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 موقعیت پره در توربین های بادی کانال دار

حسین محسنیان سی‌سخت[۱]، عباس محمدی[۲]

[۱] *دانشجوی دکتری مکانیک تبدیل انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دشتستان*
hosseinmohsenian@gmail.com

[۲] *دانشجوی دکتری مکانیک تبدیل انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دشتستان*
seyedabbas۲۰۱۰@yahoo.com

چکیده

با توجه به اینکه مواد قابل احتراق فسیلی در زمین رو به کاهش است،و همچنین به علت ازدیاد مصرف انرژی و اثرات زیان‌بار انرژی‌های فسیلی، استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر در حال افزایش می‌باشد. اخیرا پیشرفتهای زیادی در مورد استفاده از انرژی باد حاصل شده است. انرژی باد اغلب در دسترس بوده و هیچ نوع آلودگی بر جای نمیگذارد و میتواند از نظر اقتصادی نیز در دراز مدت قابل مقایسه با سایر منابع انرژی شود. در این پژوهش به بررسی اثر موقعیت پره در یک کانال با استفاده از نرم افزار انسیس پرداخته شده است. نتایج نشان میدهند که پره در موقعیت طولی بی بعد ۰/۳۲ مقدار ضریب توان به بیشینه خود رسیده است.

کلمات کلیدی: نوربین بادی، بهینه سازی، کانال توربین دار، پره توربین.

۱. مقدمه

در حال حاضر، به علت ازدیاد مصرف انرژی و اثرات زیان‌بار انرژی‌های فسیلی، استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر در حال افزایش می‌باشد. بیش‌ترین منابع انرژی‌های تجدیدپذیر که هم‌اکنون از آن‌ها استفاده می‌شود عبارتند از انرژی خورشیدی،بادی و زمین‌گرمایی.

جمعیت جهان در نیمه‌ی دوم قرن بیستم به اندازه‌ی دو برابر جمعیت اولیه افزایش یافت و در پی آن مصرف انرژی و فعالیت‌های اقتصادی چهار برابر شدند. طبق گزارش سازمان انرژی[۱] (EIA) مصرف انرژی از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۳۰ به اندازه‌ی ۴۴٪ افزایش خواهد یافت[۱]. افزایش پیوسته‌ی مصرف انرژی به علت این‌که به شدت وابسته به سوخت‌های فسیلی می‌باشد، به سختی قابل مهار می‌باشد.

یکی از مشکلات استفاده از سوخت‌های فسیلی و انرژی هسته‌ای برای تولید انرژی این است که منابع پایان‌پذیری هستند. طبق یک سری از تحقیقات، بنزین، گاز طبیعی و زغال سنگ، ۳۵، ۳۷ و ۱۰۷ سال بعد به اتمام می‌رسند [۱]. برای جبران افزایش مصرف انرژی در آینده، می‌بایست استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر افزایش یابد.

[۱] Energy Information Administration

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به اینکه مواد قابل احتراق فسیلی در زمین رو به کاهش است، در طی انقلاب صنعتی به دلیل ارزانی و قابلیت اعتماد بالا، جایگزین انرژی باد شدند. با آن وجود بحران نفتی باعث ایجاد تمایلات جدیدی در زمینه تکنولوزی انرژی باد جهت تولید برق متصل به شبکه، پمپاژ آب و تامین انرژی الکتریکی نواحی دور افتاده گردید. در سالهای اخیر، مشکلات زیست محیطی و مسئله تغییر آب و هوای کره زمین به علت استفاده از منابع انرژی متعارف این علایق را تشدید کرده است. اخیرا پیشرفتهای زیادی در مورد استفاده از انرژی باد حاصل شده است. انرژی باد اغلب در دسترس بوده و هیچ نوع آلودگی بر جای نمیگذارد و میتواند از نظر اقتصادی نیز در دراز مدت قابل مقایسه با سایر منابع انرژی شود. در سالهای اخیر تلاش زیادی برای استفاده از انرژی باد بکار گرفته شده و تولید انرژی از طریق باد با استفاده از تکنولوژی پیشرفته در ابعاد بزرگ لازم و ضروری جلوه کرده است [۲]

توربین‌های باد کوچک و انواع آن‌ها

توربین‌های با قطر کمتر از ۱۵ متر و توان خروجی کمتر از ۵۰ کیلووات، جزو توربین‌های کوچک طبقه‌بندی می‌شوند [۲]. هرچند اکثر توربین‌های کوچک قطری حدود ۷ متر یا کمتر دارند و توان خروجی آن‌ها بین ۱ کیلووات و ۱۰ کیلووات می‌باشد. برای کاربردهای خانگی، توربین های باد می‌توانند قطری کمتر از ۲ متر و توان خروجی به اندازه‌ی ۱ کیلووات و حتی کمتر داشته باشند [۲]. این نوع توربین‌ها را معمولا در ارتفاع بیش‌تر از ۱۵ متر نصب می‌کنند تا از اثرات توربولانس زمین دور باشد. برای این هدف استفاده از ستون‌های کابلی[۲] بر روی پشت‌بام بسیار مناسب است.

توربین‌های باد خانگی به دو دسته‌ی کلی محور افق و محور عمود تقسیم‌بندی می‌شوند. توربین‌های محور افق نوع متداول توربین‌های خانگی می‌باشد که در شکل (۱-۲) 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 داریوس[۳] و ساوونیوس[۴] 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 ساونیوس[۵] 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]

[۲] Tilt-up towers
[۳] Vertical axial Darrieus
[۴] Vertical axial Savonius
[۵] 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.

ضرورت تحقیق حاضر

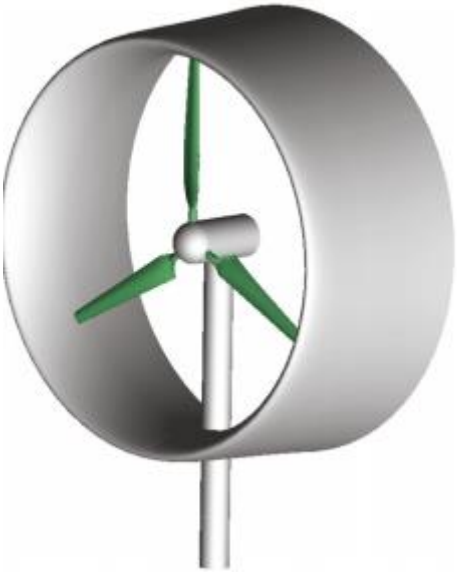
همان‌طور که ذکر گردید، اهمیت استفاده از انرژی های تجدیدپذیر در سیستم‌ها از یک طرف و پیچیدگی طراحی توربین های بادی باعث شده با وجود مطالعات انجام شده بسیاری در این زمینه، نکات مبهم و بدون پاسخ زیادی همچنان باقی مانده باشد. تحقیقات انجام شده تاکنون بیشتر در طراحی با استفاده از روش های عددی ساده و هزینه 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 حاضر، پارامترهای طراحی کانال توربین بادی به نام اینولکس با استفاده از نرم افزار انسیس بررسی می‌شود. بررسی 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 می شود. از نرم افزار انسیس که یک نرم افزار سیالاتی است برای بررسی فیزیک جریان استفاده می شود. شکل ۴ شماتیک هندسه مورد بررسی را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- شماتیک مسئله طراحی در پژوهش حاضر

۱-۸ روش حل مسئله

در شبیه‌سازی حاضر، ابتدا هندسه پره مورد نظر در نرم‌افزار فلوئنت 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 و تکانه

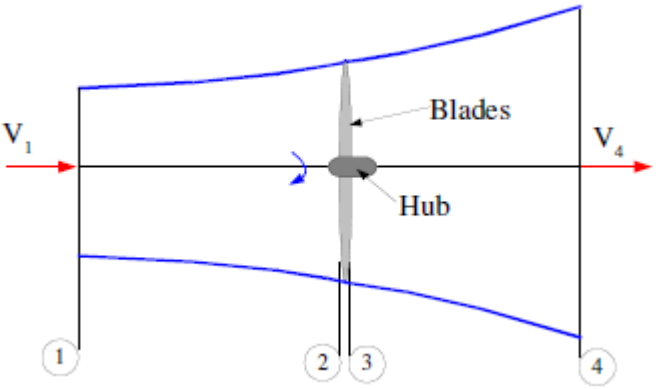
برای طراحی پره از نرم افزار Q-Blade استفاده می گردد. این نرم افزار بر پایه المان پره و تکانه نوشته شده است. این تئوری خود ترکیبی از دو تئوری می‌باشد. اولین تئوری، تئوری ممنتوم می‌باشد که نیروهای محوری و مماسی و گشتاور وارده بر توربین را با نوشتن معادلات پایه سیالاتی و دینامیکی بدست می‌آورد. دومین تئوری مربوط به خود پره می‌باشد. در این تئوری با استفاده از تحلیل جریان خارجی بر روی پره و با استفاده از نیروهای لیفت و درگ، نیروی محوری و مماسی و همچنین گشتاور وارده محاسبه می‌شوند. با ترکیب این دو تئوری نتایج سودمندی بدست می‌آیند که در ادامه توضیح داده می‌شود.

۲-۱-تئوری تکانه

یک حجم کنترل یا به عبارتی یک تیوپی از جریان همانند شکل ۵ حول توربین در نظر گرفته می‌شود. چهار نقطه در این شکل نمایش داده شده است. نقطه ۱، نقطه‌ای است در بالادست جریان، نقطه ۲، دقیقا قبل از برخورد جریان با پره‌های توربین قرار دارد، نقطه ۳، دقیقا بعد از پره‌های توربین قرار دارد و نقطه ۴، نقطه‌ای است در پایین‌دست جریان.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۵- تواحی مختلف توربین برای آنالیز [۴]

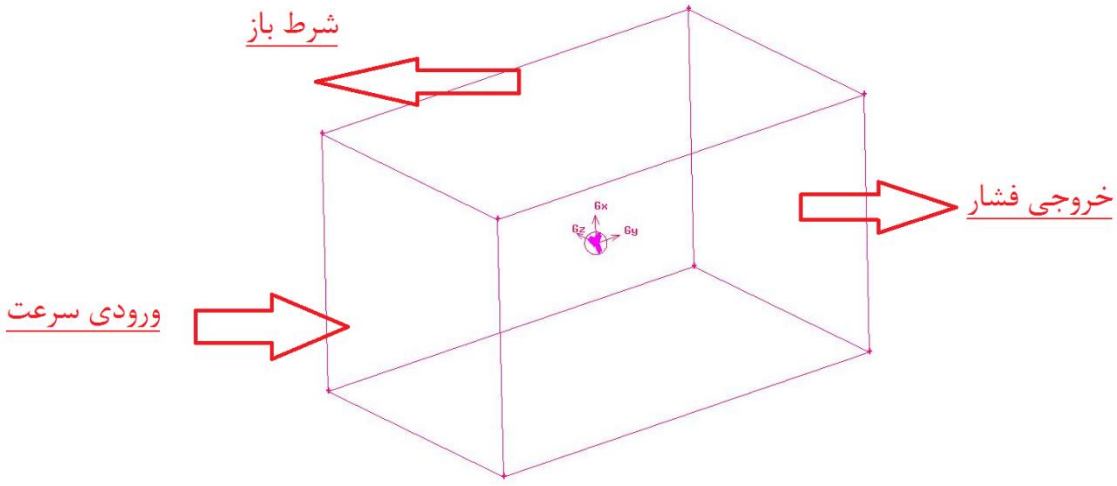
تبادل انرژی بین نقاط ۲ و ۳ اتفاق می‌افتد و در نتیجه فشـــار از نقطه ۲ به نقطه ۳ کاهش می‌یابد. از آن‌جا که نقاط ۱ و ۴ دو نقطه در بالادست و پایین‌دست جریان هستند و تابعی ازاختلاف فشار در توربین نیستند، بنابراین می‌توان فرض کرد که فشار در نقطه ۱ با فشار در نقطه ۴ برابر است. همچنین به علت این‌که نقاط ۲ و ۳ به یکدیگر نزدیک هستند می‌توان فرض کرد که سرعت در نقطه ۲ با سرعت در نقطه ۳ برابر است.

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.

جدول۱- 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



شکل۶- شرایط مرزی

www.SID.ir

Archive of SID

۲-۳. نتایج و بحث روی نتایج

در این فصل به تحلیل عددی پره بهینه شده مرجع۱ می پردازیم. تحلیل عددی با استفاده از یک کد تجاری به نام انسیس سی اف ایکس که نرم افزاری جهت تحلیل سیالات می باشد انجام می گیرد. برای شبیه سازی ابتدا مدل مورد نظر در نرم افزار طراحی ترسیم می شود. سپس فایل تولید شده در نرم افزار تولید شبکه، شبکه بندی می گردد. در مرحله بعد این شبکه به نرم افزار انسیس سی اف ایکس وارد گردیده و پس از دادن مقادیر شرایط مرزی و تعیین روش حل تحلیل می گردد.

شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌ساز مراحل خاصی دارد که می‌بایست یک به یک اجرا شود تا در نهایت نتایج موردنظر حاصل شود. این مراحل به ترتیب عبارتند از:

۱- تولید هندسه مورد نظر
۲- شبکه‌بندی
۳- اعمال شرایط مرزی یا اولیه
۴- حل با استفاده از روش‌های عددی موجود

در شکل۷ نمایی از پره ترسیم شده مشاهده می شود. هندسه ایجاد شده سه بعدی برای تحلیل عددی آورده شده است. در جدول ۲ مشخصات پره ترسیمی با استفاده از ایرفویل SD۸۰۰۰ آورده شده است. هندسه پره داده شده در نرم افزار طراحی ترسیم شده است که در شکل۷ نشان داده شده است.

تعیین موقعیت طولی بهینه توربین در داخل کانال

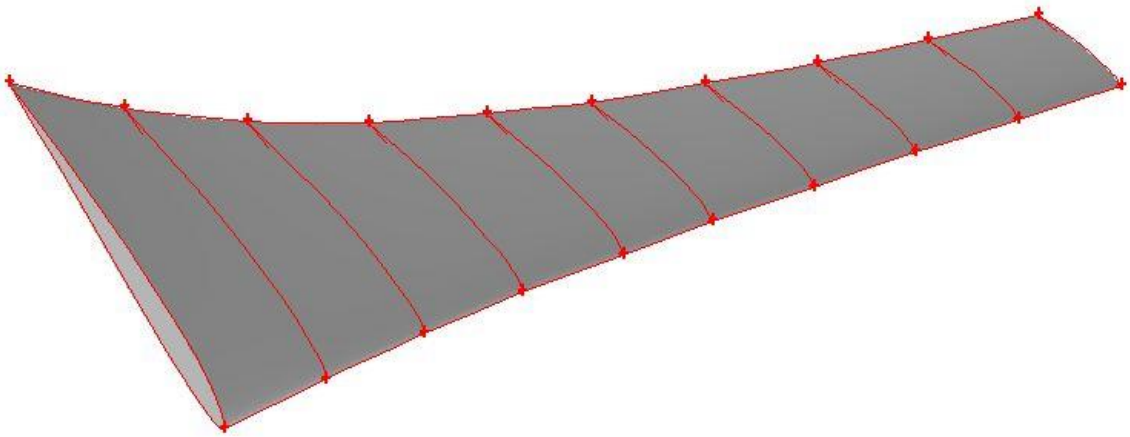
تحلیل های انجام شده در بخش قبل همگی در فاصله یک سوم طول کانال از ورودی انجام شده است. در این بخش بررسی اثر موقعیت‌های مختلف توربین در داخل کانال انجام شده است. شکل۴-۲۲ موقعیت های مختلف قرار گیری توربین در داخل کانال با طول نیم متر را نشان می دهد.

جدول۲- مشخصات پیچش و طول مقطع پره

www.SID.ir

Archive of SID

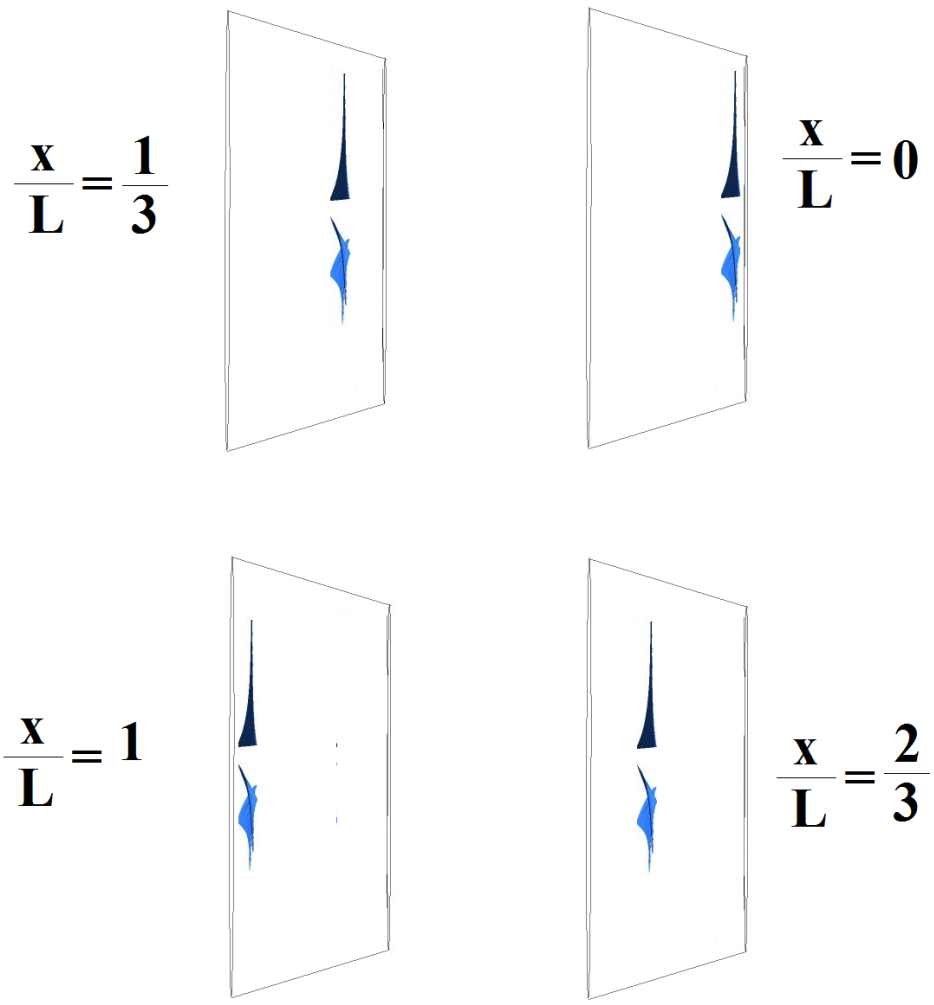
Geometry of blade			
Section	*r/R*	Chord length (m)	Pitch angle (deg)
1	0.20	0.153	25.0
2	0.29	0.133	18.1
3	0.38	0.113	13.6
4	0.47	0.096	10.5
5	0.56	0.084	8.2
6	0.64	0.074	6.5
7	0.73	0.066	5.2
8	0.82	0.059	4.1
9	0.91	0.054	3.3
10	1.00	0.049	2.5



شکل۷- نمای سه بعدی پره طراحی شده

www.SID.ir

Archive of SID

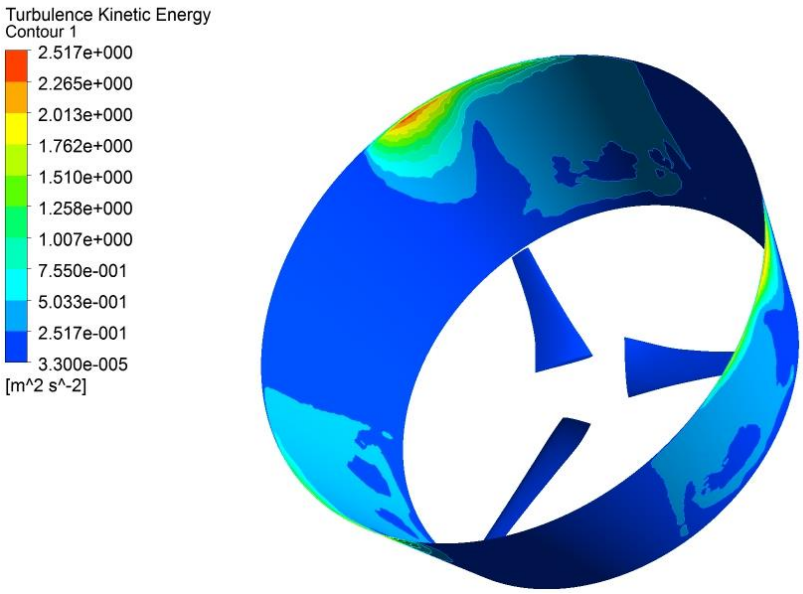


شکل۸-موقعیت های مختلف قرار گیری توربین در داخل کانال با طول نیم متر

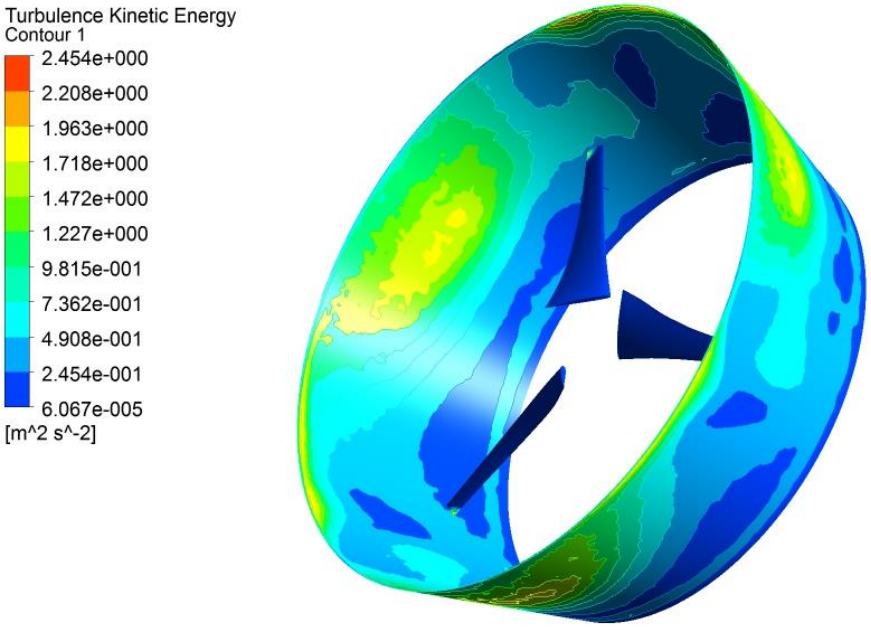
برای بررسی اثر موقعیت توربین در داخل کانال، فیزیک جریان و پارامتر انرژی جنبشی آشفتگی بررسی شده است. در شکل های ۱۰،۹ و ۱۱ مقادیر انرژی جنبشی آشفتگی برای پره در ورودی کانال با طول ۰/۵ متر و نسبت خروجی به ورودی متفاوت آورده شده است. در شکل ۹ مشاهده می شود که برای موقعیت پره در ورودی، اثر چرخش پره بر روی انرژی جنبشی آشفتگی سطح کانال نتوانسته کل کانال را پوشش دهد، در نتیجه می توان نتیجه گرفت که با قرار دادن پره در ورودی کانال، اثر کانال به کمترین حد خود می رسد. در شکل ۱۰ مقادیر انرژی جنبشی آشفتگی برای پره در یک سوم طول مشاهده می شود. در مقایسه با حالت قرار دادن پره در ورودی، مقادیر انرژی جنبشی اشفتگی سطح کانال افزایش قابل توجه داشته و تمامی سطح را پوشش داده است. این مساله نشان دهنده موثر بودن کانال و استفاده کامل از دیواره نزدیک پره می باشد. در شکل ۱۱ مشاهده می شود که با قرار دادن کانال در خروجی، تنها قسمت خروجی کانال درگیر شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



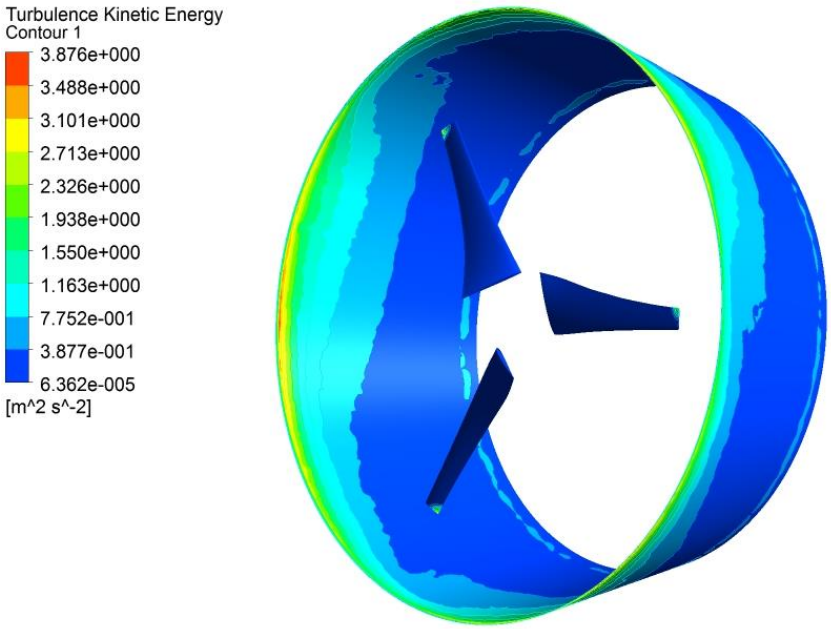
شکل۹- مقادیر انرژی جنبشی آشفتگی برای پره در ورودی کانال



شکل۱۰- مقادیر انرژی جنبشی آشفتگی برای پره در یک سوم طول کانال

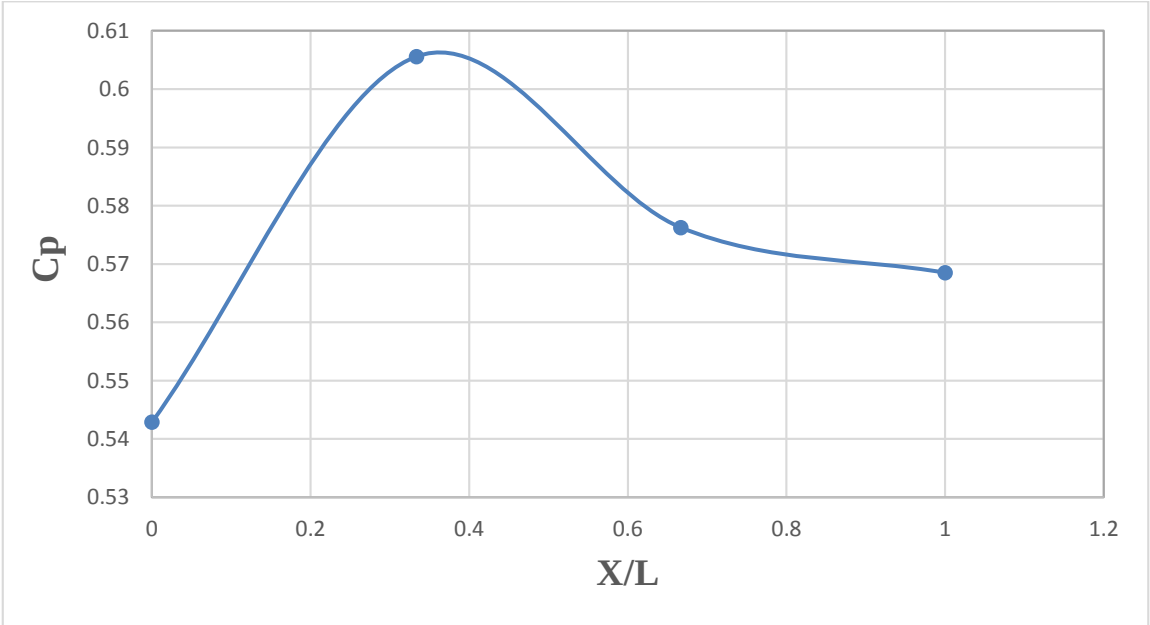
www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱۱- مقادیر انرژی جنبشی آشفتگی برای پره در موقعیت انتهای کانال

در شکل ۱۲ مقادیر ضریب توان پره بر حسب موقعیت توربین در کانال در نسبت دهانه ورودی به خروجی ۱/۲۷ آورده شده است. مشاهده می شود که در موقعیت طولی بی بعد ۰/۳۲ مقدار ضریب توان به بیشینه خود رسیده است. همانگونه که در شکل های مربوط به انرژی جنبشی آشفتگی هم بحث شد، موقعیت یک سوم طول تا دهانه ورودی بهترین بازده برای توربین را داراست.



شکل۱۲-مقادیر ضریب توان پره بر حسب موقعیت توربین در کانال در نسبت دهانه ورودی به خروجی ۱/۲۷

www.SID.ir

Archive of SID

۳. نتیجه‌گیری

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 با شد. تحقیقات انجام شده تاکنون بی شتر در طراحی برای توربین در جریان آزاد بوده ا ست. به عبارت دیگر کمتر تحقیقی به بررسی و تحلیل عددی پره توربین کوچک در داخل کانال و اثر آن بر فیزیک جریان پرداخته است. از این رو در کار حاضر، تحلیل و طراحی یک توربین کوچک با قطر ۱ متردر داخل کانال با ا ستفاده از نرم افزار انسیس مورد برر سی قرار گرفت .از نرم افزار ان سیس که یک نرم افزار محا سبات دینامیک سیالات عددی می‌با شد برای برر سی فیزیک جریان ا ستفاده می شود. در شبیه سازی حا ضر، ابتدا هند سه ایرفویل مورد نظر در نرم افزار مدل سازی شده و سپس با ا ستفاده از نرم افزار به طراحی پره پرداخته می‌شود. در ابتدا توربین نمونه انتخاب شده که یک توربین سه پره است بررسی می شود . در ادامه اثر موقعیت روتور در داخل کانال برر سی گردید. مقادیر ضریب توان پره بر ح سب موقعیت توربین در کانال در ن سبت دهانه ورودی به خروجی ۱/۲۷ نشان می دهد که در موقعیت طولی بی بعد ۰/۳۲ مقدار ضریب توان به بیشینه خود ر سیده است. همانگونه که در شکل های مربوط به انرژی جنبشی آشفتگی هم بحث شده، موقعیت یک سوم طول تا دهانه ورودی بهترین بازده برای توربین را داراست.

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 blade position

Hossein Mohsenian Sizkhat

Ph.D. Student of Mechanics, University of Islamic Azad Dashtestan Branch, Address, Iran, E-mail: hosseinmohsenian@gmail.com

Abbas Mohammadi

Ph.D. Student of Mechanics, University of Islamic Azad Dashtestan Branch, Address, Iran, E-mail: *Seyedabbas ۲۰۱۰@yahoo.com*

Abstract. Considering that fossil fuels are decreasing in the land, and the use of renewable energy sources is increasing due to increased energy consumption and the harmful effects of fossil fuels.

Recent advances have been made in using wind energy. Wind energy is often available and does not cause any pollution, and can be economically sustainable in the long run as compared to other energy sources. In this study, the effect of positioning the blade on a channel using ANSIS software has been investigated. The results show that the blade in the longitudinal position of ۰,۳۲ has reached its maximum power factor.

Keywords: Wind turbine, Optimization, turbine with canal, turbine blade.

www.SID.ir