدون توربین مقادیر فشار افزایش می‌یابد. این افزایش فشار بر روی ضریب توان توربین اثر می گذارد.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل۴-۱۸ مقادیر فشار پره برای کانال با طول ۱ متر و نسبت خروجی به ورودی ۱/۱۸

در جدول۴-۴ نتایج حل عددی برایتوربین کانال دار با طول ۱ متر در سرعت بی بعد ۵ آورده شده است. مشاهده می شود که با افزایش نسبت قطر ورودی جریان به خروجی جریان، ضریب توان افزایش می یابد. این مساله نشان دهنده این مطلب است که برای طراحی کانال، ورودی تا حد ممکن باید کوچک باشد که کمینه آن قطر روتور می باشد. خروجی نیز تا حد ممکن بزرگ گرفته شود. بزرگی خروجی کانال با توجه به اینکه حد نصاب مشخصی از لحاظ آیرودینامیکی می تواند نداشته باشد، اما از لحاظ سازه و فضای نصب و وزن سازه در بزرگی کانال با محدودیت روبرو است. این محدودیت باید توسط سازنده مشخص گردد. در این تحلیل تا اندازه نسبت خروجی به ورودی ۱/۲۷آورده شده است. جدول۴-۵ نتایج حل عددی برای توربین کانال دار با طول ۰/۵ متر در سرعت بی بعد ۵ را نشان می دهد. منظور از سرعت بی بعد پارامتر TSR می باشد. مشاهده می شود که با کوچک شدن کانال مقادیر ضریب توان افزایش یافته است. بر اساس نظریه بتز بیشینه ضریب توان برای یک توربین باد در جریان آزاد ۰/۵۹ می باشد. برای توربین در داخل کانال، ضریب توان از این مقدار نیز می تواند عبور کند.

جدول۴-۴ نتایج حل عددی برایتوربین کانال دار با طول ۱ متر در سرعت بی بعد ۵

D۲/D۱	V(m/s)	W(rpm)	Q(N.m)	Cp(CFD)
۱,۲۷۲۷۲۷	۸	۸۰	۱,۵۸۷۱	۰,۵۳۵۱۷۴
۱,۱۸۱۸۱۸	۸	۸۰	۱,۳۵۵۶	۰,۴۵۷۱۱۲
۱,۰۹۰۹۰۹	۸	۸۰	۱,۲۰۸	۰,۴۰۷۳۴۱

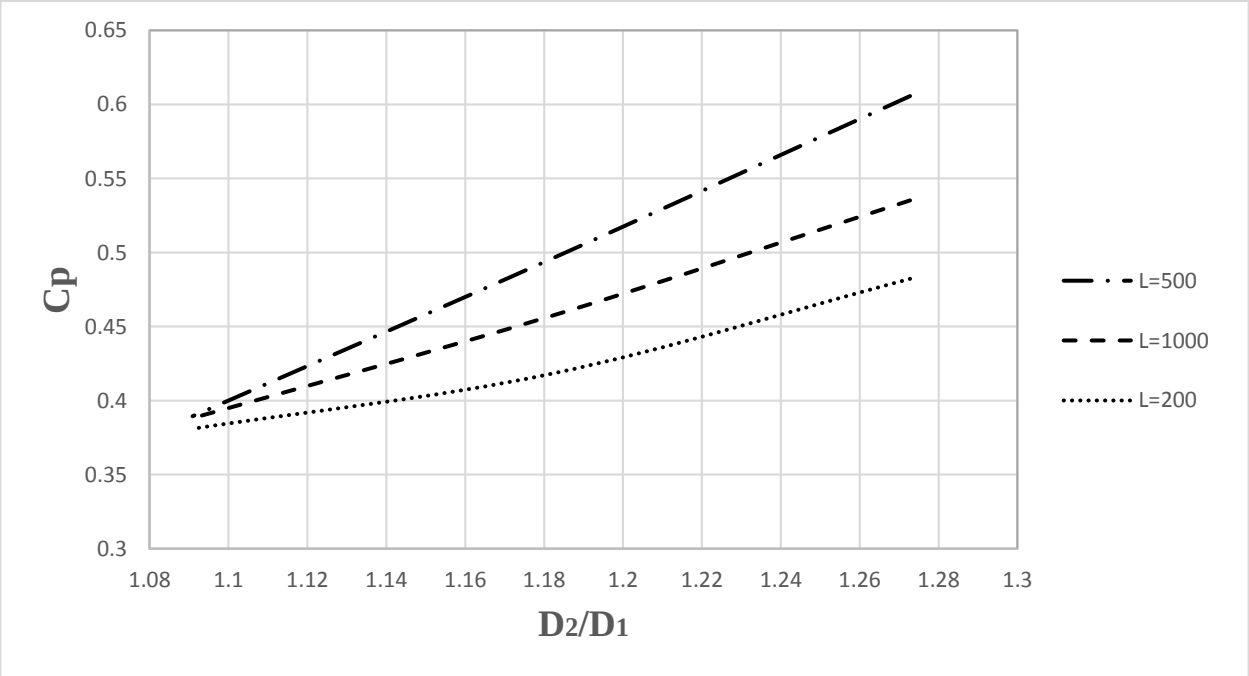
جدول۴-۵ نتایج حل عددی برایتوربین کانال دار با طول ۰/۵ متر در سرعت بی بعد ۵

D۲/D۱	V(m/s)	W(rpm)	Q(N.m)	Cp(CFD)
۱,۲۷۲۷۲۷	۸	۸۰	۱,۷۹۵۹	۰,۶۰۵۵۸۲
۱,۱۸۱۸۱۸	۸	۸۰	۱,۴۷	۰,۴۹۵۶۸۸
۱,۰۹۰۹۰۹	۸	۸۰	۱,۱۵۵	۰,۳۸۹۴۶۹

www.SID.ir

Archive of SID

شـکل۴-۱۸ مقادیر ضـریب توان پره بر حسـب نسـبت ورودی به خروجی کانال در دو طول مختلف کانال را نشـان می دهد. مشاهده می شود که شیب تغییرات برای کانال با طول ۵۰۰ میلیمتر بیشتر است. کمترین میزان بازده برای طول ۲۰۰ میلیمتر است. به دلیل کوتاه بودن طول کانال، اثر کانال ناچیز بوده و تاثیر زیادی بر مقادیر ضریب توان ندارد. مشاهده می شود که طول کانال ۱ متر نیز دارای مقادیر ضریب توان کمتر از طول نیم متر است. با افزایش طول کانال به دلیل اینکه انرژی جنبشی جریان در طول کانال کم می شود و صرف اصطکاک جریان با کانال می گردد، بازده توربین افت می کند.

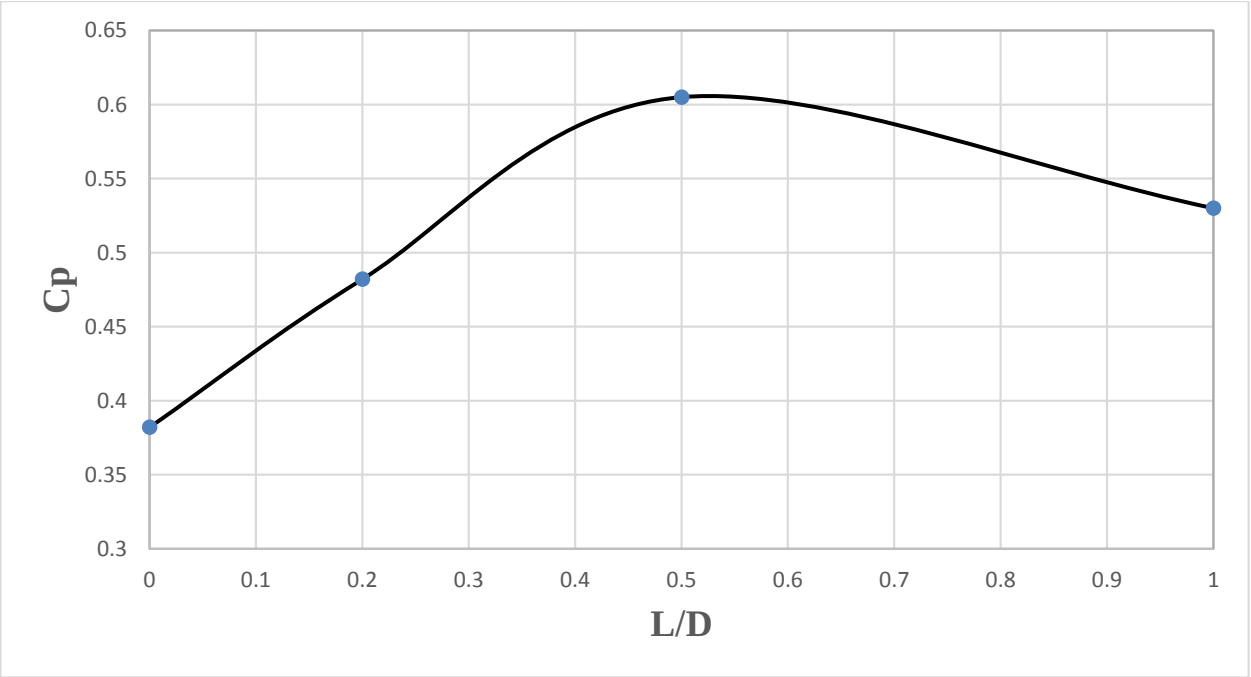


شکل۴-۱۸ مقادیر ضریب توان پره بر حسب نسبت ورودی به خروجی کانال در دو طول مختلف کانال

برای مقایسه بهتر نتایج اثر طول کانال بر بازده، در شکل۴-۱۹ مقادیر ضریب توان پره بر حسب نسبت طول کانال به قطر روتور نشان داده شده است. مشاهده می شود که وجود کانال به طور کلی بازده توربین را افزایش داده است. با افزایش طول کانال به میزان نصف قطر روتور مقادیر بازده افزایش می یابد. در ادامه با افزایش طول کانال افت مقادیر بازده مشاهده می شود. در نتیجه میتوان گفت بهترین طول کانال برای این پره، نصف قطر روتور می باشد.

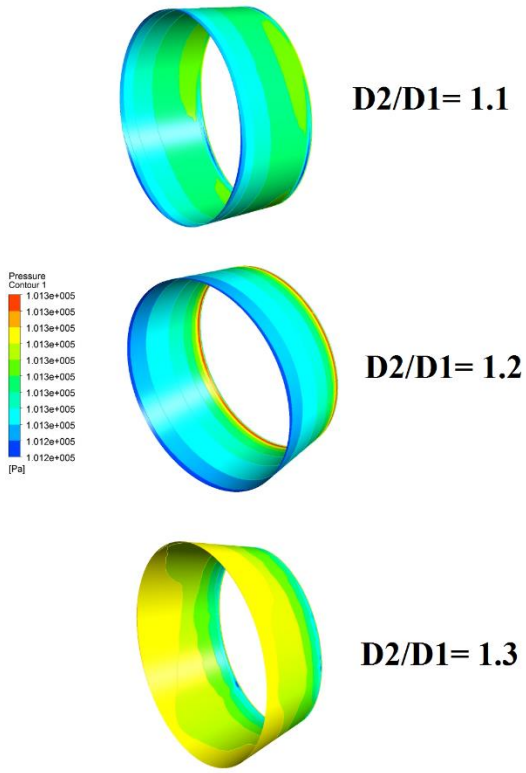
www.SID.ir

Archive of SID



شکل۴-۱۹ مقادیر ضریب توان پره بر حسب نسبت طول کانال به قطر روتور در سرعت بی بعد ۵

در شکل ۴-۲۱ مقایسه مقادیر فشار کانال با طول نیم متر و نسبت خروجی به ورودی های مختلف آورده شده است. مشاهده می شود که با افزایش نسبت خروجی به ورودی کانال، مقادیر فشار داخل کانال افزایش می یابند. این مساله نشان دهنده اثر نازل واگرا روی جریان می باشد. با افزایش سطح مقطع سرعت کاهش می یابد و در نتیجه فشار افزایش می یابد.



شکل۴-۲۱ مقایسه مقادیر فشار کانال با طول نیم متر و نسبت خروجی به ورودی های مختلف

www.SID.ir

Archive of SID

۳. نتیجه‌گیری

توربین مورد استفاده اولیه یک توربین کوچک با قطر ۱ متر است. برای اعتبار سنجی از داده های داده شده ضریب توان در TSR های مختلف استفاده شده است. حل عددی معادلات ناویر-استوکس به وسیله کد تجاری انسیس انجام شده است. این نرم‌افزار از روش حجم محدود استفاده می‌کند که در آن دامنه محاسباتی به یک سری المان گسسته می‌شود. این کار با استفاده از نرم‌افزارهای تولید شبکه صورت می‌پذیرد. مشاهده می شود که با قرار گرفتن پره در داخل کانال در مقایسه با حالت بدون توربین مقادیر فشار افزایش می یابد. این افزایش فشار بر روی ضریب توان توربین اثر می گذارد. مشاهده می شود که با افزایش نسبت قطر ورودی جریان به خروجی جریان، ضریب توان افزایش می یابد. این مساله نشان دهنده این مطلب است که برای طراحی کانال، ورودی تا حد ممکن باید کوچک باشد که کمینه آن قطر روتور می باشد. خروجی نیز تا حد ممکن بزرگ گرفته شود. بزرگی خروجی کانال با توجه به اینکه حد نصاب مشخصی از لحاظ آیرودینامیکی می تواند نداشته باشد، اما از لحاظ سازه و فضای نصب و وزن سازه در بزرگی کانال با محدودیت روبرو است. این محدودیت باید توسط سازنده مشخص گردد. مشاهده می شود که با کوچک شدن کانال مقادیر ضریب توان افزایش یافته است. بر اساس نظریه بتز بیشینه ضریب توان برای یک توربین باد در جریان آزاد ۰/۵۹ می باشد. برای توربین در داخل کانال، ضریب توان از این مقدار نیز می تواند عبور کند.

از بررسی طول کانال های مختلف مشاهده می شود که شیب تغییرات برای کانال با طول ۵۰۰ میلیمتر بیشتر است. کمترین میزان بازده برای طول ۲۰۰ میلیمتر است. به دلیل کوتاه بودن طول کانال، اثر کانال ناچیز بوده و تاثیر زیادی بر مقادیر ضریب توان ندارد. مشاهده می شود که طول کانال ۱ متر نیز دارای مقادیر ضریب توان کمتر از طول نیم متر است. با افزایش طول کانال به دلیل اینکه انرژی جنبشی جریان در طول کانال کم می شود و صرف اصطکاک جریان با کانال می گردد، بازده توربین افت می کند. مقادیر ضریب توان پره بر حسب نسبت طول کانال به قطر روتور نشان می دهد که وجود کانال به طور کلی بازده توربین را افزایش داده است. با افزایش طول کانال به میزان نصف قطر روتور مقادیر بازده افزایش می یابد. در ادامه با افزایش طول کانال افت مقادیر بازده مشاهده می شود. در نتیجه میتوان گفت بهترین طول کانال برای این پره، نصف قطر روتور می باشد. مقایسه مقادیر فشار کانال با طول نیم متر و نسبت خروجی به ورودی های مختلف نشان می دهد که با افزایش نسبت خروجی به ورودی کانال، مقادیر فشار داخل کانال افزایش می یابند. این مساله نشان دهنده اثر نازل واگرا روی جریان می باشد. با افزایش سطح مقطع سرعت کاهش می یابد و در نتیجه فشار افزایش می یابد.

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع

[۱] R. J. Barthelmie, S.T Frandsen, M.N. Nielsen, S.C. Pryor, P.E. Rethore, H.E. Jørgensen, Modelling and Measurements of Power Losses and Turbulence Intensity in Wind Turbine Wakes at Middelgrunden Offshore Wind Farm, Wind Energy ۲۰۰۷.

[۲] K. S. Hansen, R. J. Barthelmie, L. E. Jensen, A. Sommer, The impact of turbulence intensity and atmospheric stability on power deficits due to wind turbine wakes at Horns Rev wind farm, Wind Energy ۲۰۱۲, ۱۵:۱۸۳–۱۹۶.

[۳] Y.-T. Wu, F. Porte-Agel, Atmospheric Turbulence Effects on Wind-Turbine Wakes: An LES Study, Energies ۲۰۱۲, ۵:۵۳٤۰-۵۳٦۲;

[٤] K. S. Hansen, R. J. Barthelmie, L. E. Jensen, A. Sommer, The impact of turbulence intensity and atmospheric stability on power deficits due to wind turbine wakes at Horns Rev wind farm, Wind Energy ۲۰۱۲, ۱۵:۱۸۳–۱۹۶.

[۵] D. Medici, P.H. Alfredsson, Measurements on a Wind Turbine Wake: ۳D Effects and Bluff Body Vortex Shedding, Wind Energy ۲۰۰٦, ۹:۲۱۹-۲۳٦

[٦] B. Kosasih, H. Saleh Hudin, “Influence of inflow turbulence intensity on the performance of bare and diffuser-augmented micro wind turbine model”, Renewable Energy ۸۷ (۲۰۱٦).

[۷] Qing'an Li, Junsuke Murata, Masayuki Endo, Takao Maeda, Yasunari Kamada, “Experimental and numerical investigation of the effect of turbulent inflow on a Horizontal Axis Wind Turbine (part II: Wake characteristics)”, Energy ۱۱۳ (۲۰۱٦) ۱۳۰٤-۱۳۱۵.

[۸] David Wafula Wekesa, Cong Wang, Yingjie Wei, Weidong Zhu, “Experimental and numerical study of turbulence effect on aerodynamic performance of a small-scale vertical axis wind turbine”, J. Wind Eng. Ind. Aerodyn. ۱۵۷ (۲۰۱٦) ۱–۱٤.

www.SID.ir

Archive of SID

Numerical study of wind turbines with canal and Effect of channel length

Jawad Alizadeh
Master of Mechanical Engineering, University of Islamic Azad Majlesi Branch, Address, Iran, E-mail: javad۳۲۳۷@gmail.com

Omid Ghahraei

Assistant Professor, Faculty of Mechanical Engineering, University of Islamic Azad Majlesi Branch, Address, Iran, E-mail: o.ghahraei@iaumajlesi.ac.ir

Abstract. The increasing demand for renewable energy in the systems on the one hand and the complexity of the design of wind turbines have led, despite many studies in this area, methods for increasing the efficiency of horizontal turbines still have many obscure points. Research done so far has been more in the design for a free-flow turbine. In other words, there is little research into numerical analysis of a turbine inside a simple channel and channel effect on current physics.
The present work is to analyze and design a simple channel and to investigate the effect of channel shape on turbine power factor using ANSIS software.
The values of the power factor of the blade in terms of the length of the channel to the diameter of the rotor indicate that the presence of the channel generally increases the turbine efficiency, and the best length of the channel for this blade is half the diameter of the rotor.

Keywords: Small horizontal wind turbine, Channel, Power factor, Numerical fluid dynamics

www.SID.ir