KNO-1002-4005

تحلیل و مقایسه ضرایب برآ و پسای چند ایرفویل متداول برای انتخاب ایرفویل بهینه توربین بادی

شهریار کوراوند ، علی ماشاء اله کرمانی ، کوثر محمد علی خاکی
گروه فنی و کشاورزی ،پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
تهران، ایران
skouravand@ut.ac.ir

چکیده *– با توجه به ضرورت ا ستفاده از انرژی های پاک و همچنین تولید توان در دورد ست، بهره وری از توان باد می تواند یکی از راه های تامین انرژی با شد.از مهم ترین پارامترهای ساخت یک توربین انتخاب ایرفویل منا سب ا ست .یکی از معیارهای افزایش توان در توربین های بادی افزایش ضریب برا به پسای ایرفویل است. در این مقاله ابتدا 9 گزینه ایرفویل انتخاب و سپس با استفاده از نرم افزار ، مدل سازی و مش بندی شـده اسـت. مدل مش بندی شـده در فلوئنت تحلیل گردیده اسـت. پس از تعیین شـرایط مرزی و قرار دادن مقادیر جریان هوا، ضرایب " پسا و برا"ی هر ایرفویل بدست آمده است و با یکدیگر مقایسه گردیده است. در پایان ایرفویل بهینه مورد ا ستفاده جهت طراحی روتور های توربین بادی معرفی شده است.*

واژه های کلیدی – توربین بادی؛ ایرفویل ؛ توربین محور عمودی

مقدمه

امروزه بیشتر کشور های جهان به دلیل مشکلات زیست محیطی ناشی از مصرف سوخت های فسیلی تمایل زیادی به استفاده از انرژی های پاک دارند . در همین راستا یکی از در دسترس ترین و اقتصادی ترین روش های موجود، استفاده از توان باد و توربین های بادی است. . توسعه ی این صنعت زمانی امکان پذیر است که در قیاس با سایر منابع انرژی اقتصادی باشد و با توجه به تولید بی هزینه ی این نوع از انرژی ، طبیعی است اقتصادی بودن به معنی تعادل میان هزینه های سرمایه گذاری و میزان تامین انرژی از این روش می باشد. یکی از مهم ترین پارامترهای تاثیر گذار بر ساخت یک توربین انتخاب ایرفویل مناسب است. توربین های بادی عمدتا بر دو نوع محور عمودی و محور افقی می باشند. توربین های محور عمودی اولین وسایل در حصول انرژی باد بوده اند که انواع آن شامل روتور داریوس – ساوانیوس –زفیر و اسیاب های بادی سیستان هستند [1] و [2]. توربین های محور افقی هم اکنون در ابعاد وسیع در مناطق بادخیز مورد استفاده قرار می گیرند. از مزایای توربین های محور عمودی نسبت به نمونه ی افقی آن عدم حساسیت آنها به جهت و آشفتگی باد می باشد همچنین هزینه ی

تعمیر و نگهداری این توربین ها نسبت به توربین های محور افقی به دلیل فاصله ی کمتر جعبه دنده از زمین بسیار کمتر است اما در توربین های محور افقی به دلیل بلندی برج امکان دسترسی به باد های شدید و قوی زیاد می شود و همچنین اکثر آن ها قابلیت شروع خودکار را نیز دارا هستند . از مهم ترین معایب توربین های عمودی نسبت به افقی می توان به کم بودن سرعت دورانی پره ها و گشتاور زیاد آن ها اشاره کرد. باتوجه به تمام این خصوصیات عموما از توربین های محور عمودی در سرعت های پایین و از توربین های محور افقی در سرعت های بالا باد استفاده می شود. در اینجا سعی بر این است تا با تحلیل و مقایسه ضرایب برا به پسای چند ایرفویل متداول در طراحی روتورهای بادی بتوان بهترین ایرفویل را بر اساس بیشترین ضریب برا به پسا برای طراحی توربین پیشنهاد کرد.

ایرفویل و انواع آن

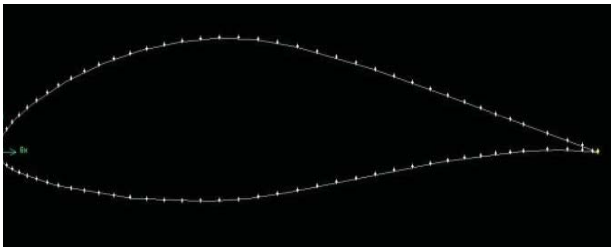
ایرفویل مقطع خاصی از یک پره، بال یا بادبان است که با عبور هوا از اطراف آن ایجاد اختلاف فشار در بالا و پایین مقطع می نماید. نیروی ایجاد شده توسط این مقطع نیروی ایرودینامیکی است .مولفه ی عمود بر راستای حرکت این نیرو ، برا (lift) و مولفه ی موازی جهت حرکت آن پسا (drag) نام دارد . نیروی برا در درجه ی اول به خاطر شکل و زاویه ی حمله در ایرفویل بوجود می آید. هر ایرفویل از دو لبه ،یکی منحنی شکل به نام لبه ی حمله و دیگری لبه ی فرار تشکیل شده است . همچنین ایرفویل از دو انحناء معمولا متقارن که انحنای بالا و انحنای پایین نام دارند نیز تشکیل یافته است. در این مقاله ابتدا 9 گزینه ایرفویل از متداولترین انواع ایرفویل برای طراحی روتور های توربین های بادی مطابق جدول 1 انتخاب می گردد. در بخشهای بعدی عملیات مدلسازی و تحلیل این نوع ایرفویلها برای انتخای ایرفویل بهینه ارائه می گردد.[6]

جدول 1: مشخصات ایرفویل های مورد استفاده

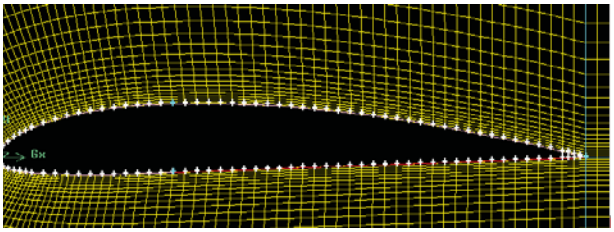
Airfoil name	Shape
AH 93-W-215	
FX 83-W-108	
FX 84-W-097	
FX 84-W-218	
MH 102 16.99%	
MH 104 15.28%	
MH 106 13.07%	
MH 108 11.98%	
MH 110 10.01%	

مدل سازی

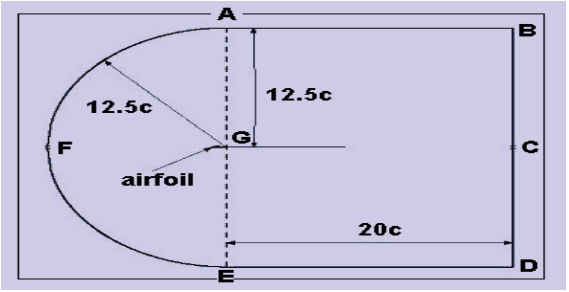
اولین گام برای تحلیل یک ایرفویل مدل سازی آن است. مدلسازی و تولید شبکه مش در نرم افزار گمبیت انجام شده است. شکل 1 نمایی از مدلسازی انجام شده را نشان می دهد. باوارد کردن نقاط ایرفویل شکل مدل بدست آمده است. آنگاه با در نظر گرفتن شرایط مرزی اطراف شبکه مش ایجاد شده است. در اطراف ایرفویل اضلاع بگونه ای مش زده شد که بتوان صفحات را به شکل با سازمان مش بندی کرد . اما در داخل ایرفویل بدلیل آن که نوک آن نسبت به لبه ی فرار مساحت کمتری دارد در فاصله ی 0.3 از نوک ایرفویل از مش با مشخصات " last length =0.02c و interval count = 40 " استفاده و از فاصله ی 0.3 تا انتهای ایرفویل از مش با مشخصات " successive ratio=1 و interval size =0.02 c استفاده شده است . بعد از مش زدن اضلاع و صفحات شرایط مرزی مناسب در گمبیت برای ایرفویل و دیواره ها انتخاب شد . [5]



شکل 1: ایرفویل مدلسازی شده



شکل 2: مش بندی در نزدیکی ایرفویل



شکل 3 : میدان حل ایرفویل

تحلیل و نتایج

تحلیل ایرفویل مش بندی شده با استفاده از نرم افزار انسیس فلوئنت (ANSYS FLUENT)انجام شده است. یکی از معیارهای افزایش توان در توربین های بادی افزایش ضریب برا به پسای ایرفویل است این نسبت وابستگی به شکل و هندسه ایرفویل دارد. بنابراین ایرفویل های جدول 1 که از نظر هندسی متفاوت می باشند مورد بررسی قرار می گیرند و ایرفویلی که دارای بیشترین نسبت ضریب برا به پسا باشد به عنوان ایرفویل بهینه معرفی می گردد.[7]

با تعیین شرایط مرزی و قرار دادن مقادیر پیش فرض " سرعت و زاویه ی حمله " که از یکی از ایستگاه های هواشناسی کشور بدست آمده است و تغییر پارامتر های فلوئنت طبق جدول 2 ، ضرایب پسا و برا ی هر ایرفویل بدست آمد .

در نهایت با استفاده از این دو پارامتر نمودار های 4 و 5 بدست آمده است.

جدول 2:پارامتر های مربوط به فلوئنت

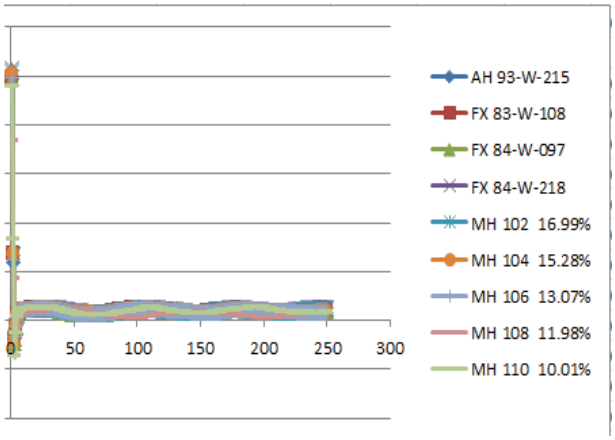
پارامتر	اندازه و نوع
Solver	Pressure based
Viscous model	Inviscid
Density (kg/m3)	1.225
Inlet velocity	4.07 m/s
Chord length	1 m
Pressure velocity coupling	SIMPLE
Angle of attack	233.75

نمودار شکل 4 نشان دهنده ی مقایسه ی مقادیر cl ایرفویل ها است .

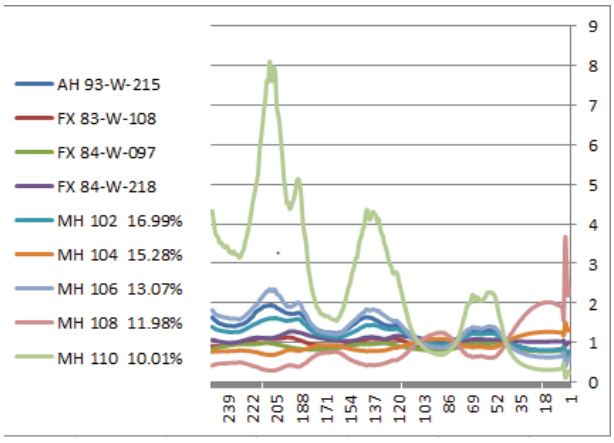
با استفاده از مقادیر این نمودار و مقادیر عددی cd نمودار شکل 5 رسم شده .

با توجه به این که انتخاب ایرفویل بهینه در سرعت ها و زوایای حمله ی متفاوت منوط به مقدار عددی cl/cd است ، از این جهت با رسم نمودار نسبت برا به پسا ایرفویل های یاد شده و مقایسه ی آن ها بیشترین مقدار آن به عنوان ایرفویل مناسب انتخاب شده است . نمودار های شکل های 5 نشان می دهد مقدار cl/cd ، MH 110 10.01% نسبت به دیگر ایرفویل ها بیشتر ، و در حدود 3 برابر است . با توجه به این معیار که هر چه مقدار این نسبت بیشتر باشد ایرفویل بهینه تر است، بنابراین ایرفویل MH 110 10.01% می تواند به عنوان ایرفویل بهینه در باد با سرعت

4.07m/s و زاویه ی حمله 233.75 انتخاب شود. تفاوت زیاد مقدار cl/cd این ایرفویل نشان دهنده ی تفاوت هندسی زیاد آن با دیگر ایرفویل ها است .



شکل 4: نمودار مقایسه ی cl ایرفویل ها



شکل 5: نمودار مقایسه ی cl/cd ایرفویل ها

نتیجه گیری

در این تحقیق 9 ایرفویل از متداولترین انواع ایرفویل ها برای طراحی روتور های داریوس توربین های بادی انتخاب گردید. پس از مدلسازی و مش بندی ایرفویل ها، تحلیل بر اساس بیشترین نسبت ضرایب برا به پسا برای انتخاب ایرفویل بهینه انجام گردید. نتایج نشان می دهد از بین 9 ایرفویل انتخاب شده ایرفویل " MH 110 10.01% " با بیشترین مقدار cl/cd بهترین بازده را در سرعت باد 4.07 دارد. بدیهی است بیشترین نسبت ضرایب برا به پسا و تنها یکی از معیارهای انتخاب ایرفویل بهینه می تواند باشد که در مقاله حاضر صرفا به این معیار پرداخته شده است.

مراجع :

[1] ع. مرادی ،م. بابادی سلطان زاده ،طراحی میکرو توربین بادی محور عمودی داریوس ، دانش سپهر نوین ارین ،تحقیقاتی اصفهان

[2] http://www.suna.org.ir ،سازمان انرژی های نو

[3] م.رشیدی نژاد ، ا. صداقت ،ا. قلعه نوئی، طراحی توربین بادی محور عمودی H- روتور برای استان یزد ، 1393

[4] م.مقیمان ، ع . عرب ، پ. قربانیان فرد ، بررسی تاثیرات مقطع تیغه، سرعت باد و صلبیت بر عملکرد توربین محور عمودی داریوس ، دانشگاه فردوسی مشهد ، گروه مکانیک ، 1393

[5] Basavaraj, 2-D Computational Analysis of a Vertical Axis Wind Turbine Airfoil , Department of Aerospace Engineering , Coimbatore – 641 112, India1

[6] O.hammond ,S.hunt ,E.machlin , Design of an Alternative Hybrid Vertical Axis Wind Turbine , March 28, 2014

[7] K.suffer ,R. usubamatov, Modeling and Numerical Simulation of a Vertical Axis Wind Turbine Having Cavity Vanes , 2014