بسم الله الرحمن الرحيم

بسمه تعالی

مدیریت تحصیلات تکمیلی

تعهد نامه اصالت اثر

اینجانب **حسین فرخزادیان** متعهد می شوم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب بوده و دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این پژوهش از آن استفاده شده است، مطابق مقررات ارجاع و در فهرست منابع و مأخذ ذکر گردیده است. این پایان نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است. در صورت اثبات تخلف (در هر زمان) مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از اعتبار ساقط خواهد شد.

کلیه حقوق مادی و معنوی اثر متعلق به دانشگاه شهید رجایی می‌باشد.

حسین فرخزادیان

تهران – لویزان –کدپستی 16788-صندوق پستی 163-16785 تلفن 9-22970060
(داخلی 2347)نمابر 22970011 پست الکترونیک sru@sru.ac.ir

دانشکده مهندسی مکانیک

طراحی توربین بادی محور - افقی (7کیلووات)

نگارش
حسین فرخزادیان

استاد راهنما : دکتر محمدرضا علیگودرز
استاد مشاور: دکتر کامران مبینی

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی

خرداد 1390

تأييديّه هيات داوران

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

و

همسر عزیز و مهربانم که در تمام مراحل زندگی یار و همراهم است

و پسر عزیزتر از جانم «کیارش» که بهترین بهانه ام برای زندگیست.

قدردانی و تشکر

بدینوسیله نهایت سپاس و امتنان خود را از استاد محترم و دلسوزم جناب آقای دکترمحمدرضا علیگودرز ، که در تمامی مراحل انجام این پایان‌نامه مرا یاری فرموده و در این راه از هیچ کمکی دریغ ننمودند، اعلام می‌دارم. همچنین از رهنمودهای ارزندۀ استاد مشاور محترم جناب آقای دکتر کامران مبینی که مرا در انجام این پژوهش یاری نمودند، تشکر و قدردانی نموده و سلامتی و توفیق روزافزون را از خداوند منّان برای ایشان آرزومندم.

چکیده:

نیاز روز افزون به انرژی الکتریکی و بحث آلودگی محیط زیست ونیز هزینه بالای استفاده از سوختهای فسیلی توجه بیشتر کشورها را بیش از پیش به استفاده از انرژی های نو معطوف نموده است .انرژی باد ارزان ترین، پاک ترین ومناسب ترین شکل انرژی های نو می باشد.در کشور ایران نیز در سالهای اخیر توجه زیادی به استفاده از این نوع انرژی برای تولید برق شده است. به همین منظور در این پایان نامه ضمن معرفی اهم انرژی های نو به بحث در مورد طراحی کامل توربین بادی محور افقی 7 کیلو وات و بررسی جریان هوا بر روی پره های این نوع توربین با استفاده از نرم افزار فلوئنت پرداخت شده است.

در فاز اول با تحلیل جریان حول ایرفویل های مخصوص در زوایای مختلف حمله بهترین ایرفویل را بر اساس کمترین نسبت ضریب $\frac{cd}{c1}$ انتخاب می شود،سپس بر اساس روابط مربوط به سیالات و طراحی اجزا طراحی آیرو دینامیکی و سازه ای توربین بادی 7 کیلو وات انجام می شود.

در قسمتی از این تحقیق با استفاده از نرم افزارهای شبیه ساز و تحلیل گر گمبیت و فلوئنت جریان هوا بر روی پره های توربین مورد نظر بررسی و تحلیل شده است.

واژه‌های کلیدی: انرژی نو، توربین بادی محور- افقی ، طراحی آیرودینامیکی، طراحی سازه ای، فلوئنت

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

چکیده ..... د
فهرست مطالب ..... ه
فهرست جداول ..... ط
فهرست اشکال ..... ک
فهرست نمودار ..... م
فهرست علائم اختصاری ..... ن

فصل 1 : طرح مسئله تحقیق

1-1.مقدمه 2
2-1. بیان مساله تحقیق 2
3-1. اهداف تحقیق 3
4-1. سوالات با فرضیه های تخصصی 3
5-1. ضرورت و اهمیت تحقیق 3

فصل 2 : انرژی های نو

1-2. مقدمه 5
2-2. انرژی خورشیدی 5
1-2-2. کاربردهای انرژی خورشیدی 6
2-2-2. کاربردهای نیروگاهی 6
2-2-2. کاربرد های غیر نیروگاهی 7
3-2. انرژی های زمین گرمایی 7
1-3-2.ویژگی های انرژی زمین گرمایی 8
2-3-2. روش های استفاده از انرژی زمین گرمایی 8
4-2. انرژی هیدروژن 9
1-4-2. فناوری های تولید هیدروژن 9
2-4-2. فناوری های عرضه و ذخیره هیدروژن 10
3-4-2. فناوری انتقال و پخش هیدروژن 11

2-5. انرژی زیست توده 12
2-5-1. چرخه زیست توده در طبیعت 12
2-5-2. منابع زیست توده 12
2-5-3. معرفی تکنولوژی های زیست توده 13
2-5-4. مزایا و معایب زیست توده 14
2-6. انرژی باد 15
2-6-1. مزایای بهره برداری از انرژی باد 15
2-6-2. انرژی باد در ایران 16

فصل 3 : انرژی باد و توربین باد

3-1. مقدمه 18
3-2. انرژی باد چیست؟ 18
3-3. تاریخچه استفاده از انرژی باد 18
3-4. انواع توربین های بادی و مکانیسم کار آنها 19
3-4-1. توربین های بادی با محور چرخش عمودی 19
3-4-2. توربین های بادی با محور چرخش افقی 20
3-5. کاربرد توربین های بادی 20
3-5-1. کاربردهای غیر نیروگاهی 20
3-5-2. کاربرد های نیروگاهی 21
3-6. انتخاب توربین های بادی 21
3-6-1. تعیین محل توربین های بادی 21
3-6-2. نصب توربین ها نزدیک ساحل 22
3-6-3. نصب توربین ها دور از ساحل درآب 23
3-6-4. جاگذاری توربین 23
3-6-5. توان توربین باد 23

فصل 4 : معادلات حاکم بر روند حل مسئله

4-1. مقدمه 28
4-2. معادلات حاکم 28
4-2-1. شرایط مرزی 31
4-2-2. تعریف روند حل مسئله 31

4-2-4.توضیح روش حل عددی ایرفویل در دو بعد.....41
4-2-4. تغییرات ضرایب لیفت و درگ آیرودینامیکی 44
4-2-5. آیرودینامیک ملخ توربین بادی 46
4-2-6. طراحی آیرودینامیکی روتور 49
4-2-7. محاسبه کورد و زاویه شیب پره 51
4-2-7-1 محاسبه کورد و زاویه شیب پره با توجه به نظریه ساده.....51
4-2-7-2. محاسبه کورد و زاویه شیب پره با توجه به نظریه گلائورت 54
4-2-8. راندمان آیرودینامیکی المان پره 58
4-2-9. ضریب توان موضعی 58
4-2-10. ماکزیمم ضریب توان موضعی برای یک توربین ایده آل 59
4-2-11. مقادیر اپتیمم زاویه شیب و مقدار Cl.b.L 60
4-3. روند حل مسئله در گمبیت 61
4-3-1. شرایط مرزی درگمبیت 64
4-4. روند حل مسئله در نرم افزار فلوئنت 66
4-4-1. تعیین شرایط مرزی در نرم افزارفلوئنت 67

فصل 5 : نتایج و طراحی توربین باد

5-1. مقدمه 70
5-2. بررسی پارامترهای آیرودینامیکی و نیروهای وارد شده بر پره ها 70
5-3. طراحی پره ها 73
5-3-1. نوع سطح مقطع 73
5-3-2. مشخصات سطح مقطع NACA 23012 73
5-3-3. زاویه حمله در پره های توربین..... 73
5-3-4. ابعاد پره ها 74
5-3-5. وزن پره ها 75
5-3-6. مواد بکار رفته در ساخت پره ها 75
5-3-7. حداکثر نیروهای آیرودینامیکی وارد شده بر پره های توربین در سرعت باد (7m/s)..... 75
5-4. طراحی مکانیکی توربین باد 76
5-4-1. طراحی محور اصلی 77
5-4-2. طراحی یاتاقانهای محور اصلی 81
5-4-3. طراحی گیربکس 82

5-5. نتایج تحلیل نرم افزاری 94
6-5. مقایسه نتایج 107
7-5. نتایج کلی تحقیق.....108
منابع و مآخذ 110

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

فصل 1 1
فصل 2 4
فصل 3 17
جدول3-1. میانگین سرعت باد و چگالی توان باد در دراز مدت 25
فصل 4 27
جدول 4-1. نسبت ضریب پسا به برا در زوایای مختلف برای ایرفویل ناسا 4412 32
جدول 4-2. نسبت ضریب پسا به برا در زوایای مختلف برای ایرفویل ناسا 4415 33
جدول 4-3. نسبت ضریب پسا به برا در زوایای مختلف برای ایرفویل ناسا 4418 34
جدول 4-4. نسبت ضریب پسا به برا در زوایای مختلف برای ایرفویل ناسا 23012 35
جدول 4-5. نسبت ضریب پسا به برا در زوایای مختلف برای ایرفویل ناسا 23015 35
جدول 4-6. نسبت ضریب پسا به برا در زوایای مختلف برای ایرفویل ناسا 23018 36
جدول 4-7. TSR نوع پره و میزان L/D متناسب پره برای کاربردهای مختلف 50
جدول 4-8. تعداد پره های پیشنهادی برای مقادیر مختلف TSR 50
جدول ٤-٩. طول وتر ایرفویل در قسمتهای مختلف پره 61
جدول ٤-١٠. زاویه نصب ایرفویل در قسمتهای مختلف پره 62
جدول 4-11. شرایط مرزی حاکم بر توربین باد 64
جدول 4-12. اطلاعات مربوط به منوی solver..... 66
جدول 4-13. انتخاب مدل جریان مغشوش در نرم افزار فلوئنت..... 67
جدول 4-14. خصوصیات فیزیکی سیال در نرم افزاز فلوئنت.....67
جدول4-15. شرایط مرزی انتخاب شده برای مدل توربین باد در نرم افزار فلوئنت 68
فصل 5 69
جدول 5-1. ضریب پرداخت سطح 79
جدول5-2. اثر دمای کار روی مقاومت کششی فولاد SRT.....80
جدول 5-3. ضریب الاستیک CP 86
جدول 5-4. ضریب توزیع بار 88
جدول 5-5. مشخصات محورهای مختلف توربین باد 94
جدول 5-6. مشخصات چرخدنده های گیربکس 94
جدول 5-7. مشخصات یاتاقانها. 94

جدول 5-8. مقایسه توربین طراحی با مشابه توربین واقعی 107

فهرست اشکال

عنوان صفحه

فصل 1 1

فصل 2 4

فصل 3 17

فصل 4 27
شکل 4-1. ایروفویل NACA4412 37
شکل 4-2. ایرفویل NACA4415 37
شکل 4-3. ایرفویلNACA4418..... 38
شکل 4-4. ایرفویل NACA23012 38
شکل 4-5. ایرفویل NACA23015 39
شکل 4-6. ایرفویل NACA23018 39
شکل 4-7سری ایرفویلهای -.--.NACA4418,---NACA4415 , NACA4412 40
شکل 4-8. سری ایرفویلهای -.-.-.--NACA2,---NACA230 , NACA23012..... 40
شکل 4-9. نمایش کانتوررنگی سرعت جریان حول ایرفویل NACA23012..... 43
شکل 4-10. نمایش کانتور مقداری سرعت جریان حول ایرفویل NACA23012..... 44
شکل 4-11. لوله جریان و دیسک دوار برای جریانهای توربین بادی 47
شکل 4-12. نمایش المان پره و مولفه های نیرو 52
شکل 4-13. مدل یک پره توربین باد در گمبیت 62
شکل4-14. مدل یک پره توربین باد در فلوئنت 63
شکل 4-15. مدل نهایی توربین باد 63
شکل4-16. مرزهای توربین باد برای مدل سه بعدی 68
فصل 5 69
شکل 5-1. چگونگی وارد شدن نیروها بر یاتاقان ها 77
شکل 5-2. چگونگی وارد شدن نیروها بر محور ورودی 91
شکل 5-3. چگونگی وارد شدن نیروها بر محور خروجی 91

شکل 5-4. کانتور سرعت در اطراف پره 95
شکل 5-5. کانتور سرعت در صفحه عبوری از مرکز سه پره توربین باد 96
شکل 5-6. کانتور سرعت در نردیکی دماغه پره توربین باد 97
شکل 5-7. کانتور فشار در نزدیکی پره توربین باد 98
شکل 5-8. کانتور فشار در قسمت ریشه یک پره 99
شکل 5-9. کانتور فشار در صفحه عبوری از مرکز سه پره 100
شکل 5-10. کانتور فشار در قسمت نوک پره توربین باد 101
شکل 5-11. شبکه سه بعدی تولیدی حول توربین باد 102
شکل 5-12. کانتور فشار در نزدیکی دماغه توربین باد 103
شکل 5-13. کانتور سرعت در پشت توربین باد 104
شکل 5-14. کانتور فشار در صفحه عبوری از دماغه توربین باد 105
شکل 5-15. کانتور سرعت در صفحه عبوری از دماغه توربین باد 106

فهرست نمودارها

عنوان صفحه

فصل 1 1

فصل2 4

فصل 3 17

فصل 4 27

نمودار 4-1. تغییرات Cl نسبت به Cd 45

فصل 5 69

نمودار 5-1. تغییرات ضریب برآ(CL) نسبت به زاویه حمله (α) 71

نمودار 5-2. تغییرات ضریب پسا (CD) نسبت به ضریب نیروی برا(CL) 72

نمودار 5-3. ضریب عمر مقاومت خمشی KL برای چرخدنده های فولادی 85

نمودار 5-4. ضریب دینامیکی 87

نمودار5-5. ضریب هندسی J برای چرخدنده های مارپیچ 88

نمودار 5-6. ضریب تصحیح ضریب J برای نمودار (2-3) 89

فهرست علائم اختصاری

سطح جاروب شده (عمود بر جریان) ..... A

فاکتور آشفتگی ..... a

تعداد پره..... b

ضریب بدون بعد درگ..... C_d

ضریب بدون بعد تراست محوری..... C_f

ضریب بدون بعد لیفت..... C_l

ضریب بدون گشتاور..... C_m

ضریب بدون بعد توان..... C_p

ضریب کلی آئرو دینامیکی..... C_r

ضریب تصحیح درجه حرارت ..... C_T

نیروی درگ..... D

قطر روتور..... d

تصویر نیروهای F عمود بر کورد..... F_n

تصویر نیروهای F در امتداد کورد..... F_t

گام هندسی..... h

زاویه شیب..... I

طول کورد..... l

ماکزیمم توان قابل استحصال..... P_{max}

شعاع موضعی باله..... r

نیروی لیفت وارد با المان در موقعیت r..... F_L

نیروی دراگ وارد با المان در موقعیت r..... F_d

مساحت بال..... s

ضخامت پره..... t

نسبت سرعت نوک یا λ_0 ..... TSR

سرعت محیطی پره ..... U

سرعت جریان هوا نسبت به پره ..... W

زاویه نصب..... α

راندمان آیرو دینامیکی..... η

سرعت دورانی..... ω

تغییرات سرعت زاویه ای هوای عبور کرده از میان روتور..... Ω

چگالی هوا..... ρ

زاویه شیب C_dنسبت به C..... ε

سرعت باد..... V_∞

ضریب برآ ..... C_L

ضریب پسا..... C_D

پسای ناشی جریان حلقوی ..... C_{DV}

طول وتر متوسط که در وسط پره اندازه گیری می شود..... C

نسبت منظری..... AR

مساحت سطح پره..... S

طول وتر مقطع..... C

گشتاور اصل از نیروی برآ به دور روتور..... T

حداکثر لنگر خمشی وارد شده به محور اصلی..... M_{max}

حداقل لنگر خمشی وارد شده به محور اصلی..... M_{min}

حداکثر لنگر پیچشی وارد شده به محور اصلی..... T_{max}

حداقل لنگر پیچشی وارد شده به محور اصلی..... T_{min}

حد دوام..... Se

ضریب پرداخت بار..... Ka

ضریب بار..... KC

ضریب اندازه..... Kb

ضریب درجه حرارت..... Kd

ضریب تمرکز تنش..... Ke

بار شعاعی معادل..... Fe

بار محوری عملی وارد بر یاتاقان..... Fa

ضریب گردش حلقه..... V

ضریب شعاعی بودن بار..... X

ضریب محوری بودن بار..... Y

محک بار..... C

عمر یاتاقان(دور)..... N

برای یاتاقان ساچمه..... A

ضریب بار..... C_s

سرعت دوران محور..... N

تعداد دندانه های چرخدنده های بزرگ(G)..... N_G

تعداد دندانه های چرخدنده های کوچک (p)..... N_p

سرعت زاویه ای چرخدنده بزرگ..... ω_G

سرعت زاویه ای چرخدنده کوچک..... ω_p

قطر گام چرخدنده بزرگ..... D_g

قطر گام چرخدنده بزرگ..... D_p

نیروی مماسی وارد شده بر چرخدنده ها..... Wt

نیروی شعاعی وارد بر چرخدنده ها..... Wr

نیروی محوری وارد شده بر چرخدنده ها ..... Wa

توان انتقالی در سرعت باد ..... H

زاویه فشار مماسی ..... φ_t

زاویه مارپیچ..... ψ

مقاومت خمشی..... S_t

ضریب نسبت سختی ..... C_H

ضریب الاستیک ..... C_p

ضریب پرداخت سطح ..... C_f

ضریب هندسی نمودار ..... J

ضریب اطمینان خمشی ..... n

تنش لهیدگی ..... σ_c

تنش لهیدگی مجاز ..... $\sigma_{c.a.ll}$

ضریب اطمینان لهیدگی ..... n_c