پایان نامه دوره کارشناسی ارشد رشته تبدیل انرژی

مهندسی مکانیک ، گرایش حرارت و سیالات

عنوان : محاسبه EER و تدوین برچسب انرژی برای کولرهای آبی ساخت داخل

Title : Energy label estimation and EER calculation of evaporative coolers

زیر نظر اساتید راهنما :

جناب آقای دکتر کیهانی

جناب آقای دکتر فرزدی

و

استاد مشاور :

جناب آقای دکتر شاه مردان

به اهتمام :

لیلا ترکمن

گروه حرارت و سیالات

دانشکده مهندسی مکانیک

دانشگاه صنعتی شاهرود

تیر ۸۶

عنوان :

محاسبه EER و تدوین برچسب انرژی برای کولرهای آبی ساخت داخل

چکیده :

نظر به این که طبق بند (و) از تبصره ۱۹ برنامه دوم توسعه ، دولت جهت صرفه جویی و منطقی کردن مصرف انرژی ، موسسات ذیربط را موظف به ایجاد استاندارد های مصرف انرژی نموده و مصرف انرژی لوازم خانگی نیز جزو مصارف عمده در کشور بشمار می آید لذا هدف و موضوع پایان نامه حاضر ، ***طراحی برچسب انرژی برای کولرهای آبی خانگی*** است و برای رسیدن به این هدف نتایج آزمونهای استاندارد عملکرد کولرهای آبی ساخت داخل کشورجمع آوری شده و برحسب یکی از روشهای مدلسازی ، با استفاده از دمای حباب خشک و نسبت رطوبت هوای ورودی و روابط سایکرومتریک ، EER یعنی نسبت بازدهی انرژی (Energy Efficiency Ratio) محاسبه می گردد .

ضمن مقایسه عددی نتایج تجربی حاصل از آزمایشات استاندارد انواع کولرها با نتایج مدلسازی ، دقت مدل بکار برده شده برای کولر مورد بررسی قرار گرفته و پس از مقایسه با دقت مطروحه در استانداردهای بین المللی بر اساس EER برای ظرفیت ظرفیت سرمادهی ، هوادهی ، توان الکتریکی و آب مصرفی ، برچسب انرژی از A (پربازده ترین) تا G (کم بازده ترین) طراحی می گردد و نهایتاً برای بهینه سازی مصرف انرژی و بالا بردن رتبه بندی آن راهکارهای لازم ارائه می شود .

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه

۱-۱ مقدمه..... ۲

فصل دوم: تجهیزات و سیستمهای سرمایشی

۲-۱ تجهیزات سرمایش تبخیری..... ۵

۲-۲ فرایندهای سایکرومتریک تبخیری..... ۶

۲-۳ فرایند کولرهای آبی..... ۷

فصل سوم: ارائه اطلاعات و نتایج اندازه گیریهای انجام شده روی کولرهای آبی و تحلیل نتایج

۳-۱ مقدمه..... ۱۰

۳-۲ اندازه گیری کمیتها..... ۱۱

۳-۲-۱ اندازه گیری فشار..... ۱۱

۳-۲-۲ اندازه گیری مقدار گذر هوا..... ۱۱

۳-۲-۳ اندازه گیری چگالی هوا..... ۱۱

۳-۲-۴ اندازه گیری دما..... ۱۲

۳-۳ شرح آزمونهای انجام شده..... ۱۲

۳-۳-۱ اندازه گیریهای ابعادی..... ۱۲

۳-۳-۲ آزمون هوادهی..... ۱۲

۳-۳-۳ آزمون بازده خنکی..... ۱۳

۳-۳-۴ آزمون توان مصرفی..... ۱۳

۳-۳-۵ آزمون دور موتور و پروانه..... ۱۴
۳-۳-۶ دبی عبوری هوا (Q) ۱۴
۳-۳-۷ ضریب جریان (Q/ND3) ۱۴
۳-۳-۸ راندمان خنکی (η)..... ۱۵
۳-۳-۹ ضریب هد(gH/N_2D_2) ۱۶
۳-۳-۱۰ ضریب توان (cosø) ۱۶
۳-۳-۱۱ نسبت راندمان انرژی (EER) ۱۷
۳-۳-۱۲ نرخ مصرف آب ۱۸
۳-۴ اطلاعات مربوط به کولرهای تست شده ۱۹

فصل چهارم: مدلسازی کولر آبی

۴-۱ کلیات..... ۲۱
۴-۲ مدل سازی عددی کولر آبی..... ۲۲
۴-۳ روابط سایکرومتریک مورد نیاز برای نوشتن مدل ترمودینامیکی..... ۲۳
۴-۳-۱ خواص ترمودینامیکی آب در حالت اشباع..... ۲۳
۴-۳-۲ تعریف پارامترهای رطوبتی پایه..... ۲۴
۴-۳-۳ پارامترها ی رطوبتی وابسته به شرایط اشباع..... ۲۵
۴-۳-۴ روابط گاز کامل برای هوای خشک و مرطوب..... ۲۶
۴-۴ مدل ترمودینامیکی کولر آبی مستقیم با واسطه تبخیر پوشالی..... ۳۲
۴-۵ مدل آماری هوادهی..... ۳۶

۴-۵-۱ تشخیص پارامترها ۳۷
۴-۵-۲ ایجاد روابط بین هوادهی و پارامترها ۳۸
۴-۵-۳ تولید مدل آماری میزان هوادهی ۴۲
۴-۵-۴ مدل آماری میزان هوادهی ۴۳
۴-۶ مدل آماری وات مصرفی کولر ۴۵
۴-۶-۱ تشخیص پارامترها ۴۵
۴-۶-۲ ایجاد روابط بین وات مصرفی و پارامترها ۴۶
۴-۶-۳ تولید مدل آماری وات مصرفی ۴۹
۴-۶-۴ مدل آماری برای محاسبه وات مصرفی کولر ۵۰
۴-۷ ترکیب مدلها برای ایجاد مدل جامع ۵۱

فصل پنجم : بررسی دقت مدل کولر آبی

۵-۱ مقایسه مدل با نتایج تجربی ۵۳
۵-۱-۱ مقایسه نتایج برای دمای حباب خشک خروجی ۵۳
۵-۱-۲ مقایسه نتایج برای ظرفیت سرمایی محسوس ۵۴
۵-۱-۳ مقایسه نتایج برای هوادهی ۵۵
۵-۱-۴ مقایسه نتایج برای وات مصرفی ۵۶
۵-۱-۵ مقایسه نتایج برای EER ۵۷
۵-۲ مقایسه عددی نتایج تجربی و نتایج مدلسازی ۵۸
۵-۳ برچسب انرژی ۶۸

۵-۳-۱ مقایسه دادهای برچسب کولرهای مختلف ۶۹

۵-۳-۲ نتیجه گیری..... ۷۱

فصل ششم : بهینه سازی مصرف انرژی در کولرهای آبی خانگی

۶-۱ تابع هدف..... ۷۳

۶-۲ انتخاب روش بهینه سازی..... ۷۳

۶-۳ بررسی اثر تغییر پارامترهای مختلف..... ۷۴

۶-۳-۱ بررسی اثر تغییر قطر پروانه..... ۷۴

۶-۳-۲ بررسی اثر تغییر قطر پولی پروانه..... ۷۷

۶-۳-۳ بررسی اثر تغییر قطر پولی موتور..... ۷۹

۶-۳-۴ بررسی اثر تغییر سطح موثر جانبی..... ۸۲

۶-۳-۵ بررسی اثر تغییر وزن پروانه..... ۸۴

۶-۴ بهینه سازی کلی..... ۸۴

فصل هفتم : منابع و مراجع

۷-۱ منابع و مراجع..... ۸۸

ضمیمه..... ۹۰

فهرست جداول و نمودارها

نمودار ۴-۱: تغییر میزان هوادهی بر حسب عرض پروانه ۳۹

نمودار ۴-۲: اثر دور پروانه بر میزان هوادهی ۴۱

نمودار ۵-۱: مقایسه نتایج تجربی و تحلیلی برای دمای حباب خشک خروجی..... ۵۴

نمودار ۵-۲: مقایسه نتایج تجربی و تحلیلی برای ظرفیت سرمایی محسوس..... ۵۵

نمودار ۵-۳: مقایسه نتایج تجربی و تحلیلی برای هوادهی ۵۶

نمودار ۵-۴: مقایسه نتایج تجربی و تحلیلی برای وات مصرفی..... ۵۷

نمودار ۵-۵: مقایسه نتایج تجربی و تحلیلی برای EER..... ۵۸

جدول ۵-۱ : مقایسه عددی نتایج تجربی و نتایج مدل سازی..... ۵۹

جدول ۵-۲ : رتبه هر کولر با توجه به EER ۶۸

جدول ۵-۳ : مقایسه داده های برچسب کولرهای مختلف..... ۶۹

نمودار ۶-۱ : اثر تغییر قطر بر میزان هوادهی..... ۷۶

نمودار ۶-۲ : اثر تغییر قطر بر وات مصرفی ۷۶

نمودار ۶-۳ : اثر تغییر قطرپولی بر میزان هوادهی ۷۸

نمودار ۶-۴ : اثر تغییر قطرپولی بر وات مصرفی ۷۸

نمودار ۶-۵ : اثر تغییر قطرپولی بر EER..... ۷۹

نمودار ۶-۶ : اثر تغییر قطرپولی موتور بر میزان هوادهی ۸۰

نمودار ۶-۷ : اثر تغییر قطرپولی موتور بر وات مصرفی ۸۱

نمودار ۶-۸: اثر تغییر قطرپولی موتور بر EER ۸۱

نمودار ۶-۹ : اثر تغییر سطح موثر جانبی بر میزان هوادهی ۸۳

نمودار ۶-۱۰ : اثر تغییر سطح موثر جانبی بر EER ۸۳

جدول ۶-۱ : مراحل بهینه سازی ۸۶

فهرست علائم و نشانه ها

انتالپی مایع اشباع ..... h_f

دما..... T

گرمای ویژه آب ..... C_w

نسبت رطوبت..... W

ضریب تاثیر ..... E_{evap}

دبی عبوری هوا ..... Q

راندمان خنکی ناشی از تبخیر ..... η

ضریب توان ..... $\cos(\varphi)$

نسبت راندمان انرژی ..... EER

گرمای ویژه در فشار ثابت..... C_p

دمای حباب خشک ورودی..... t_{di}

دمای حباب خشک خروجی..... t_{do}

فشار جزئی بخار اشباع..... P_{ws}

کسر مولی هوای خشک..... x_a

کسر مولی بخار آب..... x_w

دمای نقطه شبنم..... t_d

فشار جزئی هوای خشک..... P_a

فشار جزئی بخار آب..... P_w

ثابت گازی ..... R

ظرفیت سرمایی محسوس کولر..... SH

رطوبت نسبی..... ψ

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

طرح و بررسی مسایل زیست محیطی و توجه به فناپذیر بودن منابع تولید انرژی در جهان باعث انجام تحقیقات جامعی در چند دهه گذشته شده است . مواردی از قبیل گرمایش زمین ، انهدام لایه ازن و شیوع آلودگیهای حاصل از استفاده بی رویه از منابع انرژی به گونه ای جدی بوده است که منجر به برگزاری کنفرانسها و تصمیم گیریهای بین المللی شده است . یکی از بیشترین موارد مصرف انرژی در سراسر جهان در بخش خانگی و یکی از مهمترین اجزای آن مصرف انرژی در وسایل خانگی می باشد . لزوم ایجاد کنترل در مصرف انرژی در این وسایل به گونه ای بوده است که از اواسط دهه ۱۹۷۰ میلادی ، قوانین جامعی در خصوص تعیین الگوی مصرف انرژی در تولید اینگونه وسایل در کشورهای صنعتی اعمال شده است .

در کشور ما ایران نیز ، در سالهای اخیر مصرف انرژی برق به نسبت زیادی افزایش یافته است . به طوری که طی دوره سالهای ۷۲-۱۳۵۵ ، مصرف برق کشور با میانگین نرخ رشد سالیانه ای حدود ۹/۹ درصد افزایش یافته و از ۱۰۷۵۷/۷ میلیون کیلووات ساعت در سال ۱۳۵۵ به ۵۸۱۱۴/۴ میلیون کیلووات ساعت در سال ۱۳۷۲ رسیده است . این نرخ رشد نشان می دهد که سالانه به طور متوسط ۲۷۸۵ میلیون کیلووات ساعت به کل مصرف برق کشور اضافه شده است . در میان مصرف کنندگان انرژی در بخشهای مختلف ، مصرف برق بخش خانگی طی

دوره ۷۲-۱۳۵۵ به طور متوسط از رشد سالانه ای برابر ۱۳/۴ درصد برخوردار بوده است و از ۲۶۲۰/۱۳ میلیون کیلووات ساعت در سال ۱۳۵۵ به ۲۲۱۴۳/۵ میلیون کیلووات ساعت در سال ۱۳۷۲ رسیده . یعنی طی این سالها مصرف برق در بخش خانگی حدود ۸/۵ برابر شده و سهم ۲۵ درصدی بخش خانگی از کل مصرف سال ۱۳۵۵ به ۳۸ درصد در سال ۱۳۷۲ رسیده است [۱] . فراوانی استفاده از انواع لوازم برقی رایج در بخش خانگی ، نشان می دهد که فراوانی مربوط به کولرهای آبی در حال حاضر حدود ۶۵ درصد می باشد . براساس بررسیهای آماری انجام شده در خصوص درصد بهره مندی خانوارها از کولر آبی در جامعه و تعداد خانوارهای موجود و روند آن ، مشخص شد که تعداد کولرهای آبی موجود در جامعه طی سالهای ۱۳۷۵تا ۱۳۸۰ ، به طور میانگین ۶/۸۰۰/۰۰۰ دستگاه می باشد [۲] . از آنجایی که کولرهای آبی از جمله رایج ترین سیستمهای سرمایشی مورد استفاده در فصل تابستان در کشور محسوب می شود و با توجه به تعداد بالای این وسیله و میزان مصرف انرژی آن ، اهمیت ارزیابی و بهسازی مصرف برق آن بیش از پیش روشن می شود . از طرفی با توجه به این که در کشور ما کاهش مصرف انرژی در بخشهای مختلف به صورت قانون درآمده است و همچنین آیین نامه دولت جمهوری اسلامی ایران در خصوص اجرای طرح کاهش مصرف انرژی وسایل انرژی بر از جمله مواردی می باشد که باعث انجام تحقیقات جامعی در رابطه با طراحی بهینه سیستمهای کولر آبی و اجزای اصلی آن شده است .

فصل دوم

تجهیزات و سیستمهای سرمایشی

۲-۲ فرایندهای سایکرومتریک تبخیری

۱. اشباع آدیاباتیک

دراین قسمت به تحلیل فرایند اشباع ادیاباتیک که در کولرهای آبی و هواشورها[1] انجام می گیرد می پردازیم .

برای یک کولر آبی قانون اول ترمودینامیک را بین هوای ورودی (نقطه ۱) و هوای خروجی (نقطه ۲) به صورت زیر می توان نوشت :

$$h_1 + (W_2 - W_1)h_f = h_2 \qquad (۲-۱)$$

که در این رابطه h_f انتالپی آب مایع در دمای T_2 می باشد .

با توجه به تعریف یک فرایند آدیاباتیک ، آب باید با دمای T_2 و آنتالپی h_f برای ثابت ماندن سطح آب به محفظه افزوده شود .

طبیعی است که دمای هوای خروجی T_2 همان دمای حباب مرطوب ورودی به محیط باشد . مقدار h_f از رابطه زیر به دست می آید که 32 دمای ذوب یخ بر حسب فارنهایت و C_w ظرفیت گرمایی ویژه آب می باشد .

$$h_f = C_w(T_2 - 32) \qquad \text{Btu / lb} \qquad (۲-۲)$$

در نتیجه از ترکیب دو معادله اخیر مقدار W_1 به صورت زیر به دست می آید .

$$W_1 = \frac{(1093 - 0.556T_2)W_2 - 0.24(T_1 - T_2)}{1093 + 0.444T_1 - T_2} \qquad (۲-۳)$$

[1] - Air washers

از رابطه اخیر مشخص می شود که برای یک مقدار T_2 ،W_1 (نسبت رطوبت) تقریبا تابعی خطی از دمای حباب خشک T_1 می باشد ، چرا که در مخرج می توان از T_1 0.444 در مقابل 1093 صرفنظر کرد و به همین دلیل است که در نمودار سایکرومتریک خطوط دمای حباب مرطوب ثابت و تقریبا به صورت خط راست است .

۲-۳ فرآیند کولرهای آبی

سرمایش تبخیری اساسا یک فرآیند اشباع آدیاباتیک ناقص است ، در عمل جریان هوای خروجی نه به صورت اشباع است و نه دمای خروجی حباب خشک مساوی دمای حباب مرطوب می باشد .

دمای هوای سرد تولید شده به وسیله کولر آبی نمی تواند از دمای نقطه حباب مرطوب هوای ورودی کمتر باشد . در آب و هوای مرطوب ، این نکته به عنوان محدودیتی برای مقدار سرمایش محسوس تولیدی به وسیله کولر آبی مطرح است .

ضریب تاثیر[1] یا راندمان تبخیر[2] کولرهای آبی به صورت اختلاف بین دماهای حباب خشک ورودی و خروجی تقسیم بر اختلاف دماهای حباب خشک و حباب تر ورودی تعریف می شود . به طوری که :

$$E_{evap}=\frac{T_{d,i}-T_{d,o}}{T_{d,i}-T_{w,i}} \qquad (۲-۴)$$

[1] -Effectiveness
[2] - Saturation Efficiency

راندمان تبخیر کولرهای مستقیم بین ۸۰ تا ۹۰ درصد می باشد . توجه داریم که کولرهای آبی سرمایش نهان تولید نمی کنند چرا که رطوبت نسبی هوای خروجی از ورودی به کولر بیشتر است .

ضرایب انتقال حرارت و انتقال جرم به وسیله افراد مختلف به صورت تجربی برای انواع واسطه های تبخیر اندازه گیری شده است . ضرایب انتقال حرارت و انتقال جرم به ضخامت واسطه و به اعداد رینولدز و پرانتل جریان بستگی دارد . برای واسطه های تبخیر ضخیم راندمان تبخیر تا نزدیک صد در صد هم قابل دستیابی است . اما افت فشار نظیر آن و در نتیجه توان فن به میزان قابل ملاحظه ای بالا می رود . به علاوه هر چه سرعت هوا در یک ضخامت واسطه معین کمتر باشد ، راندمان تبخیر بالا می رود چرا که آب فرصت تبخیر را پیدا می کند .

فصل سوم

ارائه اطلاعات و نتایج اندازه گیریهای انجام شده روی کولرهای آبی و تحلیل نتایج

۳-۱ مقدمه

در این تحقیق بر روی ۴۰ کولر آزمون نوع انجام گرفته است .

آزمون نوع شامل آزمونهایی می باشد که بر روی یک نمونه فراورده که به عنوان نماینده دیگر نمونه هاست انجام می شود . این نمونه باید قابلیت برخورداری از مقررات تعیین شده را داشته باشد . نتایج آزمونهای انجام شده بر روی این نمونه قابل تعمیم به نمونه های تولیدی از همان نوع می باشد ، مشروط بر اینکه از نقطه نظر عملکردی با نمونه آزمایش شده مطابقت داشته باشد .

آزمونهای انجام شده شامل بررسی و اندازه گیری موارد زیر در کولر آبی بوده است :

۱ . اندازه گیری ابعادی و هندسی

۲ . هوادهی

۳ . بازده خنکی

۴ . وات مصرفی

۵ . دور فن و موتور

۳-۲ اندازه گیری کمیت ها

۳-۲-۱ اندازه گیری فشار

برای اندازه گیری فشار دینامیکی در انتهای کانال از یک دستگاه مانومتر با پایه های مورب استفاده شده که یک سمت آن به یک حسگر فشار کل (دهانه برخورد لوله پیتو) و سمت دیگر آن به یک حسگر فشار ایستایی (دهانه ایستایی همان لوله پیتو) متصل است .

در اندازه گیری فشار موارد مربوط به کالیبراسیون ، متوسط گیری و تصحیح کردن را که در استاندارد " کولر آبی – روش آزمون " ذکر شده است ، رعایت شده است[۳] .

۳-۲-۲ اندازه گیری مقدار گذر هوا

مقدار گذر هوا از روی فشار دینامیکی که به وسیله لوله پیتوی نصب شده در تقاطع عبور هوا به دست می آید اندازه گیری شده است .

۳-۲-۳ اندازه گیری چگالی هوا

چگالی هوا با اندازه گیری دمای حباب خشک خروجی و فشار جو و از رابطه گاز کامل محاسبه شده است .

۳-۲-٤ اندازه گیری دما

دمای حباب خشک و دمای حباب مرطوب به وسیله دماسنج اندازه گیری شده است . برای انـدازه گیـری دمـای حباب خشک و دمای حباب مرطوب در اطراف بدنه کولر(شرایط محیط) از دماسنج گردان استفاده شـده اسـت که شامل دو دماسنج حباب خشک و حباب مرطوب است که با دست حول محور خود چرخانده می شود .

۳-۳ شرح آزمونهای انجام شده

۳-۳-۱ اندازه گیری های ابعادی

هر کولر ابتدا تحت یک سری اندازه گیری های هندسی و ابعادی قرار گرفت . در ایـن مرحلـه مشخـصاتی نظیـر خصوصیات دقیق پروانه شامل زوایای ورودی و خروجی ، عرض پروانـه ، قطـر داخلـی و قطـر خـارجی پروانـه ، مشخصات حلزونی کولر ، مشخصات ابعاد کانال خروجی و ... اندازه گیری شده است که در مراحل مـدل سـازی عددی می تواند به عنوان پایه ای برای امتحان نتایج و در نهایت ارائه مدل بهینه کولر مورد استفاده قرار گیـرد . در این مرحله از وسایل ساده اندازه گیری مانند متر ، نقاله ، کولیس و ... استفاده شده است .

۳-۳-۲ آزمون هوادهی

مرحله بعد اندازه گیری هوادهی کولر است که در این مرحله دستگاه کولر به تمام لوازم و متعلقات مربوطه مجهز شده و آزمونها مطابق با استاندارد کولر آبی انجام گرفته است . از آنجا که در این مرحله واسطه تبخیر (پوشال یا

سلولز) باید خشک باشد از پمپ استفاده نشده است . پارامترهای لازم مطابق استاندارد کولر آبی در وضعیت راه اندازی ثابت اندازه گیری شده و هوادهی محاسبه گردیده است .

وضعیت راه اندازی ثابت زمانی حاصل می شود که درجه حرارت اندازه گیری شده در این وضعیت در طی ۱۵ ثانیه تا بیش از ۰/۵ درجه سلسیوس تغییر نکند . همچنین در طی آزمون درجه حرارت هوای خشک خروجی محفظه مخلوط کننده از میزان تعیین شده حداکثر ۱/۵± درجه زینه سلسیوس تجاوز نکند[۳] .

۳-۳-۲ آزمون بازده خنکی

مرحله بعد آزمون بازده خنکی (بازده تبخیر) کولر می باشد که در این حالت شرایط مطابق استاندارد ایجاد شده و پس از اینکه کولر به حالت پایدار رسید دماهای حباب خشک ورودی ، حباب خشک خروجی و حباب مرطوب ورودی اندازه گیری شده است . برای اندازه گیری دماهای حباب خشک و حباب مرطوب ورودی در اطراف کولر از دما سنج گردان استفاده شده است . دمای خروجی از کانال هم توسط یک دماسنج قابل قرائت است .

توضیح این که برای رساندن دمای اتاق آزمون به شرایط مندرج در استاندارد کولر آبی از یک دستگاه هواساز به همراه دیگ استفاده شده است .

۳-۳-٤ آزمون توان مصرفی

در مرحله بعدی توان مصرفی کولر مورد آزمایش قرار گرفته است . به این ترتیب که هنگامی که کولر بدون اتصال به شبکه توزیع هوا (به صورت خروجی باز) با ولتاژ ۲۲۰ ولت و به صورت کارکرد عادی قرار داشت ، جریان و وات مصرفی کولر اندازه گیری شده است .

۳-۳-۵ آزمون دور موتور و پروانه

برای اندازه گیری دور کولر از مشبک دارای پنجره شیشه ای استفاده شد . مشبک فوق همان مشبک کولر است با این تفاوت که در قسمت جلوی پولی موتور و پولی پروانه دو شکاف مستطیل شکل ایجاد می شود که شیشه روی آن قرار می گیرد . از این قسمتهای شفاف برای اندازه گیری دور موتور و دور پروانه به صورت نوری استفاده می شود ، به این ترتیب که با یک دستگاه تاکومتر نوری ، شعاع نوری به قسمتهایی از پولی موتور پروانه که برچسب مخصوصی روی آن چسبانده شده تابانده می شود و دور اندازه گیری می گردد .

۳-۳-۶ دبی عبوری هوا (Q)

این کمیت برای کلیه کولرهای با ظرفیت هوادهی ادعا شده مساوی روی نمودارهای جداگانه رسم شده اند . این نمودار اگرچه یک تصویر کلی از عملکرد کولر را ارائه می دهد اما به این دلیل که موتورهای استفاده شده دارای توانهای متفاوتی می باشند لذا نمی توان تنها با استفاده از این نمودار یک قیاس اصولی چه از نظر کارایی توربو ماشین (فن) و چه از نظر کارایی مصرف انرژی انجام داد .

۳-۳-۷ ضریب جریان (Q / ND3)

این کمیت بی بعد ، پارامتر مهم و موثری در مقایسه عملکرد فن های مختلف هر کولر می باشد . در این پارامتر بی بعد اثر قطر و سرعت فن لحاظ شده است . بنابراین در مقایسه با نمودار دبی عبوری هوا این برتری را دارد که قادر به قیاس عملکرد توربوماشین (فن) می باشد . با این وجود چون اثر مصرف انرژی لحاظ نشده است قادر به بررسی کارایی کولر از نظر مصرف انرژی نیست .

در عدد بدون بعد Q / ND^3 :

Q : دبی حجمی کولر بر حسب متر مکعب

N : دور تند فن بر حسب رادیان بر ثانیه

D : قطر میانگین داخل و خارجی فن

۳-۳-۸ راندمان خنکی (η)[1]

این کمیت که مصرف کارایی پوشال کولر آبی می باشد شدیدا متاثر از رطوبت هوای ورودی می باشد و چون در استاندارد عملکرد کولر تنها به ارائه یک محدوده برای رطوبت نسبی (دمای حباب مرطوب) بسنده شده است لذا اندازه گیری این راندمان برای یک کولر در روزهای مختلف و با شرایط مختلف جوابهای متفاوتی خواهد داشت . با این حال یک نمودار کلی از نمودار کلی از راندمان خنکی کلی تولید کنندگان ارائه می شود . لازم به ذکر است که راندمان خنکی یک کولر ارتباط مستقیم با کارایی مصرف انرژی کولر ندارد بلکه با توجه به این که این مقدار در فرمول محاسبه و سرمای محسوس مستقیما وارد می شود در نتیجه بر مقدار EER تاثیر جزیی دارد .

[1] - Evaporative Efficiency

۳-۳-۹ ضریب هد (gH/ N2D2)[1]

این ضریب بدون بعد هم مانند ضریب جریان پارامتر موثری در ارزیابی عملکرد یک توربوماشین (در این جا فن) می باشد. راندمان یک توربوماشین در واقع تابع این ضریب و یا ضریب جریان و به علاوه تابع پارامتر هندسی که در این جا نسبت طول به قطر فن است ، می باشد .

مقدار H با استفاده از سرعت در مقطع خروجی و با استفاده از معادله برنولی و صرفنظر کردن از مقدار بسیار ناچیز فشار استاتیک به دست می آید . شایان ذکر است که از افت کانال هم که ناچیز است و در واقع در کلیه کولرها تقریبا یکسان می باشد ، صرفنظر شده است . این موضوع به دلیل طبیعت مقایسه ای کار خللی در تحلیل ایجاد نمی کند .

در عدد بدون بعد gH/N_2D_2

g : شتاب جاذبه بر حسب متر بر مجذور ثانیه

H : هد فن بر حسب متر

N : دور تند فن بر حسب رادیان بر ثانیه

D : قطر میانگین داخلی و خارجی فن

۳-۳-۱۰ ضریب توان $\cos(\varphi)$

این کمیت الکتریکی که معرف اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان مصرفی کولر می باشد نقش مهمی در کاهش و یا افزایش بار شبکه و توان راکتیو دارد . مقدار این کمیت به این بستگی دارد که آیا کولر دارای خازن اصلاح ضریب

[1] - Head Factor

قدرت بوده است یا خیر ؟یک نمودار کلی از این کمیت برحسب تولیدکننده ارائه می شود . به علاوه به عنوان نمونه ضریب توان یک کولر برای حالتهای بدون خازن ، خازن ۱۶ ، ۱۸ و ۲۰ میکروفاراد اندازه گیری شده که نمودار آن ارائه خواهد شد .

شایان ذکر است که ضریب توان از فرمول زیر محاسبه می شود :

$$Cos(\varphi) = \frac{W}{V.I} \qquad (۳-۱)$$

که در آن :

W : وات مصرفی

V : ولتاژ شبکه

I : جریان مصرفی (آمپر)

Cos (φ) : ضریب توان (بدون بعد)

۳-۳-۱۱ نسبت راندمان انرژی (EER)[1]

این عدد بسیار مهم در تعیین کارایی کولر در مصرف انرژی نقش مهمی را دارد که به صورت مقدار سرمای محسوس تولیدی کولر تقسیم بر انرژی مصرفی تعریف می شود و طی بررسیهای انجام شده فاکتور اصلی در طراحی برچسب انرژی خواهد بود . نمودار EER برای هر دسته کولر و سپس به طور کلی ترسیم شده است .

مقدار سرمای محسوس تولیدی کولر مساوی مقدار سرمای نهان کولر است و به صورت زیر محاسبه می شود :

[1] - Energy Efficiency Ratio

$$SH = \rho.Q.C_P[t_{di} - t_{do}] \qquad (۳-۲)$$

که در آن :

SH : سرمای محسوس کولر بر حسب kj / s

Q : دبی حجمی هوا بر حسب m^3 / s

C_p :ظرفیت نهان ویژه هوا بر حسب kj / kg.k

t_{di} : دمای حباب خشک ورودی بر حسب ($^\circ$ C)

t_{do} : دمای حباب خشک خروجی بر حسب ($^\circ$ C)

ρ : جرم حجمی هوا در دما و فشار کارکرد کولر بر حسب kg / m^3

همانطور که می بینیم در سرمای محسوس اثر فاکتور دبی حجمی و به طور غیر مستقیم اثر راندمان تبخیر هم لحاظ شده است .

۳-۳-۱۲ نرخ مصرف آب

اندازه گیری نرخ مصرف آب کولر به دلیل دبی عبوری ناچیز آب و به علاوه مساله قطع و وصل شدن عبور آب کار مشکلی است . برای این کار از یک کنتور دیجیتالی و با شناور الکتریکی استفاده شده است . لازم به ذکر است که میزان مصرف آب جزء استاندارد عملکرد نمی باشد بلکه استاندارد عملکرد تنها به هدر رفتن آب توجه دارد . مقدار مصرف آب داده شده برای کولرها تنها برای آگاهی از نرخ مصرف آب یک کولر برای تبخیر می باشد .

۳-٤ اطلاعات مربوط به کولرهای تست شده

در فرمهای حاوی اطلاعات مربوط به هر کولر که در ضمیمه الف می آیند ، ذکر توضیحات زیر لازم است .

۱- زاویه ها بر حسب درجه بیان شده اند و نسبت به شعاع فن اندازه گیری شده اند .

۲- واحد سایر اندازه گیریها میلیمتر می باشد .

۳- در مورد شکافهای مشبک به عنوان مثال عدد ۳۳ *۴ بدین معنی است که چهار ردیف مشبک و در هر ردیف تعداد ۳۳ شکاف موجود است .

۴- قطر پولی موتور و پروانه به صورت متوسط قطرهای داخلی و خارجی منظور شده است .

۵- در مورد شماره داده شده برای تسمه ها لازم به توضیح است که تسمه های A ، همگی دارای پهنای ۱/۲ اینچ و ضخامت ۵/۱۶ اینچ می باشد ، که پهنا مربوط به قسمت خارجی و در واقع قسمت پهن تر تسمه می باشد عددی که بعد از حرف A ذکر می شود محیط دایره گام تسمه بر حسب اینچ می باشد .

۶- زاویه مشبک نسبت به قائم اندازه گیری شده است .

۷- در مورد اطلاعات ذکر شده روی پلاک کولر که توسط تولیدکنندگان درج می شود لازم به ذکر است که منظور از وات مصرفی ، میزان مصرف برق کولر می باشد که توسط تولیدکننده اندازه گیری شده است . منظور از توان ورودی موتور ، توان مصرفی نامی موتور می باشد که از طرف کارخانه تولیدکننده موتور ذکر شده است و جریان نامی موتور ، جریانی است که موتور در حالت توان نامی و حالت عادی خود عبور می دهد . منظور از جریان مصرفی ، جریانی است که تولیدکننده در هنگام کارکرد کولر و در هنگام اندازه گیری وات مصرفی اندازه گیری کرده است.

۸- واحد سطح کل موثر ، متر مربع می باشد که این سطح در واقع سطح موثر برای هوای ورودی به کولر است .

فصل چهارم

مدل سازی کولر آبی

٤-١ کلیات

هدف از مدل سازی پیش بینی رفتار یک پدیده در دنیای واقعی می باشد . با استفاده از مدل سازی می توان به پیش بینی رفتار یک سیستم و تحلیل اثر پارامترهای مختلف بر رفتار سیستم مورد نظر پرداخت .

هدف از مدل سازی ریاضی ، ایجاد یک ساختار ریاضی برای یک سیستم یا پدیده مشخص است .

برای یک سیستم صنعتی که بهینه سازی آن مدنظر است انجام تغییرات گوناگون و بررسی اثر هریک از تغییرات برروی عملکرد سیستم و در نهایت یافتن بهترین حالت ممکن برای پارامترهای مختلف سیستم می تواند بسیار وقت گیر ، پرهزینه ، پیچیده، خسته کننده و حتی دست نیافتنی باشد .

در صورت در دست داشتن یک مدل ریاضی از سیستم مورد نظر به سادگی می توان تغییرات مورد نظر را به سیستم اعمال نمود و اثر این تغییرات را روی عملکرد سیستم بررسی کرد . این امر بخصوص در سیستمهایی که از پارامترهای بسیاری تشکیل می شوند و هر یک از پارامترها قابل بهینه سازی است شایان توجه است .

برای مثال پارامترهای مختلف یک کولر آبی عبارتند از زاویه ورودی و خروجی پروانه ، قطر پروانه ، عرض پروانه ، سطح موثر جانبی و.....

به طور خلاصه ، روش تولید مدل تقریبی عبارت است از :

۱. از بین مشاهدات ، پارامترهای اصلی موثر در رفتار سیستم در دنیای واقعی تشخیص داده می شوند و ساده سازی انجام می شود .

۲. روابط آزمایشی بین پارامترها در نظر گرفته می شود .

۳. تحلیل های ریاضی روی نتایج مدل به کار گرفته می شود .

۴. نتایج مدل برای به دست آوردن نتایج دنیای واقعی تفسیر می شود.

در نهایت توضیحات و نتایج به دست آمده در دنیای واقعی با کمک مشاهدات و اطلاعات جدید آزمایش می شود .

٤-۲ مدل سازی عددی کولر آبی

تنها مدل موجود در زمینه کولر آبی مستقیم ، که تنها یک مدل ترمودینامیکی می باشد ، مدل عددی هوانگ[۴] می باشد . این مدل دمای خشک ورودی و نسبت رطوبت ورودی را دریافت کرده و با استفاده از روابط سایکرومتریک و استفاده از یک فرمول تجربی برای محاسبه ضریب انتقال حرارت جابجایی ، دمای خروجی را پیش بینی می کند . در مدل عددی ایجاد شده در این پروژه ، اولا ورودیهای مدل دمای حباب خشک و مرطوب است ، ثانیا مدل ایجاد شده یک مدل جامع است که علاوه بر خواص ترمودینامیکی ، در آن عملکرد سیالاتی و مکانیکی کولر نیز مدل سازی شده است . در مدل عددی ایجاد شده از رابطه تجربی مدل هوانگ برای محاسبه ضریب انتقال حرارت استفاده شده است .

کولری که در این گزارش به مدل سازی آن پرداخته می شود از نوع کولر آبی مستقیم با استفاده از واسطه تبخیر پوشالی است .

باید توجه داشت که مدل ارائه شده تنها برای همین نوع کولر پاسخگو خواهد بود شامل انواع دیگر کولر آبی مانند کولر آبی غیر مستقیم و کولر آبی با واسطه تبخیر سلولزی نمی شود .

مدل ارائه شده برای کولر آبی شامل سه قسمت می باشد که با هم ترکیب شده و یک مدل نسبتا جامع از کولر را ارائه می دهد . این سه قسمت عبارتند از :

۱. مدل سازی ترمودینامیکی کولر آبی برای به دست آوردن شرایط هوای خروجی از کولر ، راندمان تبخیر ، مصرف آب و ظرفیت سرمایی محسوس کولر
۲. مدل سازی آماری برای به دست آوردن هوادهی کولر
۳. مدل سازی آماری برای به دست آوردن وات مصرفی کولر

٤-۳ روابط سایکرومتریک مورد نیاز برای نوشتن مدل ترمودینامیکی

٤-۳-۱ خواص ترمودینامیکی آب در حالت اشباع

در تعیین خواص هوای مرطوب اصولا تعیین نسبت رطوبت اشباع و فشار اشباع بخار آب مد نظر است .

برای محاسبه فشار جزئی بخار آب در دمای حباب مرطوب T_w از رابطه زیر استفاده می کنیم :

$$\ln(p_{ws}) = \frac{C_1}{\theta} + C_2 + C_3\theta + C_4\theta^2 + C_5\theta^3 + C_6.\ln\theta \qquad (۴-۱)$$

که در این رابطه

P_{ws} : فشار جزئی بخار اشباع (P_a)

θ : دمای حباب مرطوب ورودی ($^{\circ}K$)

ضرایب در معادله فوق عبارتند از :

$C_1 = 5.88002206 * 10^{3}$

$C_2 = 1.3914993$

$C_3 = -4.864023 * 10^{-2}$

$C_4 = 4.1764768 * 10^{-5}$

$C_5 = -1.445209 * 10^{-8}$

$C_6 = 6.5459673$

٤-٣-٢ تعریف پارامترهای رطوبتی پایه

نسبت رطوبت[1] : برای یک نمونه هوای مرطوب داده شده ، به صورت نسبت جرم بخار آب به جرم هوای خشک نمونه تعریف می شود .

$$W = \frac{M_w}{M_a} \qquad (۴-۲)$$

W : نسبت رطوبت

M_w: جرم بخار آب موجود در نمونه

[1] - Humidity Ratio

M_a : جرم هوای خشک موجود در نمونه هوا

کسر مولی[1] برای یک جزء در مخلوط برابر است با نسبت تعداد مولهای آن جزء (n_i) به کل تعداد مولهای تمام اجزا در مخلوط و با x_i نشان داده می شود . x_a بیانگر کسر مولی هوای خشک و x_w کسر مولی بخار آب در شرایط اشباع است . بنا به تعریف داریم :

$$x_a + x_w = 1 \qquad (۴-۳)$$

همچنین نسبت رطوبت (w) برابر است با حاصلضرب نسبت کسر مولی $\frac{x_w}{x_a}$ و نسبت وزن ملکولی آب به هوا برابر است با

$$\frac{18.01534}{28.96645} = 0.62198$$

بنابراین خواهیم داشت :

$$W = 0.62198\frac{x_w}{x_a} \qquad (۴-۴)$$

۳-۳-٤ پارامترهای رطوبتی وابسته به شرایط اشباع

پارامترهای رطوبتی که در زیر تعریف می شوند در تعریف خود شامل مفهوم اشباع هوای مرطوب می باشند :

نسبت رطوبت اشباع[2] که با $W_S(t,p)$ نمایش داده می شود . برای هوای مرطوب با شرایط دما و فشار t و pعبارت است از نسبت رطوبت هوای اشباع شده از آب در همان شرایط دما و فشار

درجه اشباع[3] که با μ نمایش داده می‌شود برابر است با نسبت رطوبت هوا (W) تقسیم بر نسبت رطوبت هوای اشباع (W_S) در همان فشار و دما.

---

[1] - Mole Fraction
[2] - Saturation Humidity Ratio
[3] - Degree of Saturation

$$\mu = \frac{w}{w_s} | t, p \qquad (۴-۵)$$

رطوبت نسبی[1] که با ψ نمایش داده می‌شود عبارت است از نسبت کسر مولی بخار آب (x_w) در یک نمونه داده شده از هوا به کسر مولی بخار آب در نمونه هوایی که در همان شرایط دما و فشار اشباع شده است.

$$\psi = \frac{x_w}{x_{ws}} | t, p \qquad (۴-۶)$$

دمای نقطه شبنم[2] که با t_d نمایش داده می‌شود عبارت از دمای هوای مرطوب است که در فشار P اشباع شود و نسبت رطوبت (W) آن ثابت بماند. بنابراین دمای نقطه شبنم $t_d(P,W)$ به صورت جواب معادله زیر تعریف می‌شود:

$$W_s(P , t_d)=W \qquad (۴-۷)$$

٤-٣-٤ روابط گاز کامل برای هوای خشک و مرطوب

زمانی می‌توان هوای مرطوب را به صورت گاز کامل درنظر گرفت که هر یک از اجزاء آن شامل هوای خشک و بخار آب از معادله حالت گاز کامل تبعیت کنند. بنابراین خواهیم داشت:

$P_aV=n_aRT$ (۴ -۸) برای هوای خشک

$P_wV=n_wRT$ (۴ -۹) برای بخار آب

[1] - Relative Humidity
[2] - Dew Point Temperature

که P_a فشار جزئی هوای خشک و P_w فشار جزئی بخار آب است، V حجم کل مخلوط هـوا و آب مـی‌باشـد، n_a تعداد مولهای اجزای هوا به جز آب و R ثابت برای هوا است و برابر ۲۸۷kj/kg.$^{\circ}K$ می‌باشد و n_w تعداد مولهای بخار آب را نشان می‌دهد.

با درنظر گرفتن شرایط فوق مخلوط هوا و آب نیز از معادله گاز کامل تبعیت خواهد کرد و داریم :

$$PV=nRT \qquad (\text{الف- ۱۰- ۴})$$

$$(P_a + P_w)V=(n_a + n_w)RT \qquad (\text{ب- ۱۰- ۴})$$

که در آن $P=P_a+P_w$ فشار کل مخلوط و $n=n_a+n_w$ کل تعداد مولهای موجود در مخلوط هوا و آب می‌باشد. با توجه به معادلات (۸-۴) تا (۱۰-۴) خواهیم داشت

$$X_a = \frac{P_a}{P_a + P_w} \qquad (۴ - ۱۱)$$

$$Xw = \frac{P_w}{P_a + P_w} = \frac{\rho_w}{\rho} \qquad (۴ - ۱۲)$$

با توجه به معادلات (۴-۴)، (۱۱-۴) و (۱۲-۴) خواهیم داشت

$$W = 0.62198\frac{P_w}{P - P_w} \qquad (۴ - ۱۳)$$

درجه اشباع (μ) بنا به تعریف از معادله (۵-۴) به صورت زیر نوشته می‌شود

$$\mu = \frac{W}{W_s}|t, p \qquad (۴-۱۴)$$

که W_s را می‌توان از رابطه زیر محاسبه نمود

$$W = 0.62198\frac{P_{ws}}{P - P_{ws}} \qquad (۴-۱۵)$$

در این رابطه جمله P_{ws} نشانگر فشار اشباع بخار آب در دمای داده شده است. این فشار تنها تابعی از دما می‌باشد و فقط به طور جزئی با فشار بخار آب در هوای مرطوب اشباع (P_s) تغییر می‌کند.

P_s تابعی از فشار و دمای مخلوط است و به صورت:

$$P_s=x_{ws}P \qquad (۴-۱۶)$$

تعریف می‌شود که در آن:

P_s : فشار بخار آب اشباع

X_{ws} : کسر مولی آب بر مخلوط اشباع

P : فشار کل مخلوط هوا و آب

با جایگزین کردن مقادیر x_w و x_{ws} از معادله (۴-۱۲) در معادله (۴-۶) خواهیم داشت:

$$\psi = \frac{P_w}{P_{ws}}|t,p \qquad (۴-۱۷)$$

انتالپی مخلوط گازهای کامل برابر است با مجموع انتالپی‌های هر یک از اجزاء. بنابراین انتالپی هوای مرطوب عبارت است از:

$$h=h_a+w.h_g \qquad (۴-۱۸)$$

h_a : انتالپی مخصوص هوای خشک

h_g : انتالپی مخصوص بخار آب اشباع در دمای مخلوط

W : نسبت رطوبت هوای مرطوب

به طور تقریب می‌توان گفت:

$$h_a=T \qquad (۴-۱۹)$$

$$h_g=2501 + 1.805\ T \qquad (۴-۲۰)$$

که در این دو رابطه T دمای حباب خشک برحسب درجه سانتیگراد می‌باشد. بنابراین از ترکیب معادلات (۴-۱۸)، (۴-۱۹) و (۴-۲۰) خواهیم داشت:

$$h=T+w(2501+1.805T) \qquad (۴-۲۱)$$

برای محاسبه نسبت رطوبت یک نمونه از مخلوط هوا و آب از رابطه زیر استفاده خواهیم کرد:

$$W = \frac{(2501 - 2.381T_w)w_s * -(T - T_w)}{2501 + 1.805t - 4.186T_w} \qquad (۴-۲۲)$$

T : دمای حباب خشک هوا

T_w : دمای حباب مرطوب هوا

W_s : نسبت رطوبت اشباع با استفاده از $P_{ws}(T_w)$ در رابطه (۱۲-۸)

$P_{ws}(T_w)$: فشار جزئی بخار آب اشباع در دمای T_w

از ترکیب معادلات (۴-۶)، (۴-۵) و (۴-۴) معادله زیر به دست می‌آید که برای محاسبه رطوبت نسبی به کار می‌رود.

$$\psi = \frac{\mu}{1 - (1 - \mu)x_{ws}} \qquad (۴-۲۳)$$

در رابطه فوق مقدار x_w از معادله (۴-۱۲) به دست می‌آید. بنابراین معادله زیر را خواهیم داشت:

$$\psi = \frac{\mu}{1-(1-\mu)\frac{p_{ws}}{p}} \qquad (۴-۲۴)$$

برای محاسبه جرم حجمی مخلوط هوا و آب از قانون گازهای کامل استفاده می‌شود. مطابق رابطه زیر:

$$P = \rho R \theta \qquad (۴-۲۵)$$

که در آن:

θ : دمای حباب خشک هوا بر حسب ($^{\circ}K$)

R : ثابت جهانی گاز برای هوا ($kj/kg^{\circ}k$)

P : فشار جو بر حسب (P_a)

ρ : جرم حجمی هوا بر حسب (kg/m^3)

در رابطه فوق برای درنظر گرفتن تصحیحی که به صورت تجربی و از حاصل آزمایشهای گوناگون در اداره استاندارد به دست آمد به جای استفاده از مقدار دمای θ بر حسب درجه کلوین از رابطه زیر استفاده می‌شود تا دقت بهتری به دست آید.

$$\theta = T + 273.16 - 10 \qquad (۴-۲۶)$$

θ : دمای حباب خشک هوا بر حسب ($^{\circ}K$)

T : دمای حباب خشک هوا بر حسب ($^{\circ}C$)

از آنجا که در نوشتن معادلات کولر نیاز به تعریف عدد رینولدز و عدد پرانتل وجود دارد باید خواصی مانند لزجت و ضریب انتقال حرارت جابجایی هوا به صورت رابطه‌هایی موجود باشد.رابطه مورد نیاز

برای این خواص از خوراندن منحنی روی جدول خواص هوا به دست می‌آید. این امر به کمک نرم افزار EES صورت گرفت .

معادلات حاصل از خوراندن منحنی عبارتند از:

$$\mu = 9.8066 * 10^{-6}(1.712 + 0.0058T) \qquad (۴-۲۷)$$

T : دمای حباب خشک هوا ($^{\circ}C$)

μ : لزجت (kg/m.s)

$$K = 7.691 * 10^{-5}T + 2.4178 * 10^{-2} \qquad (۴-۲۸)$$

T : دمای حباب خشک هوا ($^{\circ}C$)

K : ضریب انتقال حرارت جابجایی هوا (w/m.k)

در نهایت اعداد بی بعد رینولدز و پرانتل با استفاده از خواص فوق به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$\mathrm{Re} = \frac{p.V.LC}{\mu} \qquad (۴-۲۹)$$

$$\mathrm{Pr} = \frac{Cp.\mu}{k} \qquad (۴-۳۰)$$

در معادلات فوق C_p گرمای ویژه هوا در فشار ثابت است که در محدوده مورد نظر با تقریب بسیار خوبی ثابت (برابر ۱/۰۰۸ kj/kg°k) و LCR یک طول مشخصه است که از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$LC = \sqrt{\frac{A}{L1 * L2}} \qquad (۴-۳۱)$$

که در این رابطه:

L_1, L_2 : ابعاد کف کولر (m)

A : سطح مؤثر جانبی (m^2)

LC : طول مشخصه تجربی

٤-٤ مدل ترمودینامیکی کولر آبی مستقیم با واسطه تبخیر پوشالی

در قسمت ترمودینامیکی از مدل کولر آبی از روابط ارائه شده در بخش (۴-۱) و نیز روابط تجربی ارائه شده در این زمینه که به موقع ذکر خواهند شد استفاده می‌شود.

ورودیهای مدل ترمودینامیکی عبارتند از:

۱- دمای حباب خشک ورودی	(T)	برحسب درجه سانتیگراد
۲- دمای حباب مرطوب ورودی	(T_w)	برحسب درجه سانتیگراد
۳- فشار جو در محیط آزمون	(P_a)	برحسب پاسکال
۴- هوادهی کولر	(Q)	برحسب متر مکعب بر ساعت

۵- سطح موثر جانبی کولر (A) برحسب متر مربع

۶- ابعاد کف کولر به عنوان طول مشخصه (L_1,L_2) برحسب متر

در این قسمت به توضیح مدل ارائه شده پرداخته می‌شود:

ابتدا با معلوم بودن دمای حباب مرطوب ورودی با استفاده از معادله (۴-۱) فشار جزئی آب اشباع در دمای T_w ، (P_{wss}) محاسبه می‌شود. سپس نسبت رطوبت اشباع در دمای T_w با استفاده از معادله (۴-۱۳) و مقداری که برای P_{wss} به دست آمد و مقدار P محاسبه می‌شود.

همین خصوصیات در دمای حباب خشک ورودی هم محاسبه می‌شوند که P_{wss} و W_s نامیده می‌شود. نسبت رطوبت کل مخلوط با استفاده از رابطه (۴-۲۲) و انتالپی مخلوط با کمک رابطه (۴-۲۱) محاسبه می‌شود. حال با معلوم بودن نسبت رطوبت (W) و نسبت رطوبت اشباع (WS) و استفاده از رابطه (۴-۴) درجه اشباع قابل محاسبه است.

برای محاسبه رطوبت نسبی هوای ورودی از رابطه (۴-۲۴) استفاده می‌شود.

لزجت هوا و ضریب انتقال حرارت جابجایی از معادلات (۴-۲۷) و (۴-۲۸) به دست می‌آیند. به کمک این مقادیر و استفاده از روابط (۴-۲۹) و (۴-۳۰) عدد رینولدز و عدد پرانتل داخل کولر محاسبه

می‌شود. طول مشخصه در معادله (۴-۲۹) از معادله (۴-۳۱) به دست می‌آید که یک رابطه تجربی می‌باشد.

همچنین سرعت هوا در رابطه (۴-۲۹) از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$V = \frac{Q}{3600A}$$

Q : هوادهی کولر بر حسب (m^3/h)

A : سطح موثر جانبی بر حسب (m^2)

V : سرعت هوا در ورود به کولر (m/s)

در این مرحله تمام خواص فیزیکی و ترمودینامیکی مورد نیاز هوا در ورود به کولر محاسبه شده‌اند. قدم بعدی استفاده از این خواص برای محاسبه خواص هوا در خروج از کولر می‌باشد.

با توجه به اینکه هوای عبوری از داخل کولر یک فرآیند اشباع آدیاباتیک را طی می‌کند و با توجه به آنکه از مشخصه‌های مهم این فرآیند ثابت بودن دمای حباب مرطوب است پس اولین رابطه‌ای که در این قسمت به دست می‌آوریم رابطه ثابت بودن دمای حباب مرطوب در ورود و خروج از کولر است.

بنابراین یکی از خواص هوا در خروج از کولر به سادگی به دست می‌آید.

T_w=const.

همانطور که می‌دانیم برای معلوم بودن شرایط هوا روی نمودار سایکرومتریک لازم است دو خصوصیت هوا معلوم باشند تا بتوان سایر خواص را محاسبه نمود یا از روی نمودار به دست آورد.

پس از طی این مرحله می‌توان به محاسبه ظرفیت سرمایی محسوس و راندمان تبخیر کولر با استفاده از روابط زیر پرداخت:

$$SH = \rho.Q.Cp(T - TT) \qquad (۴-۳۲)$$

که در این معادله:

SH : ظرفیت سرمایی محسوس کولر بر حسب وات

ρ : جرم حجمی هوا بر حسب (kg/m^3)

Q : هوادهی کولر بر حسب (m^3/s)

T : دمای حباب خشک هوای ورودی به کولر ($^{\circ}C$)

TT : دمای حباب خشک هوای خروجی از کولر ($^{\circ}C$)

$$EE = \frac{T - TT}{T - T_w} \qquad (۴-۳۳)$$

که در این معادله:

T : دمای حباب خشک هوای ورودی به کولر ($^{\circ}C$)

TT : دمای حباب خشک هوای خروجی از کولر ($^{\circ}C$)

T_w : دمای حباب مرطوب هوا ($^{\circ}C$)

در مورد معادله (۴-۳۲) ذکر این نکته ضروری است که به طور کلی دو نوع ظرفیت سرمایی محسوس قابل تعریف می‌باشد.

در دیدگاه اول ظرفیت سرمایی محسوس می‌تواند بین هوای خروجی از کولر و هوای اتاق تهویه شده تعریف شود که معادله آن در پیوست الف از استاندارد کولر آبی- روش‌های آزمون ارائه شده است. در یک دیدگاه دیگر می‌توان ظرفیت سرمایی محسوس را بین هوای ورودی به کولر و خروجی از آن تعریف نمود که فرمول آن مطابق معادله (۴-۳۲) خواهد شد.

اشکالی که تعریف ظرفیت سرمایی محسوس به روش اول دارد این است که در آن شرایط هوای اتاق تهویه شده منظور می‌شود که با توجه به ثابت بودن این شرایط و وابستگی آن به مواردی چون فصل و زمان انجام آزمایش (دمای هوای محیط) نوع عایق بندی ساختمان اتاق تهویه شونده و ... قابل استفاده به صورت پارامتر مقایسه‌ای بین کولرهای مختلف که مد نظر است نمی‌باشد.

اما در تعریف ظرفیت سرمایی محسوس به روش دوم با توجه به اینکه شرایط هوای ورودی به کولر تقریباً ثابت است (مطابق شرایط استاندارد) معادله (۳۲-۴) در واقع ظرفیت سرمایی محسوس تولید شده توسط خود کولر را ارائه می‌دهد و بر این اساس راندمان انرژی (EER) که بصورت نسبت سرمایش محسوس تولید شده به وات مصرفی کولر می‌باشد تعریف می‌شود.

٤-٥ مدل آماری هوادهی

در مدل ترمودینامیکی ارائه شده نیاز به معلوم بودن میزان هوادهی کولر می‌باشد. از آنجا که میزان هوادهی کولر قبل از آزمون مشخص نمی‌باشد و مدل ارائه شده باید مستقل از آزمون باشد و با توجه به اینکه باید بتوان از این مدل برای بهینه سازی استفاده نمود و برای این امر باید تأثیر پارامترهای مختلفی که در بخش (۴-۱) شماری از آنها ذکر شد بر میزان هوادهی بررسی شود نیاز به مدلی برای محاسبه میزان هوادهی کولر وجود دارد.

با توجه به پیچیدگی تأثیر هر یک از پارامترهای کولر بر روی میزان هوادهی آن بررسی تحلیلی این تأثیرات به سادگی امکان پذیر نیست و به علاوه در صورت امکان با توجه به فاصله گرفتن روابط ایده‌آل تحلیلی از آنچه در دنیای واقعی اتفاق می‌افتد مدل ارائه شده به صورت تحلیلی صرف، دارای خطای نسبتاً زیادی خواهد بود.

از آنجا که مدل ارائه شده باید قابلیت کاربرد برای بهینه سازی را داشته باشد این خطا قابل قبول نخواهد بود. بنابراین در این مرحله باید با توجه به دانشی که از فرآیند مدل سازی کسب شد به مدل سازی تجربی- تحلیلی و بررسی آماری میزان هوادهی کولر بر حسب پارامترهای مختلف پرداخته شود.

روش به کار گرفته شده برای مدل سازی برگرفته از روش‌های مدل سازی ۳ و ۲ و ۱ می‌باشد. به این ترتیب که ابتدا پارامترهای مهم تشخیص داده می‌شود و سپس در صورت امکان نوعی رابطه وابستگی بین هوادهی و هر

یک از پارامترهای ایجاد شده و در غیر اینصورت به صورت تجربی روابط آزمایش می‌شوند. در صورت مناسب بودن رابطه، مدل پذیرفته می‌شود و در غیر اینصورت قسمتهای آزمایشی مدل عوض می‌شوند و این چرخه ادامه پیدا می‌کند.

٤-٥-١ تشخیص پارامترها

در مرحله تشخیص پارامترهای موثر در هوادهی مهمترین پارامترها ،ابعاد هندسی پروانه به نظر می رسند . بنابراین پارامترهایی چون عرض پروانه (B) ، قطر متوسط پروانه – قطر متوسط داخلی و خارجی پروانه (D) ، زاویه ورودی پروانه (θ_1) ، زاویه خروجی پروانه (θ_2) ، تعداد پره پروانه (N) ، دور پروانه (RPM) وارد مدل خواهند شد. پارامتر دیگری که مهم و ضروری به نظر می رسد سطح موثر جانبی (A) است که بر میزان هوادهی تاثیر زیادی دارد و در مدل گنجانده می شود .

از آنجا که نسبت قطر پولی ها تاثیر خود را روی RPM نشان می دهد این پارامتر نمی تواند در مدل موثر باشد . توان موتور تاثیر مستقیمی در میزان هوادهی ندارد و تاثیر خود را در RPM نشان داده است . بنابراین در واقع RPM به عنوان معیاری از توان موتور و نسبت قطر پولی ها معرفی شده است .

چگالی پوشالها تاثیر بسیار مهمی بر روی هوادهی دارد اما از آنجا که بیشتر کارخانه های تولیدکننده از پوشالهای مشابه استفاده می کنند این پارامتر تقریبا در تمام کولرها یکسان می باشد و بنابراین تاثیر خود را به همراه تاثیر سایر پارامترهایی که در مدل گنجانده نشده اند به صورت یک عدد ثابت نشان خواهد داد .

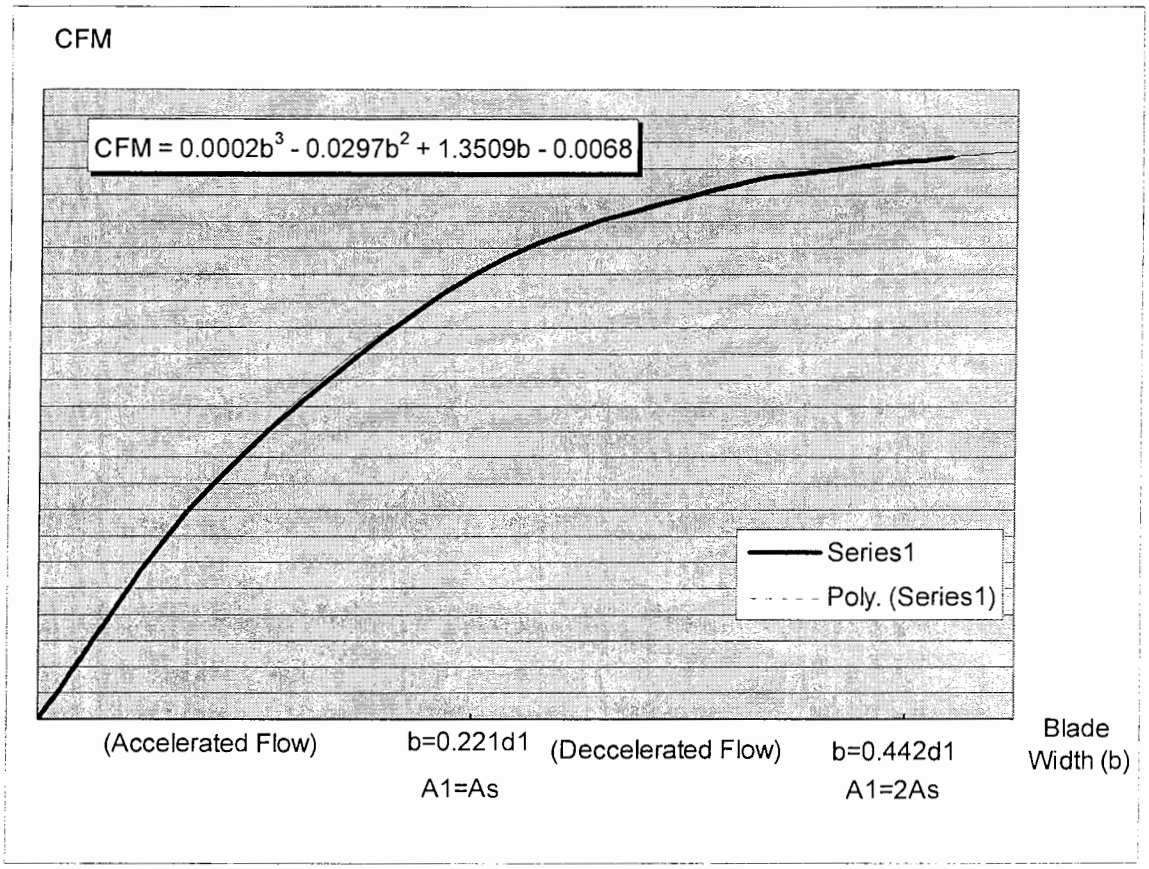
از تاثیر سایر پارامترها نیز (مانند مشخصات حلزونی) صرفنظر می شود زیرا حلزونی تاثیر خود را نسبت به قطر پروانه نشان خواهد داد و به علاوه تاثیر آن پیچیدگی زیادی خواهد داشت و لذا از مشخصات حلزونی صرفنظر می شود .

٤-٥-٢ ایجاد روابط بین هوادهی و پارامترها

در این مرحله هوادهی به صورت تابعی با ضرایب مجهول و توانهای نامعلوم از پارامترهای مختلف در نظر گرفته می شود . حال باید دانست که هر یک از پارامترهای فوق چگونه بر میزان هوادهی تاثیر می گذارد .

٤-٥-٢-١ اثر عرض پروانه بر میزان هوادهی

شکل ٧-٨ تغییرات میزان هوادهی را بر حسب عرض پروانه نشان می دهد . این اثر چنانچه گاهی فرض می شود به صورت نسبت مستقیم نیست . با افزایش عرض پروانه ، میزان هوادهی افزایش می یابد . اما نسبت افزایش آن کمتر از نسبت مستقیم است . منحنی شکل ۴-۱ طوری خم شده است که در نزدیکی نقطه Bmax تقریبا افقی است . بنابراین به طور آزمایشی یک توان کوچکتر از یک برای آن در نظر گرفته می شود و آماده برای تصحیح می باشد .



نمودار (۴-۱) : تغییرمیزان هوادهی برحسب عرض پروانه

٤-٥-٢-٢ اثر قطر پروانه بر میزان هوادهی

با افزایش قطر داخلی و خارجی پروانه که نتیجه آن افزایش قطر متوسطی است که در اینجا در نظر گرفته شده است سرعت خطی هوا افزایش می یابد و در نتیجه هوادهی افزایش می یابد . رابطه افزایش هوادهی با افزایش قطر به صورت زیر است :

$$A_0 = \pi BD \quad \Longrightarrow \quad Q = \pi BDV$$

$$Q = VA$$

در این رابطه V سرعت هوا در خروج از پروانه و عمود بر سطح محیطی پروانه است . بنابراین برای قطر پروانه توان حدود یک در نظر می گیریم .

٤-٥-٢-٣ اثر زوایای ورودی و خروجی پروانه

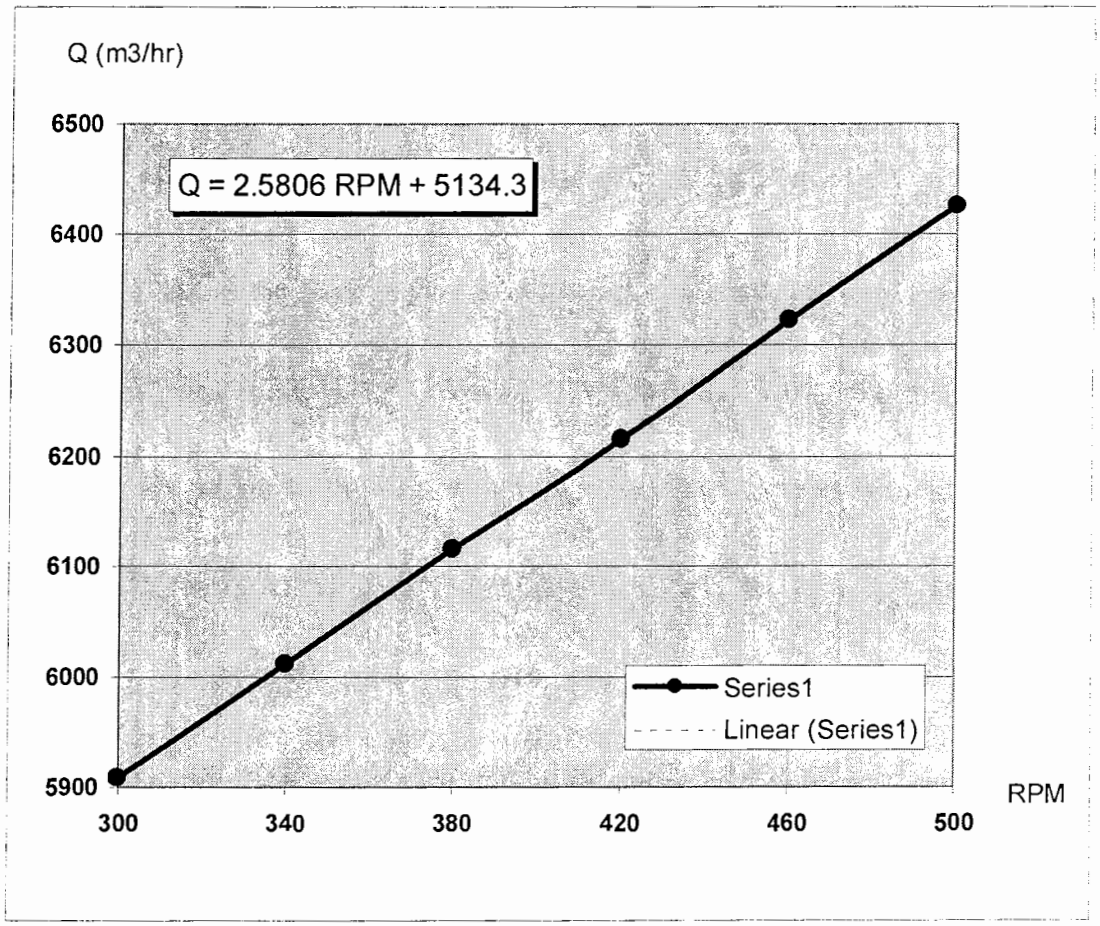
با فرض این که زوایا نسبت به مماس اندازه گیری شوند می توان گفت زاویه مناسب برای θ_1 معمولا بین مقادیر 10° تا 35° قرار دارد که در نتیجه جریان نسبی هوا با یک زاویه نسبتا بزرگ با لبه برخورد پره پروانه برخورد می کند . زاویه خروجی پره پروانه از این هم بزرگتر است و مقدار مناسب آن بین مقادیر ۳۰ تا ۷۰ قرار می گیرد . با توجه به این مقادیر بهینه پارامتر زوایا به صورت سینوس اختلاف زاویه پروانه کولر مورد نظر با متوسط این مقادیر وارد مدل می شود .

٤-٥-٢-٤ اثر تعداد پره پروانه بر میزان هوادهی

تعداد پره پروانه بر اندازه کانال عبور هوا و میزان مقاومت موثر بر سر راه عبور هوا موثر است . از طرفی کانال عبور هوا باید به اندازه کافی نازک باشد تا هوا را به خوبی هدایت کند و ایجاد جریانهای ادی نسبی نکند . جریان ادی نسبی در اثر توزیع غیر یکنواخت سرعت و فشار در دو سمت پره پروانه ایجاد می شود و باعث تلفات انرژی می شود .از طرف دیگر مسیر عبور هوا باید به اندازه کافی پهن باشد تا مقاومت موجود برای عبور هوا را کاهش بدهد . از آنجا که در کولرهای موجود افزایش تعداد پره همزمان با افزایش قطر متوسط پروانه صورت گرفته بنابراین یک نسبت تقریبا مستقیم بین میزان هوادهی و تعداد پره پروانه برقرار خواهد شد . در غیر اینصورت اگر تنها افزایش پره صورت بگیرد و قطر پروانه ثابت باشد پس از مقداری افزایش در میزان هوادهی به قسمت اشباع منحنی خواهیم رسید و حتی از آن پس با افزایش بیشتر تعداد پره پروانه به علت افزایش مقاومت اصطکاکی بر سر راه عبور هوا ، هوادهی نه تنها افزایش ندارد بلکه کاهش هم نشان خواهد داد .

٤-٥-٢-٥ اثر دور پروانه بر میزان هوادهی

دور پروانه نسبت مستقیم با میزان هوادهی دارد و با افزایش دور پروانه به طور مستقیم سرعت هوا افزایش می یابد که این امر هوادهی را مستقیما افزایش می دهد . بنابراین در مدل آزمایشی توان یک برای دور پروانه در نظر گرفته می شود . شکل ۴-۲ تغییرات مورد انتظار را نمایش می دهد .



نمودار (۴-۲) : اثر دور پروانه بر میزان هوادهی

۴-۵-۲-۶ اثر سطح موثر جانبی بر میزان هوادهی

سطح موثر جانبی در واقع مقدار سطح آزاد برای عبور هوا را در ورودی کولر نشان می دهد . بنابراین با افزایش این سطح میزان هوادهی افزایش خواهد یافت . به طور تقریب از نتایج آزمایشها مشخص است که باید توان حدود یک دوم برای این پارامتر در نظر گرفت .

۴-۵-۲-۷ سایر جمله های موجود در مدل

علاوه بر موارد ذکر شده فوق یک جمله به صورت حاصلضرب قطر پروانه در عرض آن و یک جمله هم به صورت حاصلضرب قطر پروانه در دور آن در مدل گنجانده شد . علت گنجاندن این جمله ها در مدل این است که این پارامترها تاثیر زیادی روی میزان هوادهی دارند و بنابراین بهتر بود که در چند جمله از مدل با توانهای مختلف ظاهر شوند تا اثر خود را بهتر نشان دهند . توانهای این جملات برابر یک فرض شده است .

علاوه بر موارد فوق یک جمله هم به صورت عدد ثابت در مدل گنجانده شده است تا اثر مواردی را که در تمام کولرها مشابه فرض شده (مانند چگالی پوشال و ابعاد حلزونی نسبت به قطر پروانه) و سایر مواردی را که احتمالا در نظر گرفته نشده اند پوشش دهد .

۴-۵-۳ تولید مدل آماری میزان هوادهی

پس از تشخیص پارامترهای موثر در میزان هوادهی و ایجاد یک رابطه تقریبی بین میزان هوادهی و این پارامترها که در قسمتهای ۴-۵-۱ و ۴-۵-۲ انجام شد اکنون می توان مدل را با ترکیب روابط فوق به صورت زیر در نظر گرفت :

$$Q = A_1 B.D + a_2 \sin(100 - \theta_1) + a_3 N + a_4 D.RPM + a_5 RPM + a_6 A^{0.7} + a_7 .\sin(130 - \theta_2) + a_8 B^{0.9} + a_9 A^{0.5} + a_{10} D + a_{11}$$

در مدل فوق $a_1, a_2, \ldots\ldots, a_{11}$ ضرایب مجهول می باشند و توان پارامترها حدودا از بحث های موجود در بخش ۴-۵-۲ به دست آمده اند .

مرحله بعدی به دست آوردن ضرایب مجهول می باشد . با توجه به تعداد مجهولها تعداد یازده کولر به طور اتفاقی از بین سایر کولرها برای حل مدل فوق انتخاب شد ، با قرار دادن مشخصات کولرهای انتخابی در معادله فوق یک دستگاه یازده معادله و یازده مجهولی به دست می آید که برای حل آن از نرم افزار EES[1] استفاده شد.

پس از حل دستگاه و به دست آوردن ضرایب مجهول مدل آزمایشی آماده است و امکان آزمایش آن با اطلاعات سایر کولرها وجود دارد . پس از انجام چندین بار سعی و خطا و عوض کردن توانها و کولرهای انتخابی در نهایت مدل زیر برای به دست آوردن میزان هوادهی کولر بر حسب مشخصات هندسی و فیزیکی کولر به دست آمد .

۴-۵-۴ مدل آماری میزان هوادهی

مدل نهایی که از تحلیل های فوق به دست می آید به فرم زیر است :

$$Q = A_1 B.D + a_2 \sin(100 - \theta_1) + a_3 N + a_4 D.RPM + a_5 RPM + a_6 A^{0.7} + a_7 .\sin(130 - \theta_2) + a_8 B^{0.9} + a_9 A^{0.5} + a_{10} D + a_{11}$$

[1] - Engineering Equation Solver

در معادله فوق :

B : عرض پروانه(mm)

D : قطر متوسط پروانه (mm)

θ_1 : زاويه ورودي پروانه نسبت به شعاع (°)

θ_2 : زاويه خروجي پروانه نسبت به شعاع (°)

N : تعداد پره پروانه

RPM : سرعت گردش پروانه(rpm)

A : سطح موثر جانبي (m^2)

ضرايب a_1 تا a_{11} در مدل فوق عبارتند از :

a_1 =-0.138	a_2 =6659.967	a_3= -2.276
a_4 =0.076	a_5 =31.067	a_6= -0.348
a_7 =-984.372	a_8 =73.914	a_9= 17.705
a_{10} =154.378	a_{11} = -48231	

مدل آماری فوق از دقت بسیار خوبی برخوردار است و متوسط خطای آن حدود سه در صد می باشد . توضیح این نکته ضروری است که ضرایب a_1 تا a_{11} بی بعد نیستند و واحد هر یک از تقسیم واحد Q (m^3/h) بر واحد جملات مربوط به آن به دست می آید .

٤-٦ مدل آماری وات مصرفی کولر

علت نیاز به مدلسازی وات مصرفی ، شبیه سازی نسبت راندمان انرژی (EER) می باشد .

با استفاده از مدل ترمودینامیکی اختلاف دما و با استفاده از مدل آماری هوادهی ، هوادهی کولر قابل محاسبه شده اند . اکنون در صورت قابل محاسبه بودن وات مصرفی ، EER قابل محاسبه است .

روش کار در این قسمت بسیار مشابه روش کار برای به دست آوردن مدل آماری هوادهی می باشد .

٤-٦-١ تشخیص پارامترها

وات مصرفی کولر مستقیما به نوع موتور آن وابسته است . هرچه سایز موتور بالاتر رود وات مصرفی آن افزایش می یابد . بنابراین در مدل توان لازم (وات مصرفی) برای چرخاندن الکتروموتور یکی از پارامترها سایز موتور می باشد که به صورت اسب بخار نامی موتور در مدل منظور می شود .

پارامتر دیگر نسبت قطر پولی هاست اگر قطر پولی موتور را DPM و قطر پولی پروانه را DPF بنامیم پارامتر مذکور را به صورت $\frac{DPM}{DPF}$ در نظر می گیریم . پارامتر مهم دیگر راندمان تسمه می باشد .

منظور از راندمان تسمه نسبت انرژی خروجی از تسمه به انرژی ورودی آن می باشد . اگر راندمان تسمه صد در صد باشد نسبت دور پولی ها با نسبت دورها برابر خواهد بود اما از آنجا که هیچگاه راندمان تسمه به صد در صد نمی رسد از حاصل تقسیم نسبت دورها به نسبت قطر پولی ها به عنوان معیاری از راندمان تسمه استفاده کرده آن را در مدل می گنجانیم . بنابراین خواهیم داشت :

$$\eta_B = \frac{\frac{MRPM}{FRPM}}{\frac{DPF}{DPM}} \qquad (۴-۳۳)$$

که در رابطه فوق :

η_B : راندمان تسمه (درصد)

FRPM : سرعت چرخش پولی پروانه (rpm)

MRPM : سرعت چرخش پولی موتور (rpm)

DPM : قطر پولی موتور (mm)

DPF : قطر پولی پروانه (mm)

میزان هوادهی کولر به عنوان معیاری که تمام پارامترهای هندسی را شامل است مانند مدل تولید شده در قسمت ۴-۵ وارد مدل می شود .

سطح موثر جانبی همچنان یک پارامتر موثر است .

پارامتر مهم و موثر دیگر نسبت ارتفاع راهنمای هوا به ارتفاع کانال خروجی کولر است .

٤-٦-٢ ایجاد روابط بین وات مصرفی و پارامترها

با توجه به مباحثی که مطرح شد وات مصرفی کولر را می توان به صورت زیر در نظر گرفت :

$$W=W\left[\frac{FRPM}{MRPM},\ \frac{DPF}{DPM},\ Q_{\theta 1,\theta 2},\ HP,\ A,\ \frac{h_{gu}}{h_{ch}}\right]$$

در رابطه فوق پارامترهایی که تا کنون تعریف نشده اند عبارتند از ارتفاع راهنمای هوا (h_{gu}) و ارتفاع کانال خروجی هوا (h_{ch}) .

٤-٦-٢-١ اثر هوادهی بر وات مصرفی

هوادهی یکی از مهمترین پارامترها وارد شده در مدل است . مهمترین عوامل افزایش هوادهی عبارتند از سرعت بیشتر پروانه و اندازه بزرگتر آن . هر دو این موارد باعث افزایش وات مصرفی موتور می شود و بنابراین با افزایش هوادهی وات مصرفی نیز افزایش می یابد .بنابراین فعلا فرض می شود که افزایش هوادهی باریشه سوم وات مصرفی نسبت مستقیم دارد و بعد به تصحیح آن خواهیم پرداخت .

٤-٦-٢-٢ اثر راندمان تسمه بر وات مصرفی

راندمان تسمه به صورت حاصل تقسیم نسبت دور پروانه به موتور بر نسبت قطر پروانه به موتور وارد مدل شد .

٤-٦-٢-٣ اثر سایز موتور بر وات مصرفی

سایز موتور یک اثر تقریبا مستقیم بر وات مصرفی کولر خواهد گذاشت . سایز موتور به صورت توان نامی موتور وارد می شود ، با افزایش سایز موتور وات مصرفی تقریبا به نسبت افزایش می یابد . به همین دلیل توان اولیه آن در مدل یک در نظر گرفته می شود و مقدار صحیح آن با سعی و خطا به دست می آید .

٤-٦-٢-٤ اثر زوایای ورودی و خروجی پروانه بر وات مصرفی

زوایا نیز به دلیل اهمیت در مدل گنجانده می شوند از آنجا که هدف قرار دادن این زوایا در مخرج رابطه W بود ، برای صفر نشدن مخرج تدابیری اندیشیده شد . بدین نحو که بجای قرار دادن $\sin\theta_1$ در مخرج $\sin(\theta_1+1)$ قرار

داده شد . از آنجا که هیچ کولری دارای زاویه خروجی صفر درجه نبود نیازی به انجام این عمل برای θ_2 وجود نداشت و لذا از آن صرفنظر شد .

٤-٦-٢-٥ اثر سطح موثر جانبی بر وات مصرفی

با افزایش سطح موثر جانبی وات مصرفی موتور افزایش می یابد ، اما این افزایش ادامه پیدا نمی کند و منحنی به حالت اشباع در می آید . بنابراین باید یک توان کوچکتر از یک برای آن در نظر گرفت و آن را تصحیح نمود .

٤-٦-٢-٦ اثر ارتفاع راهنمای هوا بر وات مصرفی

با افزایش ارتفاع راهنمای هوا ، مقاومت بر سر راه عبور هوای خروجی از کولر زیاد می شود . یعنی موتور کولر باید وات بیشتری را مصرف کند تا بر این مقاومت غلبه کند . بنابراین با افزایش ارتفاع راهنمای هوا که به صورت نسبت ارتفاع راهنمای هوا به ارتفاع کانال خروجی وارد مدل می شود ، وات مصرفی افزایش می یابد . اما از آنجا که نحوه این افزایش مشخص نیست در ابتدا عددی (مثلا یک) فرض می شود تا تصحیحات لازم صورت گیرد .

٤-٦-٢-٧ سایر پارامترها

برای در نظر گرفتن سایر پارامترهایی که در مدل گنجانده نشده اند و برای در نظر گرفتن خطاهای مربوط به ساده سازیها یک عدد ثابت هم در مدل در نظر گرفته می شود که مقدار آن از حل دستگاه معادلات مربوطه به دست می آید.

٤-٦-٣ تولید مدل آماری وات مصرفی

پس از تشخیص پارامترها و ایجاد روابط بین آنها باید به ترکیب روابط برای ایجاد مدل آزمایشی پرداخت . پارامترهای Q3 و $\frac{\frac{FRPM}{MRPM}}{\frac{DPF}{DPM}}$ به صورت حاصلضرب در نظر گرفته و یکبار بر سینوس زاویه ورودی و بار دیگر بر سینوس زاویه خروجی تقسیم می شود . به این ترتیب دو جمله از مدل به دست می آید . سایر پارامترها به همان صورت مطرح شده در بخش ۸-۷-۲ در نظر گرفته می شوند . بنابراین مدل آزمایشی در این مرحله به صورت زیر نوشته می شود :

$$W = b_1 \frac{Q^3}{\sin(\theta+1)} \cdot \frac{\frac{FRPM}{MRPM}}{\frac{DPF}{DPM}} + b_2 \frac{Q^3}{\sin(\theta_2+1)} \cdot \frac{\frac{FRPM}{MRPM}}{\frac{DPF}{DPM}} + b_3 HP + b_4 A^{0.8} + b_5 [\frac{h_{gu}}{h_{ch}}] + b_6$$

حال باید مدل آزمایشی فوق را تصحیح نمود . برای به دست آوردن ضرایب مجهول که تعداد آنها ۶ عدد می باشد نیاز به معلوم بودن اطلاعات ۶ کولر است . به این ترتیب یک دستگاه معادلات تشکیل می شود که از حل آن ضرایب مجهول به دست می آید . نکته حائز اهمیت در انتخاب کولرها برای قرار دادن در دستگاه معادلات این است که حتما باید کولرهایی که دارای بیشترین و کمترین میزان وات مصرفی می باشند در این دستگاه گنجانده شوند. مجددا از نرم افزار EES برای حل دستگاه معادلات استفاده می شود و با تغییر توان در جملاتی که تغییرات پارامتر آنها دقیقا مشخص نبوده و تنها به صورت آزمایشی عددی به آنها نسبت داده شده و با تغییر کولرهایی که برای حل دستگاه معادلات به کار می روند به بهبود مدل آزمایشی پرداخته می شود .

٤-٦-٤ مدل آماری برای محاسبه وات مصرفی کولر

در نهایت پس از انجام تجزیه و تحلیل داده ها ، بررسی خطاهاو تعویض مکرر پارامترهای مجهول مدل زیر برای وات مصرفی به دست آمد :

$$W = b_1 \frac{Q^3}{\sin(\theta+1)} \cdot \frac{\frac{FRPM}{MRPM}}{\frac{DPF}{DPM}} + b_2 \frac{Q^3}{\sin\theta_2} \cdot \frac{\frac{FRPM}{MRPM}}{\frac{DPF}{DPM}} + b_3 HP^{0.8} + b_4 A^{0.7} + b_5 [\frac{h_{gu}}{h_{ch}}]^{0.8} + b_6$$

Q : میزان هوادهی کولر برحسب (m^3/h)

θ_1, θ_2 : زوایای ورودی و خروجی پروانه نسبت به شعاع (°)

FRPM : سرعت گردش پروانه بر حسب (rpm)

MRPM : سرعت گردش موتور بر حسب (rpm)

DPF : قطر پولی پروانه (mm)

DPM : قطر پولی موتور (mm)

HP : توان اسمی موتور بر حسب اسب بخار

A : سطح موثر جانبی (m^2)

h_{gu} : ارتفاع صفحه راهنمای هوا بر حسب (mm)

h_{ch} : ارتفاع کانال خروجی هوا بر حسب (mm)

ضرایب b_1 تا b_6 در معادله فوق عبارتند از :

$b_1= 6.603*10^{-11}$ $b_2= 1.274*10^{-8}$ $b_3= 186.604$

$b_4= -59.443$ $b_5= 2.015$ $b_6= 457.9$

٤-٧ ترکیب مدلها برای ایجاد مدل جامع

نحوه ارتباط سه مدل فوق به این صورت است که در مدل ترمودینامیکی یکی از ورودیهای مجهول Q می باشد ، اگر این Q از طریق مدل هوادهی تامین شود دیگر نیازی به دانستن هوادهی قبل از استفاده از مدل ترمودینامیکی نخواهد بود . به عبارت دیگر نیازی به انجام آزمون هوادهی قبل از استفاده از مدل هوادهی نیست و تنها با دانستن مشخصات هندسی کولر که به سادگی با اندازه گیری ابعادی به دست می آیند و نیز دور پروانه که آنهم به سادگی قابل اندازه گیری است میزان هوادهی به دست می آید .

همچنین در مدل وات مصرفی نیز یکی از پارامترها هوادهی می باشد که این پارامتر نیز از خروجی مدل هوادهی تامین می شود .

پس از تشخیص پارامترها و ایجاد روابط بین آنها حال با معلوم بودن هوادهی، وات مصرفی و دمای هوای خروجی از کولر پارامتر EER که پارامتر مقایسه‌ای می‌باشد و بهینه سازی روی آن صورت خواهد گرفت قابل محاسبه می‌باشد.

فصل پنجم

بررسی دقت مدل کولر آبی

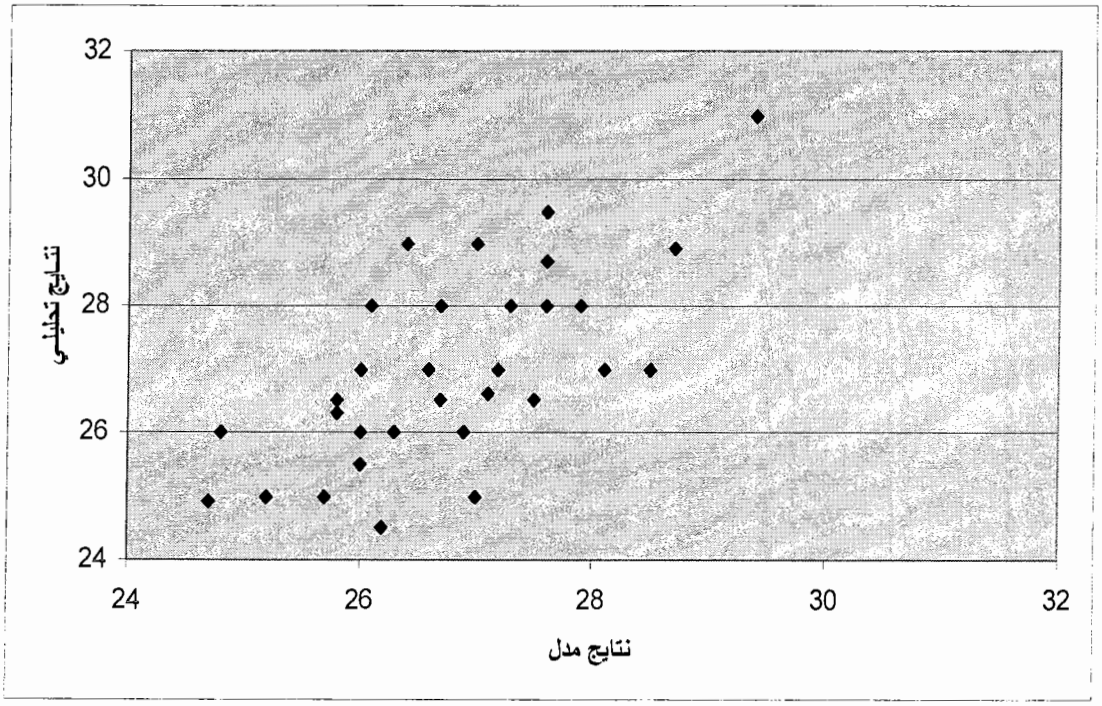
۵-۱ مقایسه نتایج مدل با نتایج تجربی

۵-۱-۱ مقایسه نتایج برای دمای حباب خشک خروجی

بهترین راه برای مقایسه نتایج فوق استفاده از نمودار می‌باشد. نمودار (۵-۱) مقایسه بین دمای حباب خشک هوای خروجی از کولر، حاصل از نتایج آزمایشگاهی و دمای هوای خروجی از کولر که توسط مدل محاسبه شده است را نشان می‌دهد. واضح است که در صورتیکه مدل کاملاً با واقعیت تطبیق کند یعنی تمام نتایج حاصل از مدل با نتایج حاصل از آزمایش کاملاً برابر باشند نمودار فوق باید یک خط ۴۵° را نشان دهد.

اگر از هر یک از نقاط بالای خط ۴۵° خطی به موازات محور افقی (محور نتایج مدل) رسم شود اندازه این خط معیاری از میزان خطا در مدل خواهد بود (در واقع نشان می‌دهد که نتیجه حاصل از مدل چه مقدار کمتر از نتیجه آزمایشگاهی است).

همچنین اگر از هر یک از نقاط پایین‌تر از خط ۴۵° خطی به موازات محور قائم (محور نتایج آزمایشگاهی) رسم شود اندازه این خط برابر با مقداری است که نتیجه مدل بیش از نتیجه آزمایشگاهی می‌باشد. همانطور که در نمودار (۵-۱) مشاهده می‌شود میزان خطا در این قسمت از حدود ده درصد فراتر نمی‌رود متوسط خطا در این قسمت حدود ۴ درصد است.



نمودار (۵-۱) :مقایسه نتایج تجربی و تحلیلی برای دمای حباب خشک خروجی

۵-۱-۲ مقایسه نتایج برای ظرفیت سرمایی محسوس

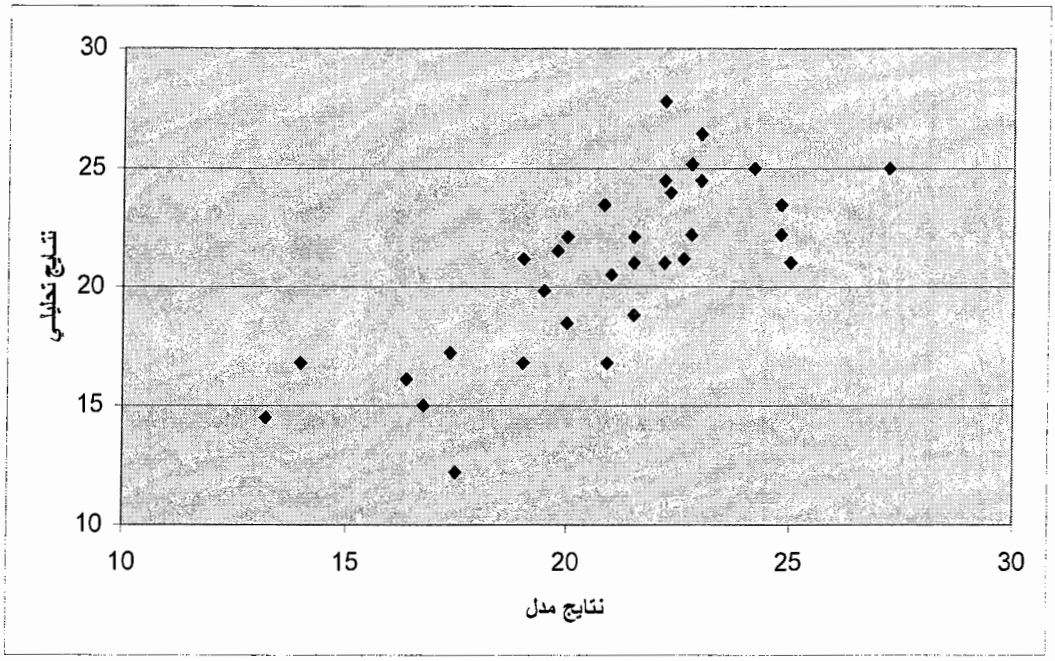
همانطور که قبلاً ذکر شد ظرفیت سرمایی محسوس کولر طبق رابطه زیر تعریف می‌شود.

$$SH = \rho.Q.Cp.(T - TT)$$

در رابطه فوق T دمای حباب خشک ورودی به کولر و TT دمای حباب خشک خروجی از کولر است. Cp گرمای ویژه هوا را در فشار ثابت نشان می‌دهد. Q هوادهی بر حسب m^3/s و ρ چگالی هوا بر حسب kg/m^3 است.

همانطور که مشاهده می‌شود از آنجا که این پارامتر ترکیبی از چند پارامتر است که همگی محاسبه می‌شوند (ρ و TT در مدل ترمودینامیکی و Q در مدل هوادهی محاسبه می‌شود. C_p هم ثابت درنظر گرفته می‌شود) خطای آن بیش از سایر خروجی‌های مدل است. اما همچنان از حدود ۱۸٪ فراتر نمی‌رود.

به علاوه خواهیم دید که در محاسبه EER که ترکیبی از این پارامتر و وات مصرفی می‌باشد نقاطی که خطا دارند تقریباً همدیگر را پوشش می‌دهند. به علاوه متوسط خطا در این قسمت حدود ۸ درصد می‌باشد.



نمودار (۵-۲) : مقایسه نتایج تجربی و تحلیلی برای ظرفیت سرمایی محسوس

۵-۱-۳ مقایسه نتایج برای هوادهی

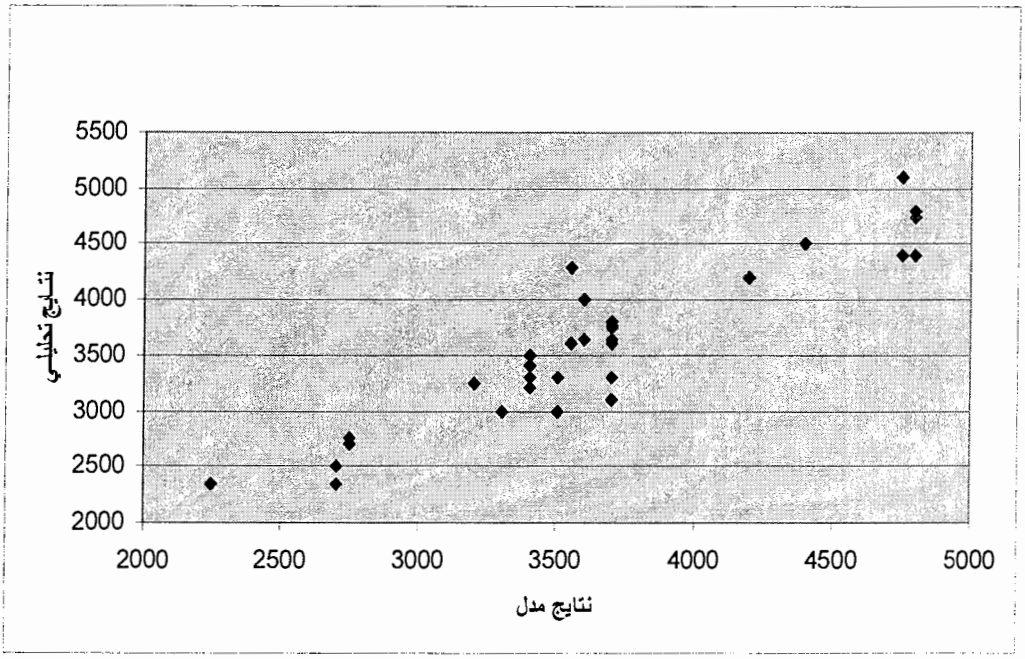
نمودار (۵-۳) مقایسه نتایج حاصل از مدل ایجاد شده برای محاسبه ظرفیت هوادهی کولر آبی خانگی و نتایج آزمایشگاهی حاصل را نشان می‌دهد.

محور افقی نتایج حاصل از مدل و محور عمودی نتایج آزمایشگاهی را نشان می‌دهد.

همانطور که مشاهده می‌شود نتایج بسیار به خط 45° نزدیک هستند و این امر دقت مدل و خطای کم آنرا می‌رساند. مانند حالتهای قبلی برای نقاط بالای خط 45° اندازه خطی که از نقطه مورد نظر به موازات محور افقی

رسم می‌شود تا خط ۴۵° را قطع کند نمایانگر میزان خطا را نشان می‌دهد و برای نقاط زیر خط ۴۵° اندازه خطی که از نقطه مورد نظر به موازات محور قائم رسم شود تا خط ۴۵° را قطع کند نمایانگر مقدار خطا می‌باشد.

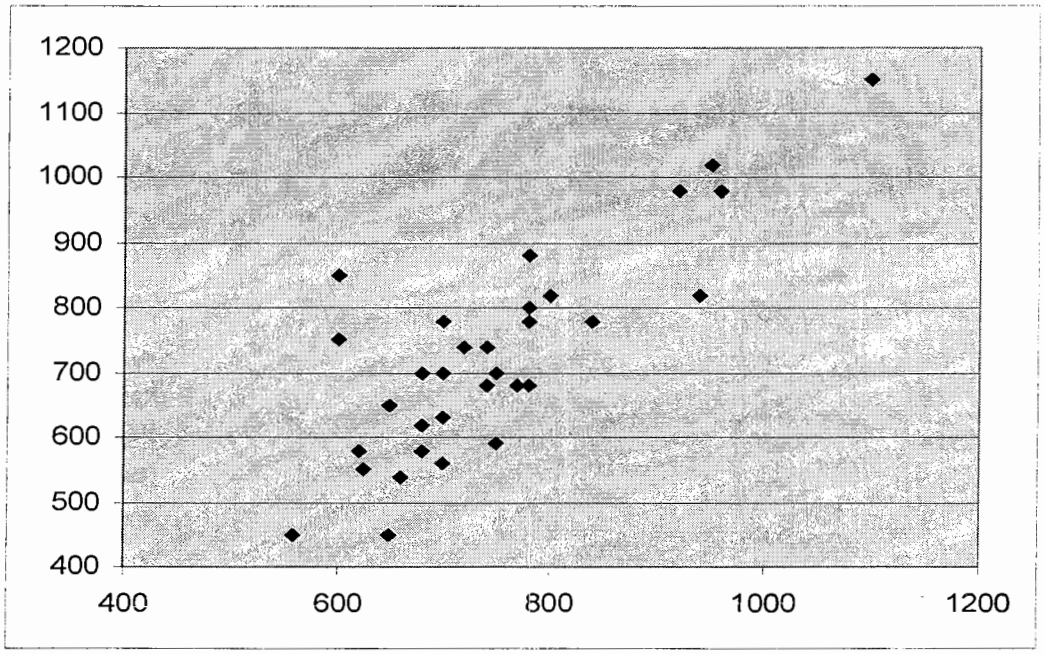
حداکثر خطا حدود ۱۰٪ و متوسط خطا حدود ۳ درصد می‌باشد.



نمودار (۵-۳) : مقایسه نتایج تجربی و تحلیلی برای هوادهی

۵-۱-۵ مقایسه نتایج برای وات مصرفی

نمودار ۵-۴ مقایسه نتایج مدل آماری وات مصرفی را با نتایج آزمایشگاهی نشان می دهد . همانطور که مشاهده می شود ، مدل از دقت نسبتا خوبی برخوردار است و به جز یک مورد دقت مدل از حدود ۲۰٪ فراتر نمي رود . علاوه بر این که متوسط خطاي مدل حدود ۱۰٪ است .



نمودار (۵-۴) : مقایسه نتایج تجربی و تحلیلی برای وات مصرفی

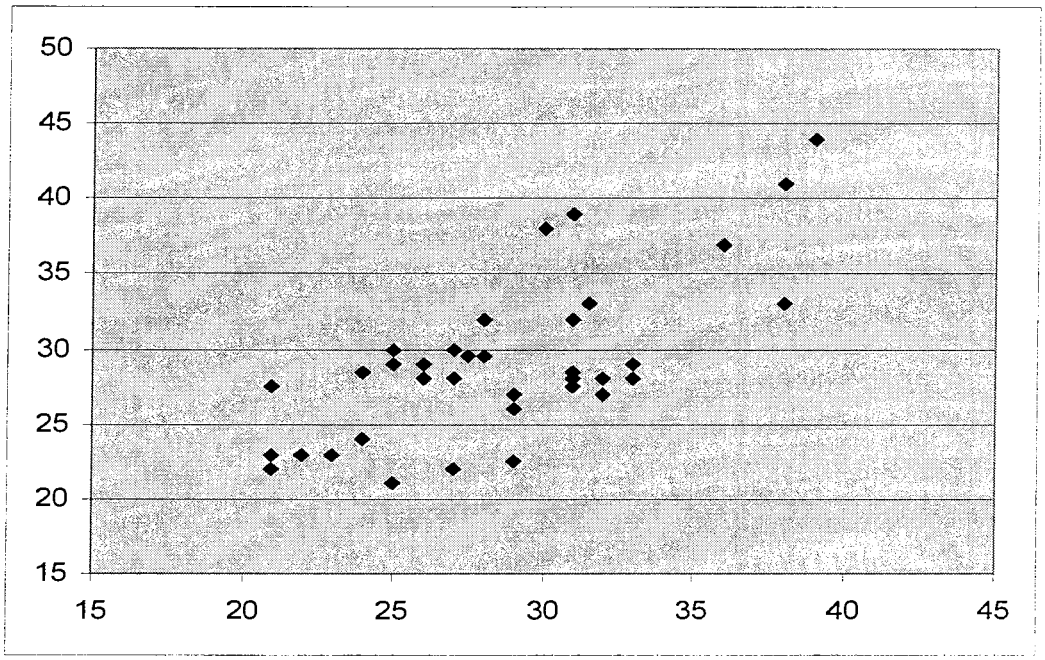
۵-۱-٦ مقایسه نتایج برای EER

نمودار (۵-۵) مقایسه نتایج مدل و محاسبات حاصل از نتایج آزمایشگاهی برای نسبت راندمان انرژی (EER) را نمایش می‌دهد.

با وجود اینکه پارامتر EER ترکیبی از تمام پارامترهای قبلی (دمای خروجی، ظرفیت سرمایی محسوس، دبی هوا) می‌باشد متوسط خطای ۱۰ درصدی آن بسیار قابل قبول می‌نماید. مضافاً بر اینکه به جز مقدار محدودی از موارد که خطا به حدود ۳۰ درصد می‌رسد حداکثر خطای مدل از حدود ۱۵٪ نسبت به نتایج آزمایشگاهی فراتر نمی‌رود و این امر اطمینان لازم را نسبت به مدل تولید شده برای امکان نتیجه‌گیری فراهم می‌آورد.

توضیح اینکه ضروری است که در هر مدلی با توجه به اینکه مدلی از دنیای واقعی می‌باشد (نه خود واقعیت)، خطا وجود دارد. آنچه اهمیت دارد این است که اولاً سعی شود خطا به حداقل برسد و ثانیاً با دانستن اینکه در

مدل خطا وجود دارد و با دانش کافی از خطاهای مدل و علل و ریشه‌ای بروز آنها میزان قابلیت مدل برای پاسخگویی به نیازهای موجود مشخص شود.



نمودار (۵-۵) :مقایسه نتایج تجربی و تحلیلی برای EER

۵-۲ مقایسه عددی نتایج تجربی و نتایج مدل سازی

آنچه در صفحات آتی می‌آید اطلاعات تولید شده برای مقایسه نتایج تجربی و نتایج حاصل از مدل‌سازی است که برای تعدادی از کولرهای تست شده به عنوان نمونه ذکر می‌شود.

جدول (۵-۱) : مقایسه نتایج تجربی و نتایج مدل‌سازی

(۱۴)

	تجربی	تحلیل
دمای خروجی	۲۷	۲۸/۱
ظرفیت هوادهی	۲۵۰۰	۲۶۰۳
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۱۴/۴	۱۳/۵
راندمان انرژی	۲۷/۴	۲۲/۸

(۸)

	تجربی	تحلیلی
دمای خروجی	۲۶/۵	۲۵/۹
ظرفیت هوادهی	۲۴۰۰	۲۶۱۱
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۱۵	۱۶/۹
راندمان انرژی	۲۴/۴	۲۴

(۱)

	تجربی	تحلیل
دمای خروجی	۲۶	۲۶/۳
ظرفیت هوادهی	۱۷۸۰	۲۶۸۵
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۱۲/۱	۱۷/۵
راندمان انرژی	۳۰/۳	۲۹

(۱۶)

	تجربی	تحلیلی
دمای خروجی	۲۸	۲۹/۱
ظرفیت هوادهی	۲۴۰۰	۲۲۵۷
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۱۶/۶	۱۴/۲
راندمان انرژی	۲۲/۶	۲۱

ادامه جدول (۵-۱) : مقایسه نتایج تجربی و نتایج مدل‌سازی

(۳۶)

	تجربی	تحلیل
دمای خروجی	۲۸	۲۷/۹
ظرفیت هوادهی	۲۶۱۴	۲۸۵۷
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۲۳/۴	۲۲/۳
راندمان انرژی	۲۳/۸	۲۳

(۲۱)

	تجربی	تحلیلی
دمای خروجی	۲۷	۲۶
ظرفیت هوادهی	۲۷۵۴	۲۶۳۷
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۱۵/۹	۱۶/۳
راندمان انرژی	۲۲/۸	۲۳

(۷)

	تجربی	تحلیل
دمای خروجی	۳۱	۲۹/۴
ظرفیت هوادهی	۳۷۰۰	۳۵۹۵
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۱۶/۷	۱۹
راندمان انرژی	۲۵/۶	۲۹

(۳۲)

	تجربی	تحلیلی
دمای خروجی	۲۶	۲۶/۱
ظرفیت هوادهی	۳۲۲۰	۳۲۷۷
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۲۳/۳	۲۳/۱
راندمان انرژی	۴۰/۷	۳۸

ادامه جدول (۵-۱) : مقایسه نتایج تجربی و نتایج مدل‌سازی

(۲)

	تجربی	تحلیل
دمای خروجی	۲۶	۲۶/۹
ظرفیت هوادهی	۳۵۸۰	۳۶۸۰
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۲۳/۸	۲۲/۵
راندمان انرژی	۳۹/۴	۳۳/۴

(۱۷)

	تجربی	تحلیلی
دمای خروجی	۲۶	۲۶/۹
ظرفیت هوادهی	۳۳۰۰	۳۲۰۸
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۲۱/۲	۱۹/۳
راندمان انرژی	۳۳/۸	۲۸/۵

(۱۸)

	تجربی	تحلیل
دمای خروجی	۲۹/۵	۲۷/۷
ظرفیت هوادهی	۳۲۸۴	۳۲۰۸
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۱۸	۲۰/۲
راندمان انرژی	۲۶/۷	۲۴/۷

(۲۸)

	تجربی	تحلیلی
دمای خروجی	۲۴/۸	۲۴/۸
ظرفیت هوادهی	۳۶۴۳	۳۵۵۸
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۲۴/۸	۲۴/۴
راندمان انرژی	۳۳/۶	۳۳

ادامه جدول (۵-۱) : مقایسه نتایج تجربی و نتایج مدل‌سازی

(۲۹)

	تجربی	تحلیل
دمای خروجی	۲۶/۷	۲۷
ظرفیت هوادهی	۳۲۰۰	۳۴۳۱
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۲۰/۲	۲۰/۸
راندمان انرژی	۰۴۲	۳۳/۷

(۳۰)

	تجربی	تحلیلی
دمای خروجی	۲۶/۵	۲۵/۸
ظرفیت هوادهی	۳۵۸۰	۳۵۶۴
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۲۲/۵	۲۳/۳
راندمان انرژی	۲۹/۴	۳۴/۷

(۴۲)

	تجربی	تحلیل
دمای خروجی	۲۶	۲۶/۸
ظرفیت هوادهی	۳۴۳۲	۳۴۷۰
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۲۲	۲۰/۱
راندمان انرژی	۲۹/۴	۳۳

(۳۴)

	تجربی	تحلیلی
دمای خروجی	۲۳/۲	۲۴/۸
ظرفیت هوادهی	۳۰۰۰	۳۴۸۵
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۲۳/۶	۲۴/۷
راندمان انرژی	۴۳/۸	۳۹

ادامه جدول (۵-۱) : مقایسه نتایج تجربی و نتایج مدل‌سازی

(۱۰)

	تجربی	تحلیل
دمای خروجی	۲۹	۲۸/۷
ظرفیت هوادهی	۳۴۵۰	۳۳۸۳
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۱۷/۲	۱۷/۴
راندمان انرژی	۲۹/۷	۲۷

(۱۱)

	تجربی	تحلیلی
دمای خروجی	۲۷	۲۶/۵
ظرفیت هوادهی	۲۹۹۲	۳۳۶۵
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۱۸/۷	۲۱/۶
راندمان انرژی	۳۱/۷	۳۲

(۳۱)

	تجربی	تحلیل
دمای خروجی	۲۵/۵	۲۶
ظرفیت هوادهی	۳۰۹۳	۳۶۴۶
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۲۲/۴	۲۵
راندمان انرژی	۳۶/۵	۳۶/۵

(۳۹)

	تجربی	تحلیلی
دمای خروجی	۲۸	۲۷/۶
ظرفیت هوادهی	۳۵۰۰	۳۳۸۵
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۱۹/۶	۱۹/۷
راندمان انرژی	۳۳/۲	۲۷/۴

ادامه جدول (۵-۱) : مقایسه نتایج تجربی و نتایج مدل‌سازی

(۳۷)

	تجربی	تحلیل
دمای خروجی	۲۷	۲۸/۳
ظرفیت هوادهی	۳۵۶۰	۳۵۳۴
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۲۰/۶	۱۸
راندمان انرژی	۲۹/۲	۲۹

(۲۲)

	تجربی	تحلیلی
دمای خروجی	۲۵	۲۵/۸
ظرفیت هوادهی	۳۷۲۹	۳۶۸۰
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۲۵/۲	۲۳/۱
راندمان انرژی	۲۸/۲	۳۰

(۲۳)

	تجربی	تحلیل
دمای خروجی	۲۸	۲۶/۸
ظرفیت هوادهی	۳۸۱۳	۳۶۸۵
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۲۱	۲۲/۳
راندمان انرژی	۲۶/۳	۳۰/۷

(۴)

	تجربی	تحلیلی
دمای خروجی	۲۶/۲	۲۵/۸
ظرفیت هوادهی	۳۶۸۶	۳۶۸۶
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۲۶/۳	۲۳/۲
راندمان انرژی	۳۷/۱	۳۰

ادامه جدول (۵-۱) : مقایسه نتایج تجربی و نتایج مدل‌سازی

(۵)

	تجربی	تحلیل
دمای خروجی	۲۹	۲۶/۴
ظرفیت هوادهی	۳۹۸۳	۳۶۴۱
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۲۱	۲۵/۲
راندمان انرژی	۲۵/۴	۲۹/۵

(۱۵)

	تجربی	تحلیلی
دمای خروجی	۲۶/۵	۲۷/۴
ظرفیت هوادهی	۳۴۳۲	۳۶۱۷
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۲۲	۲۱/۶
راندمان انرژی	۳۲	۲۸

(۳۳)

	تجربی	تحلیل
دمای خروجی	۲۸	۲۷/۳
ظرفیت هوادهی	۳۲۲۰	۳۴۳۰
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۱۷	۲۰/۷
راندمان انرژی	۲۲	۲۷

(۱۹)

	تجربی	تحلیلی
دمای خروجی	۲۴/۵	۲۶/۲
ظرفیت هوادهی	۳۲۹۲	۳۲۵۰
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۲۱/۴	۱۹/۸
راندمان انرژی	۳۰/۸	۲۶

ادامه جدول (۵-۱) : مقایسه نتایج تجربی و نتایج مدل‌سازی

(۳۵)

	تجربی	تحلیل
دمای خروجی	۲۶/۱	۲۴/۹
ظرفیت هوادهی	۳۷۳۰	۲۱۹۴
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۲۱/۴	۲۲/۶
راندمان انرژی	۲۵/۲	۲۸/۸

(۹)

	تجربی	تحلیلی
دمای خروجی	۲۸/۸	۲۷/۶
ظرفیت هوادهی	۴۳۰۰	۳۵۸۲
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۲۳/۴	۲۰/۸
راندمان انرژی	۳۰	۲۵

(۱۲)

	تجربی	تحلیل
دمای خروجی	۲۵	۲۵/۱
ظرفیت هوادهی	۴۳۶۴	۴۷۵۴
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۳۹/۶	۳۱/۶
راندمان انرژی	۲۶/۹	۳۳/۹

(۳۸)

	تجربی	تحلیلی
دمای خروجی	۲۸	۲۷/۵
ظرفیت هوادهی	۴۲۴۱	۴۲۰۲
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۲۳/۴	۲۲/۳
راندمان انرژی	۲۳/۸	۲۵/۷

ادامه جدول (۵-۱) : مقایسه نتایج تجربی و نتایج مدل‌سازی

(۲۵)

	تجربی	تحلیل
دمای خروجی	۲۵	۲۷
ظرفیت هوادهی	۴۴۷۰	۴۴۶۴
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۳۰/۴	۲۶/۶
راندمان انرژی	۲۹/۷	۳۰

(۲۷)

	تجربی	تحلیلی
دمای خروجی	۲۹	۲۷
ظرفیت هوادهی	۴۷۴۳	۴۸۰۸
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۲۳/۷	۳۱/۴
راندمان انرژی	۲۸/۸	۳۲/۲

(۱۳)

	تجربی	تحلیل
دمای خروجی	۲۶/۵	۲۶/۷
ظرفیت هوادهی	۴۸۳۰	۴۸۳۹
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۲۹	۲۹/۵
راندمان انرژی	۲۸/۵	۳۲

(۲۰)

	تجربی	تحلیلی
دمای خروجی	۲۷	۲۶/۵
ظرفیت هوادهی	۵۰۸۵	۴۷۳۶
ظرفیت‌سرمایش‌محسوس	۲۵	۲۷/۲
راندمان انرژی	۲۱/۴	۲۸/۳

۵-۳ برچسب انرژی

جدول (۵-۲) رتبه هر کولر را با توجه به EER آن مشخص می‌کند. لازم به توضیح است که عدد ۶۵ با توجه به مطالعات صورت گرفته و بر اساس بهینه سازی‌های انجام شده به عنوان سقف منظور شده است.

در جدول (۵-۳) مقدار EER، هوادهی و رتبه هر کولر در برچسب آمده است.

جدول (۵-۲): رتبه هر کولر با توجه به EER آن

$EER \geq 65$	$\rightarrow 1A$
$58 \leq EER < 65$	$\rightarrow 2B$
$50 \leq EER < 58$	$\rightarrow 3C$
$42 \leq EER < 50$	$\rightarrow 4D$
$34 \leq EER < 42$	$\rightarrow 5E$
$26 \leq EER < 34$	$\rightarrow 6F$
$EER < 26$	$\rightarrow 7G$

جدول (۵-۳): مقایسه داده‌های برچسب کولرهای مختلف

نام کولر	مدل (CFM)	هوادهی (CFM)	EER	رتبه در برچسب
(۱۴)	۳۰۰۰	۲۵۰۰	۲۸/۵	۶
(۸)	۳۵۰۰	۲۴۰۰	۲۴/۶	۷
(۱)	۳۵۰۰	۱۷۸۰	۳۱	۶
(۱۶)	۳۵۰۰	۲۴۰۰	۲۳	۷
(۳۶)	۳۵۰۰	۲۶۱۴	۲۳/۶	۷
(۳۱)	۳۵۰۰	۲۷۵۴	۲۳	۷
(۷)	۴۰۰۰	۳۷۰۰	۲۶/۳	۶
(۳۲)	۷۵۰۰(m^3/hr)	۳۲۲۰	۴۲/۷	۴
(۲)	۴۵۰۰	۳۶۰۰	۳۱/۲	۶
(۱۷)	۴۵۰۰	۳۲۹۲	۲۷/۲	۶
(۴۰)	۴۵۰۰	۳۴۲۲	۴۵	۴
(۲۸)	۴۵۰۰	۳۶۴۳	۳۴	۵
(۲۹)	۴۵۰۰	۳۳۹۰	۳۷	۵
(۴۲)	۴۵۰۰	۳۴۳۲	۳۶/۱	۵
(۳۴)	۴۵۰۰	۳۰۰۰	۴۳/۹	۴
(۱۰)	۴۵۰۰	۳۲۲۱	۲۹/۸	۶

ادامه جدول (۵-۳)

نام کولر	مدل (CFM)	هوادهی (CFM)	EER	رتبه در برچسب
(۳۱)	۴۵۰۰	۳۰۹۳	۳۷/۹	۵
(۳۹)	۴۵۰۰	۳۵۰۰	۳۳/۲	۶
(۳۷)	۴۵۰۰	۳۵۶۰	۲۹/۲	۶
(۲۲)	۴۵۰۰	۳۲۷۰	۳۲	۶
(۴)	۵۰۰۰	۳۸۳۰	۳۱	۶
(۱۵)	۵۰۰۰	۳۴۴۰	۳۵/۶	۵
(۳۳)	۵۰۰۰	۳۲۲۰	۲۲/۱	۷
(۱۹)	۵۰۰۰	۳۲۶۲	۳۰/۴	۶
(۳۵)	۵۰۰۰	۳۸۳۵	۲۵/۲	۷
(۹)	۶۵۰۰	۴۳۰۰	۲۸/۷	۶
(۶)	۶۵۰۰	۴۳۸۵	۳۱/۱	۶
(۱۲)	۶۵۰۰	۴۳۶۴	۲۵/۸	۷
(۳۸)	۶۵۰۰	۴۲۴۱	۲۳/۸	۷
(۲۵)	۶۵۰۰	۴۶۵۰	۲۶	۶
(۱۳)	۷۰۰۰	۴۸۳۰	۲۸/۵	۶
(۲۰)	۷۰۰۰	۵۰۸۵	۲۴/۵	۷

۵-۳-۲ نتیجه‌گیری

در ارتباط با نتایج ارائه شده در جدول (۵-۳) ذکر این مطلب ضروری است که در مواردی که از یک مدل کولر چندین کولر یکسان مورد آزمایش قرار گرفته است EER نهایی به صورت میانگین چند مقدار موجود لحاظ شده است.

از بررسی جدول این نکته مشهود است که راندمان انرژی اکثر کولرها در دو رده آخر یعنی رده ۶ و ۷ قرار دارند و تعداد محدودی در رده‌های ۴ و ۵ مشاهده می‌شوند، در نتیجه برای صرفه‌جویی در مصرف برق لازم است که اقدامات لازم در بهینه‌سازی کولرها مد نظر قرار گیرد.

فصل ششم

بهینه‌سازی سازی مصرف انرژی در کولرهای آبی خانگی

٦-١ تابع هدف

تابع هدف در بهینه‌سازی پارامتر EER می‌باشد که بیشینه نمودن آن مدنظر است. افزایش EER می‌تواند ناشی از افزایش میزان هوادهی، افزایش اختلاف دمای هوای تولید شده توسط کولر یا کاهش مصرف انرژی کولر باشد.

٦-٢ انتخاب روش بهینه‌سازی

از آنجا که در مدل ترمودینامیکی دمای خروجی و ظرفیت سرمایی محسوس توابع پیچیده‌ای از شرایط ورودی می‌باشند بنابراین روش حساب دیفرانسیل و انتگرال (روش ضرایب لاگرانژ) قابل استفاده نمی‌باشد.

به این ترتیب که هر یک از متغیرها در محدوده خود تغییر داده می‌شوند و اثر این تغییر روی خروجی‌ها و در نهایت EER بررسی خواهد شد. سپس با کنار هم قرار دادن این بررسی‌ها بهترین، ساده‌ترین و کوتاه‌ترین راه حل‌ها برای افزایش EER ارائه خواهند شد.

۶-۳ بررسی اثر تغییر پارامترهای مختلف

در این بخش با استفاده از مدل عددی به دست آمده به بررسی اثر تغییر پارامترهای مختلف بر میزان هوادهی یک کولر اتفاقی، وات مصرفی و در نهایت EER پرداخته می‌شود.

آنچه همواره باید مد نظر داشت تواناییها و محدودیتهای مدل است. هرچند در فصل دوم گزارش تواناییهای مدل مشخص شد اما این امر نباید سبب شود که اطمینان صد در صد به مدل پیدا شود و فرضیات ساده کننده و خطاها نادیده گرفته شود. به همین علت مواردیکه به محدودیتهای مدل برخورد می‌شود هر یک به نوبه خود توضیح داده شده‌اند.

۶-۳-۱ بررسی اثر تغییر قطر پروانه

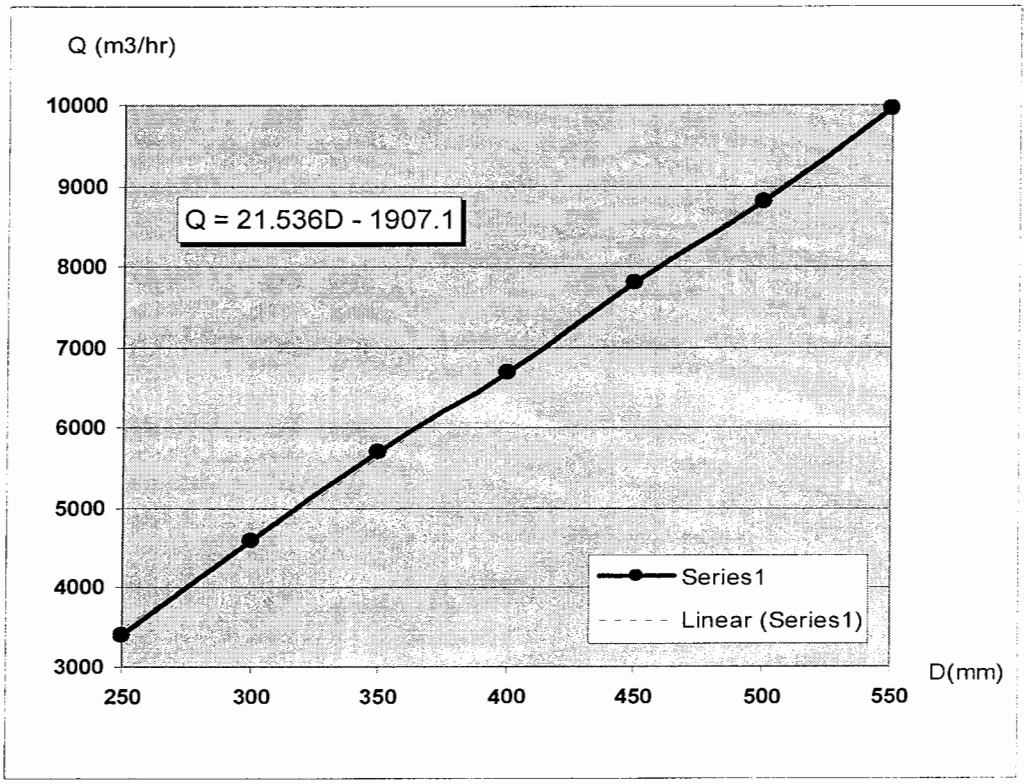
با تغییر قطر پروانه در مدل کامپیوتری ایجاد شده، اثر آن بر هوادهی، وات مصرفی و EER بررسی می‌شود. نمودار (۶-۱) اثر تغییر قطر را بر میزان هوادهی نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود قطر پروانه تأثیر زیادی در میزان هوادهی کولر دارد. با افزایش قطر پروانه در صورتیکه دور پروانه ثابت باشد حجم هوای بیشتری در واحد زمان توسط کور به داخل کانال رانده خواهد شد. البته باید توجه شود که ممکن است لازمه افزایش قطر پروانه به همراه ثابت ماندن دور افزایش سایز موتور باشد.

زیرا توان مصرفی موتور برابر حاصلضرب گشتاور لازم برای گرداندن پروانه در سرعت زاویه‌ای پروانه است. ($P=T.W$) در صورتیکه قطر پروانه افزایش داده شود گشتاور لازم برای چرخاندن پروانه افزایش می‌یابد و اگر بخواهیم دور پروانه ثابت باشد باید توان مصرفی موتور افزایش یابد. این اثر در نمودار (۶-۲) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش قطر پروانه وات مصرفی موتور نیز افزایش می‌یابد.

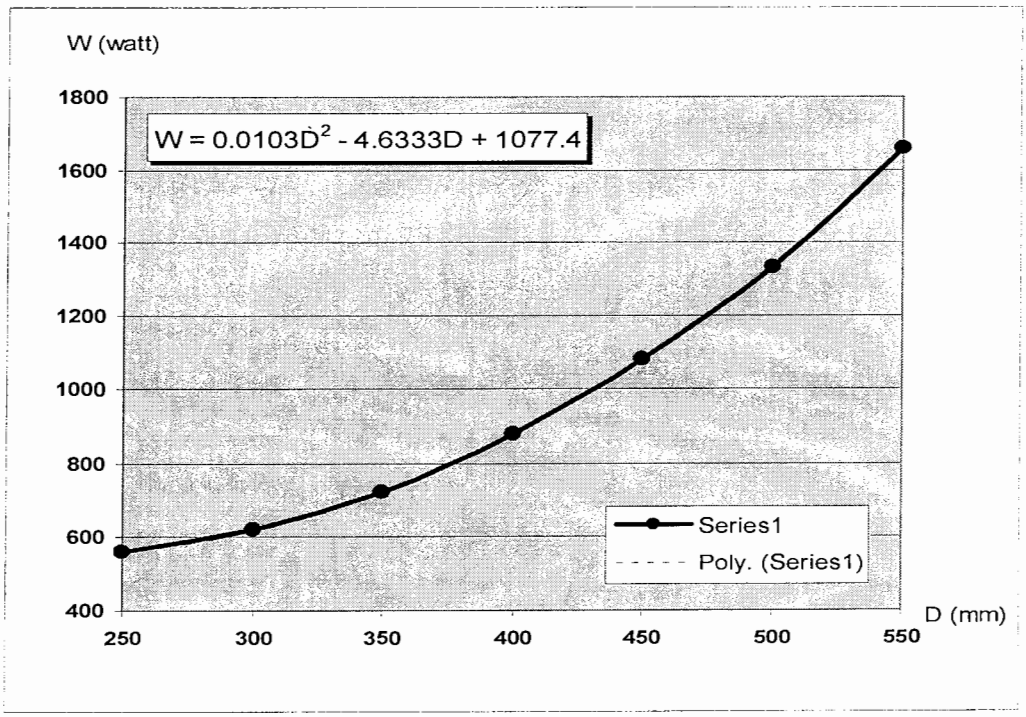
با افزایش قطر پروانه از ۲۵۰ میلی‌متر به ۵۵۰ میلی‌متر و ثابت ماندن دور پروانه حجم هوادهی از حدود $3000 m^3/h$ به حدود $10000 m^3/h$ افزایش می‌یابد. همچنین وات مصرفی موتور از حدود ۵۵۰ وات به حدود ۱۶۰۰ وات می‌رسد.

نتیجه این افزایش‌ها در هوادهی و وات مصرفی، EER را به شکل نشان داده شده در نمودار (۶-۳) تغییر می‌دهد. همانطورکه مشاهده می‌شود در ابتدا که شیب نمودار وات کم است افزایش هوادهی بر افزایش وات غلبه کرده و EER افزایش می‌یابد اما پس از آن با افزایش شیب در نمودار وات مصرفی EER کاهش می‌یابد.

در قطر پروانه ۲۵۰mm، EER مقدار حدود ۲۲ دارد با افزایش قطر پروانه تا ۳۵۰mm، EER به مقدار بیشینه خود در این نمودار که برابر ۲۸ است می‌رسد اما پس از آن با کاهش مجدد به حدود ۲۱می‌رسد همانطور که مشاهده می‌شود برای کولر انتخاب شده قطر پروانه بهینه برابر ۳۵۰mm است. در حالیکه در حال حاضر قطر پروانه این کولر برابر ۳۷۵ میلی‌متر است. بنابراین با کاهش قطر پروانه به ازاء کمی کاهش دبی، وات مصرفی هم کاهش می‌یابد و EER افزایش می‌یابد.



نمودار(۶-۱) : اثر تغییر قطر بر میزان هوادهی



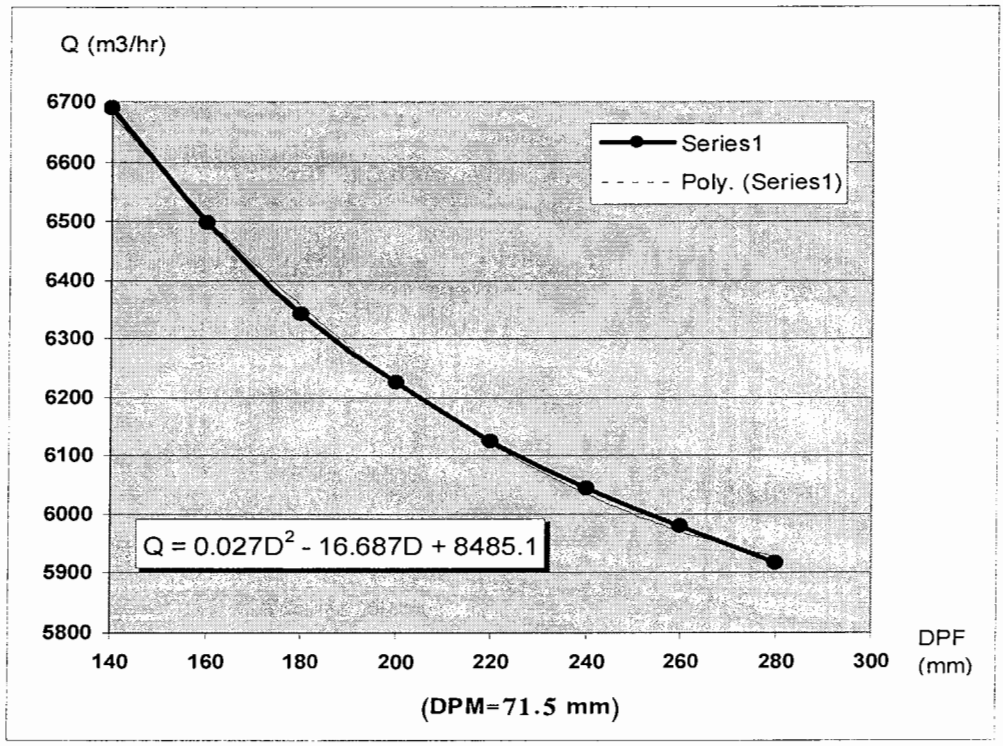
نمودار(۶-۲) : اثر تغییر قطر بر وات مصرفی

٦-٣-٢ بررسی اثر تغییر قطر پولی پروانه

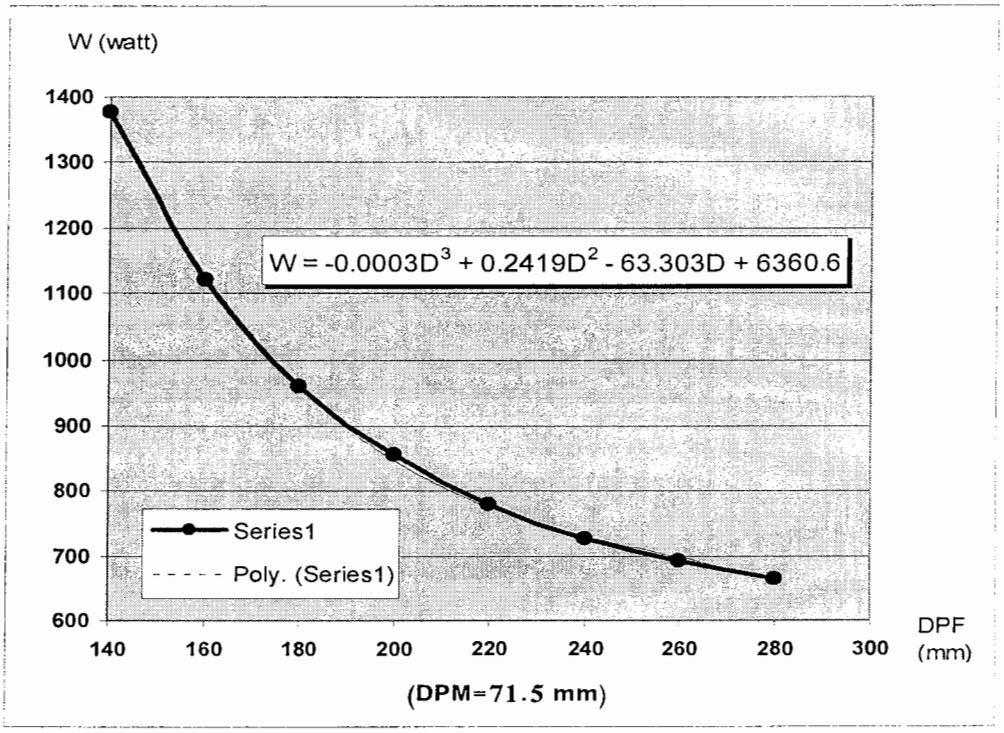
نمودار (۶-۴) اثر افزایش قطر پولی پروانه را بر میزان هوادهی نشان می‌دهد. نمودار (۶-۵) این اثر را بر وات مصرفی کولر و نمودار (۶-۶) اثر نهایی را بر EER نشان می‌دهد. در این دو نمودار قطر پولی موتور ثابت و برابر ۷۱/۵ میلی‌متر است.

با افزایش قطر پولی پروانه نسبت دور افزایش می‌یابد. لذا سرعت زاویه‌ای پروانه کاهش می‌یابد. کاهش سرعت زاویه‌ای سرعت هوا و در نتیجه هوادهی کولر را کاهش می‌دهد. از آنجا که دور پروانه کاهش یافته است اما گشتاور لازم برای چرخش پروانه (برای غلبه بر اصطکاک بین بوش و محور پروانه) ثابت است. لذا طبق رابطه $P=T.W$ توان مصرفی کولر کاهش می‌یابد.

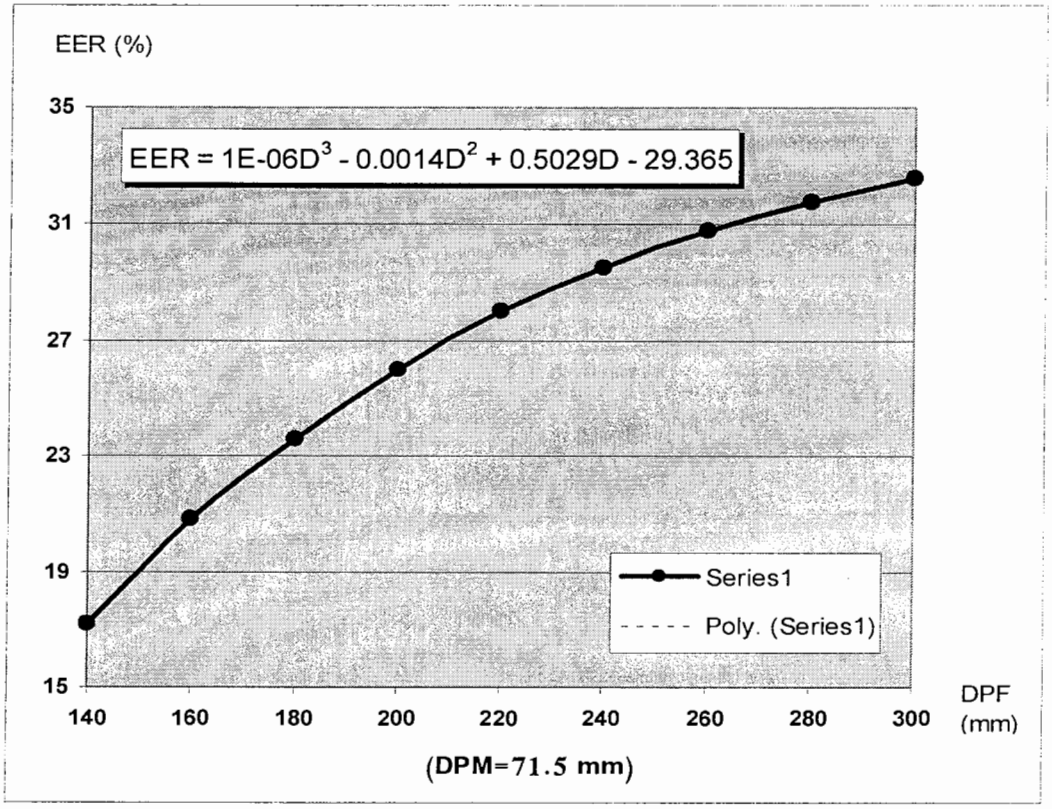
نمودارهای (۶-۴) و (۶-۵) این اثر را نشان می‌دهند. نتیجه این دو تغییر به صورت تغییر چشمگیر EER از ۱۷/۵ به ۳۲/۵ می‌باشد که نمودار (۶-۶) معرف آن است. بنابراین تا جای ممکن باید قطر پولی پروانه را افزایش داد و البته در این تغییر به کاهش میزان هوادهی نیز توجه داشت.



نمودار(۶-۳) : اثر تغییر قطرپولی بر میزان هوادهی



نمودار(۶-۴) : اثر تغییر قطرپولی بر وات مصرفی



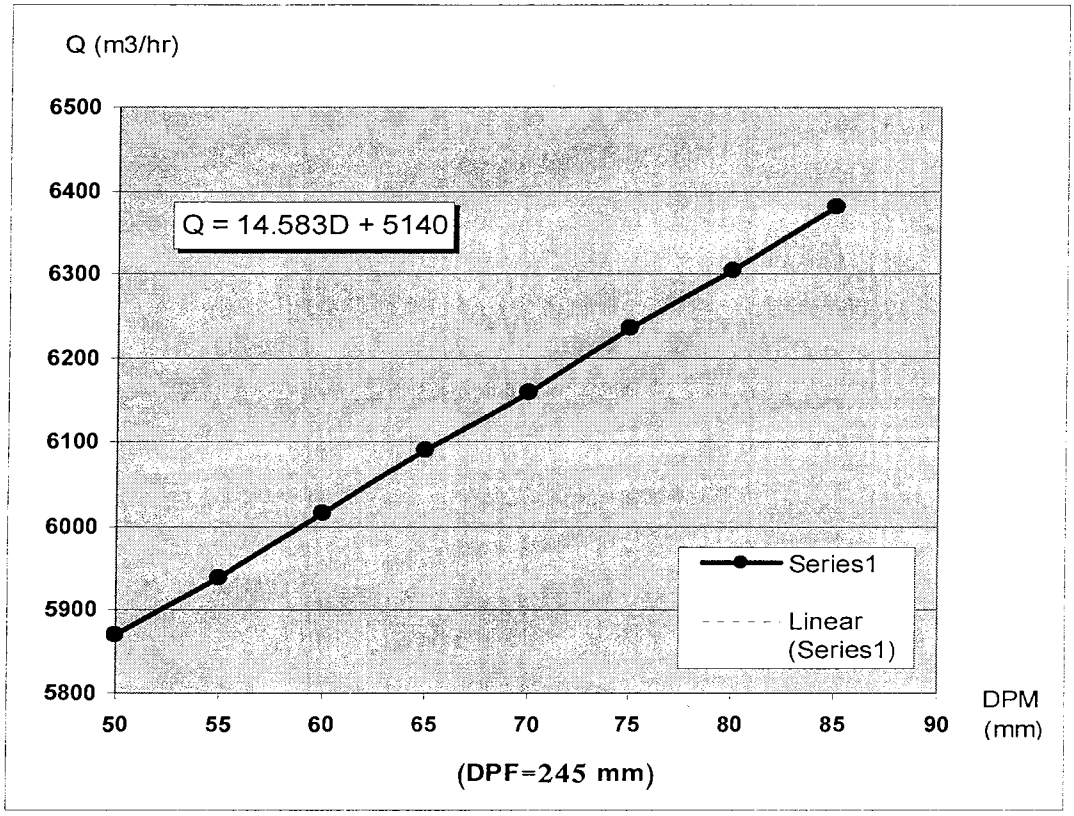
نمودار(۶-۵) : اثر تغییر قطرپولی بر EER

٦-٣-٣ بررسی اثر تغییر قطر پولی موتور

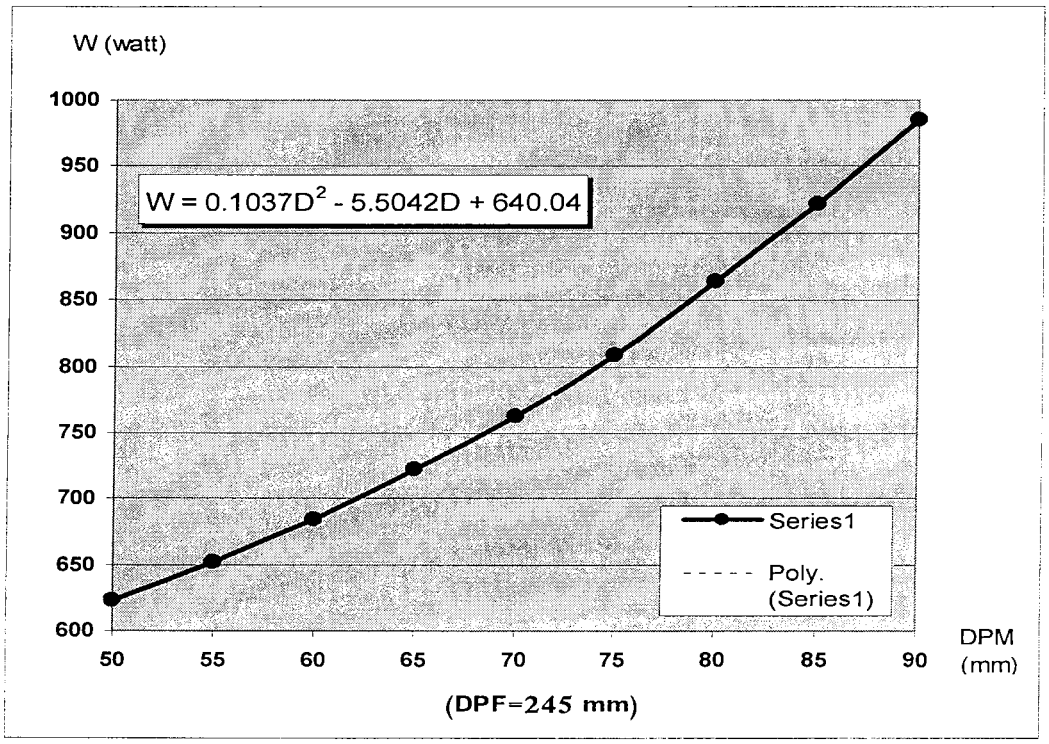
با افزایش قطر پولی موتور نسبت دور کاهش می‌یابد. لذا سرعت زاویه‌ای پروانه افزایش می‌یابد که این امر باعث افزایش هوادهی می‌شود. نمودار (۱-۳-۱۱) این ا ثر را نمایش می‌دهد.

با افزایش دور پروانه که نتیجه کاهش نسبت دور است، توان لازم برای چرخاندن پروانه افزایش می‌یابد. نمودار (۶-۸) نمایش این افزایش می‌باشد. از برهم نهادن دو نمودار فوق و محاسبه EER نمودار (۶-۷) به دست می‌آید که نشان می‌دهد با افزایش قطر پولی موتور EER نمودار (۶-۹) به دست می‌آید که نشان می‌دهد با افزایش قطر پولی موتور EER کاهش می‌یابد.

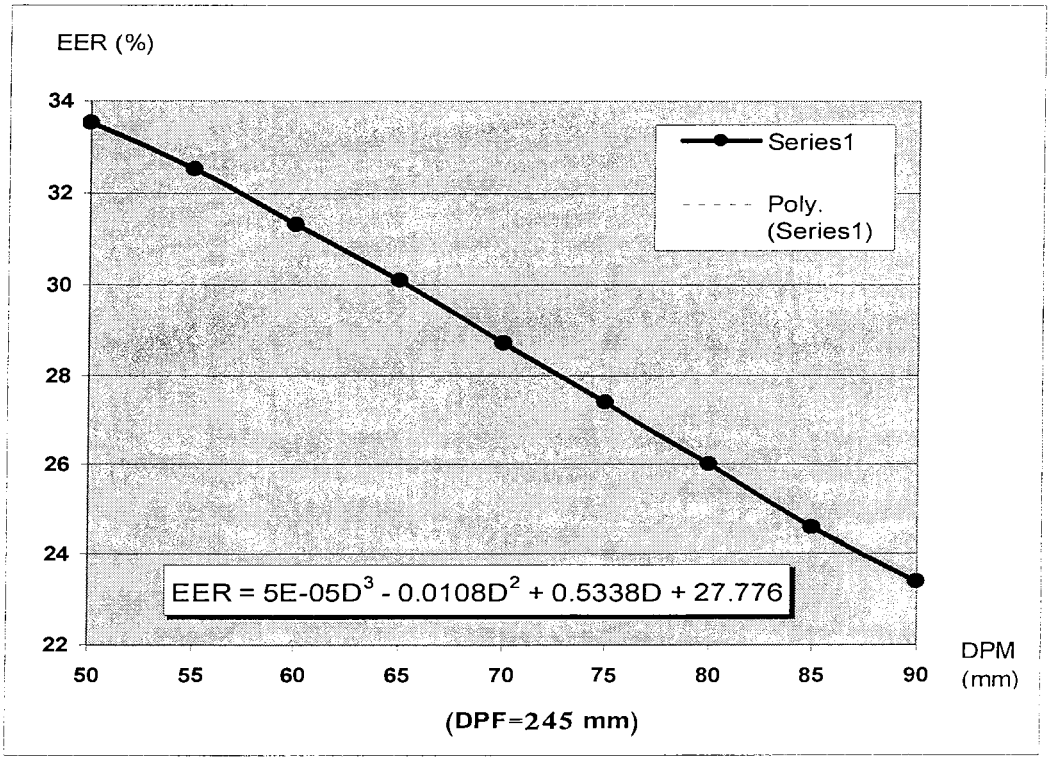
این امر به معنی کاهش EER از ۳۴ به ۲۳ به ازای افزایش قطر پولی موتور از ۵۰ به ۹۰ میلی‌متر می‌باشد. در نمودارهای فوق قطر پولی پروانه ثابت و برابر ۲۴۵mm است. بنابراین توصیه می‌شود قطر پولی موتور حتی‌الامکان کوچک درنظر گرفته شود، البته با توجه به کاهش دبی هوای عبوری ناشی از کاهش سرعت گردش پروانه



نمودار(۶-۶) : اثر تغییر قطرپولی موتور بر میزان هوادهی



نمودار(۶-۷) : اثر تغییر قطرپولی موتور بر وات مصرفی



نمودار(۶-۸) : اثر تغییر قطرپولی موتور بر **EER**

٦-٣-٤ بررسی اثر تغییر سطح موثر جانبی

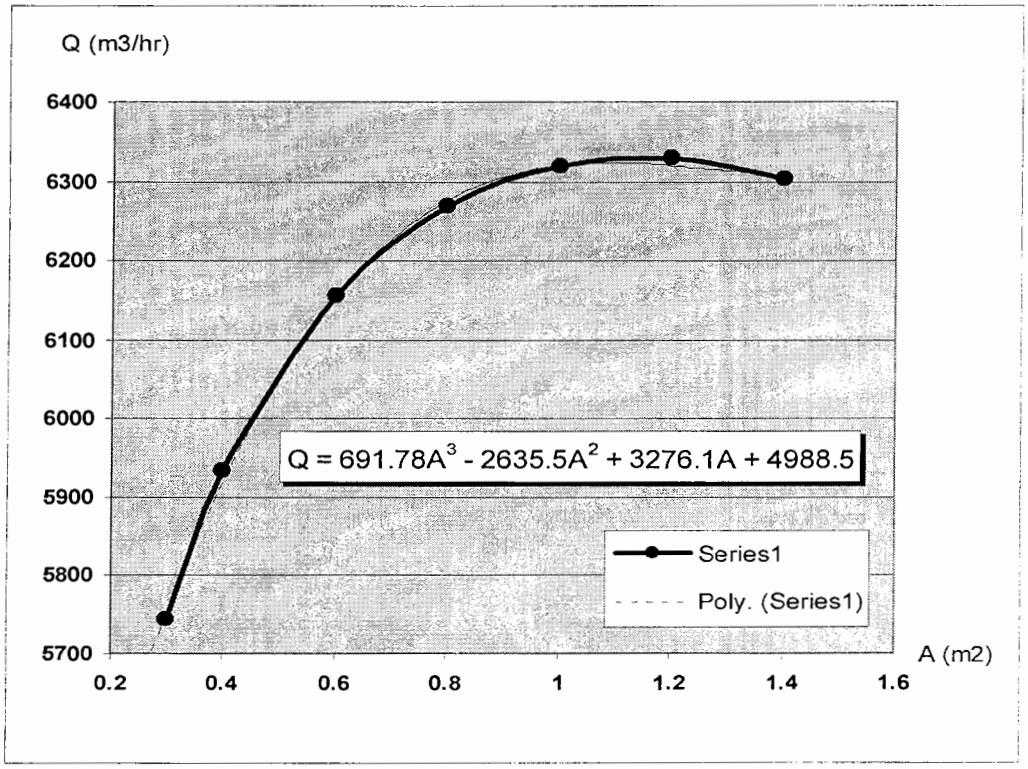
اثر تغییر سطح موثر جانبی بر ظرفیت هوادهی در نمودار (۶-۱۰) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود ابتدا با افزایش سطح موثر جانبی، ظرفیت هوادهی کولر افزایش می‌یابد این افزایش هوادهی از سطح $۰/۲m^2$ تا $۱/۱m^2$ ادامه پیدا می‌کند. اما از آن پس گویا منحنی به حالت اشباع می‌رسد. در این محدوده هوادهی از حدود $۵۷۰۰m^3/h$ به $۶۳۰۰m^3/h$ می‌رسد.

تغییرات وات مصرفی کولر هم تابع هوادهی است. یعنی افزایش می‌یابد تا به حالت اشباع برسد. اما از آنجا که در آزمایشهای انجام شده وات مصرفی در حالت بدون پمپ و مشبک اندازه‌گیری می‌شد لذا از ارائه نمودار وات بر حسب سطح جانبی صرفنظر شد.

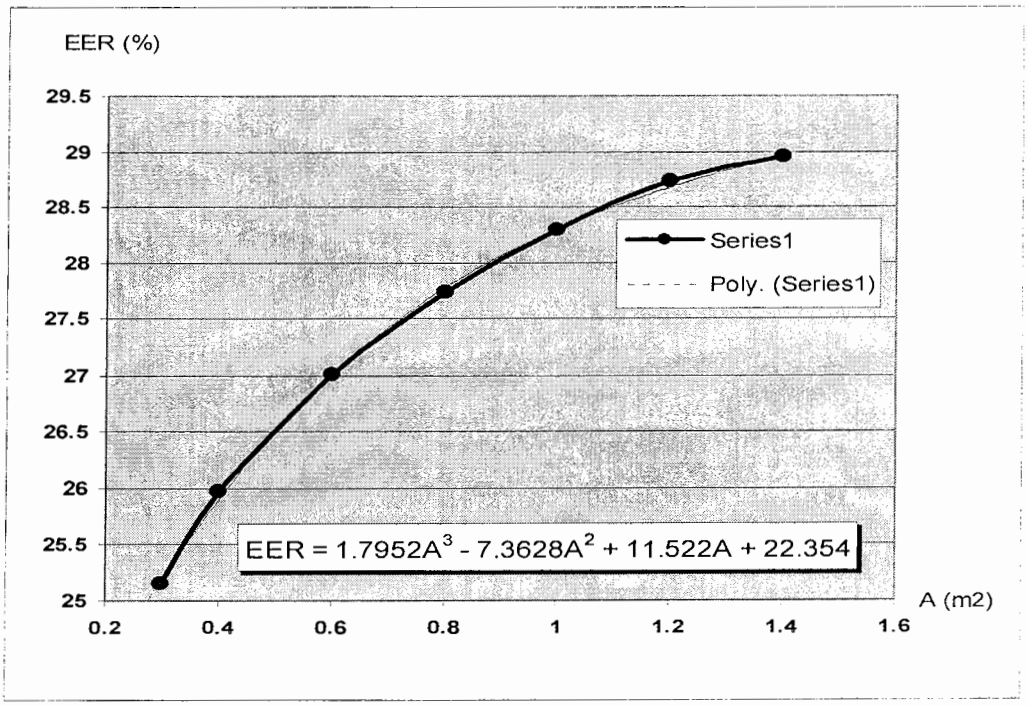
منحنی (۶-۱۱) نشان می‌دهد EER با افزایش سطح جانبی افزایش می‌یابد. در رسم این منحنی تغییرات وات مشابه هوادهی درنظر گرفته شده‌اند. بنابراین برای رسیدن به EER بهینه، باید تا جای ممکن سطح موثر جانبی را افزایش داد.

البته توجه به این نکته ضروری است که افزایش سطح موثر جانبی کاهش راندمان تبخیر را به دنبال دارد. زیرا از آنجا که حجم هوای بیشتری درصدد عبور از روی پوشالها می‌باشد. ناگزیر سرعت عبور هوا افزایش می‌یابد و در نتیجه هوا فرصت تبادل حرارت کمتری با آب در حال تبخیر روی پوشالها خواهد داشت و درنتیجه دمای حباب خشک خروجی افزایش می‌یابد که به نوبه خود راندمان تبخیر را کاهش می‌دهد.

دامنه تغییرات EER در این حالت کمتر از حالتهای پیش است (حدود ۴ واحد) اما هنوز قابل توجه است.



نمودار(۶-۹) : اثر تغییر سطح موثر جانبی بر میزان هوادهی



نمودار(۶-۱۰) : اثر تغییر سطح موثر جانبی بر EER

٦-٣-٥ بررسی اثر تغییر وزن پروانه

همانطور که قبلاً ذکر شد وات مصرفی کولر با حاصلضرب گشتاور لازم برای چرخاندن پروانه سرعتئ زاویه‌ای پروانه نسبت مستقیم دارد. بنابراین اگر وزن پروانه به نحوی کاهش یابد گشتاور لازم برای چرخاندن آن کاهش یافته و وات مصرفی کاهش خواهد داشت.

همچنین با استفاده از روشهای کاهش اصطکاک بین برش پروانه و محور می‌توان وات مصرفی موتور کولر را کاهش داد. از آنجا که کاهش وات مصرفی آنقدر نیست که کاهش وزن پروانه را جبران کند دور افزایش می‌یابد ($P=T.W$) و لذا هوادهی افزایش نشان خواهد داد.

کاستن از وزن پروانه در اثر کاهش وات مصرفی و افزایش هوادهی، EER را به نحو چشمگیری افزایش می‌دهد. دو راه برای کاهش وزن پروانه وجود دارد. روش اول استفاده از ورق پروانه، کاهش مقاومت آنرا در مقابل خستگی به دنبال خواهد داشت و موجب شکست پره‌های پروانه پس از مدت زمان نسبتاً کوتاهی می‌شود.

روش دوم که هم اینک در پروانه‌های فن کویلها از آن استفاده می‌شود استفاده از مواد پلاستیکی به جای ورق فلزی است که حتی می‌تواند منجر به کاستن از سایز موتور نیز بشود. استفاده از این روش قویاً توصیه می‌شود.

٦-٤ بهینه‌سازی کلی

در این قسمت برای کولر انتخاب شده در بخش (۶-۳) که از نوع کولر ۴۵۰۰ می‌باشد بر اساس مباحثی که تاکنون مطرح شد به بهینه‌سازی پرداخته می‌شود. جدول (۶-۱) خلاصه فرآیند بهینه‌سازی را نمایش می‌دهد. در قدم اول بدون هیچ‌گونه تغییری در کولر آنچه مدل برای این کولر به دست می‌دهد هوادهی ۶۲۶۵ متر مکعب بر ساعت، ۶ و ۸ وات و EER برابر ۲۷/۷ می‌باشد که بسیار نزدیک به نتایج تجربی (آزمایشگاهی) می‌باشد.

در قدم اول راندمان موتور از ۴۸ درصد به ۷۰ درصد که در حال حاضر موتورهای ساخت یک شرکت تولیدی داخلی دارای این راندمان می‌باشند، افزایش پیدا کرده است. با این عمل یک پرش بزرگ در EER انجام می‌شود و EER کولر جدید برابر ۴۰/۴ می‌شود و این به معنی صعود کولر از رتبه ۶ به رتبه ۵ در برچسب است.

قدم دوم کاهش وزن پروانه است که با انجام این امر طبق نتایج آزمایشگاهی حدود $۲۰۰m^3/h$ (بسته به مقدار سبک شدن پروانه) به هوادهی کولر افزوده شده و وات مصرفی آن حدود ۸۸ درصد مقدار قبلی می‌شود. نتیجه این عمل که در سطر مرحله ۲ از جدول نشان داده شده است EER را به ۴۵/۷ می‌رساند و رتبه کولر را از ۵ به ۴ افزایش می‌دهد.

قدم سوم افزایش قطر پولی پروانه به ۳۰mm است که EER را به ۵۴ می‌رساند و کولر را در رتبه سوم از برچسب قرار می‌دهد.

قدم چهارم کاهش قطر پولی موتور به ۵۰ میلی‌متر است که EER را تا ۶۱/۶ افزایش داده، کولر را به رتبه ۲ می‌رساند.

و بالاخره در آخرین قدم پیشنهادی با افزایش سطح موثر جانبی به $۱/۲m^2$ کولر انتخاب شده دارای EER ۶۵/۲ می‌شود و رتبه ۱ را در برچسب استاندارد مصرف انرژی کسب می‌کند. از تغییر سایر پارامترها به دلیل اثر ناچیزی که دارند صرفنظر می‌شود.

جدول (۶-۱): مراحل بهینه‌سازی

مرحله	تغییر داده شده	Q(m3/h)	W	EER
۰	-	۶۲۶۵	۸۰۶	۲۷/۷
۱	افزاش راندمان موتور از ۴۸٪ به ۷۰٪	۶۲۶۵	۵۵۳	۴۰/۴
۲	کاهش وزن پروانه	۶۲۶۵	۵۲۷	۴۵/۷
۳	افزایش قطر پولی پروانه تا ۳۰۰mm	۶۴۹۴	۴۲۷	۵۴
۴	کاهش قطر پولی موتور تا ۵۰mm	۶۲۳۷	۳۵۹	۵۱/۸
۵	افزایش سطح موثر جانبی تا $۱/۲m^2$	۶۳۰۰	۳۵۱	۶۵/۲

بنابراین طبق نتایج مدل طراحی شده، حد بالای EER=۶۵ نه تنها برای شرکت‌های سازنده داخلی کولر آبی دور از دسترس نیست بلکه با چند گام ساده قابل دستیابی می‌باشد و حتی ممکن است درآینده نیاز به بالاتر بردن این حد باشد تا هیچ کولری رتبه یک نگیرد و همواره جا برای پیشرفت بیشتر باقی باشد.

فصل هفتم

منابع و مراجع

منابع و مراجع

۱- " ترازنامه انرژی " ، وزارت نیرو ، معاونت امور انرژی ، ۱۳۷۳

۲- گزارش " تحلیل آماری معرف برق خانگی " مرکز تحقیقات نیرو ، بخش انرژی ، سال ۱۳۷۵

۳- استاندارد ملی ایران به شماره ۲۴۳۶ " ویژگیها و روشهای آزمون کولر آبی "

۴- ترمودینامیک و توربوماشین ، اس - ال - دیکسون، ترجمه مهندس ملک زاده، مهندس معتمدی و مهندس کاشانی حصار - انتشارات استاد - چاپ اول ۱۳۶۹ .

5- IEA Annex 28, " Low energy cooling, design tools for evaporative cooling , algorithms for direct and indirect evaporative coolers".

6- Sonntag, Richard Edwin , VanWylen, Gordon John , Fundamentals of thermodynamics, 6th ed , c2003.

7- Handbook of Evaporative Air Conditioning, Chapman & Hall Publications, 2nd Edition 1974.

ضمیمه

شماره نمونه : ۱

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (3500 cfm) **بازده خنکی : -**

وات مصرفی : 520 **جریان مصرفی : 3.5 A**

توان ورودی موتور : 1/3hp **جریان نامی موتور : 4.3 A**

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۳۰	تسمه	A - ۴۸
زاویه خروجی پروانه	مماس	قطر پولی موتور	۶۳
طول پره پروانه	۳۲	قطر پولی پروانه	۱۹۷
تعداد پره پروانه	۴۱	زاویه مشبک	۵۰
قطر خارجی محور پروانه	۱۹	تعداد شکافهای مشبک	۳ *۲۵
قطر داخلی پروانه	۲۷۰	ابعاد کانال خروجی کولر	۳۴۵*۳۴۵
قطر خارجی پروانه	۳۰۵	ارتفاع کانال خروجی از کف	۲۹۰
عرض پروانه	۲۷۵	ارتفاع محور پروانه از کف	۳۳۵
سطح موثر جانبی	۰/۳۵۸۴	ابعاد بیرونی کولر	۷۲۵*۷۲۰*۸۷۵

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۱	۲	۳۹۹	۰/۹	۵۲۰	۳۴۷	۱۴۵۷	۹۷۳	m^3/hr ۳۰۴۶ ۱۷۸۰cfm	۸۵	۱۲۳۷۰	۱۷/۸

شماره نمونه : ۲

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (4500 cfm) **بازده خنکی : -**

وات مصرفی : 600 **جریان مصرفی : 4 A**

توان ورودی موتور : 1/3hp **جریان نامی موتور : -**

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۱۰	تسمه	A - ۵۸
زاویه خروجی پروانه	۷۰	قطر پولی موتور	۶۲/۵
طول پره پروانه	۳۲	قطر پولی پروانه	۲۴۴
تعداد پره پروانه	۵۴	زاویه مشبک	۵۰
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۴	تعداد شکافهای مشبک	۴*۳۵
قطر داخلی پروانه	۳۶۰	ابعاد کانال خروجی کولر	۴۸۰*۴۸۰
قطر خارجی پروانه	۴۰۰	ارتفاع کانال خروجی از کف	۳۳۰
عرض پروانه	۳۹۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۴۱۳
سطح موثر جانبی	۰/۶۶۹۱	ابعاد بیرونی کولر	۸۷۰*۸۷۰*۱۰۲۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۱	۳/۷	۶۰۴	۰/۷۴	۴۰۹	۲۷۷	۱۴۳۱	۹۶۵	m^3/hr ۶۰۸۴ ۳۵۸۰cfm	۸۵	۲۴۸۷۰	۲۵

شماره نمونه : ۳

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (4500 cfm) **بازده خنکی : -**

وات مصرفی : 600 **جریان مصرفی : 4 A**

توان ورودی موتور : 1/3hp **جریان نامی موتور : -**

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۱۰	تسمه	A - ۵۸
زاویه خروجی پروانه	۷۰	قطر پولی موتور	۶۲/۵
طول پره پروانه	۳۲	قطر پولی پروانه	۲۴۴
تعداد پره پروانه	۵۴	زاویه مشبک	۵۰
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۴	تعداد شکافهای مشبک	۴*۳۵
قطر داخلی پروانه	۳۶۰	ابعاد کانال خروجی کولر	۴۸۰*۴۸۰
قطر خارجی پروانه	۴۰۰	ارتفاع کانال خروجی از کف	۳۳۰
عرض پروانه	۳۹۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۴۱۳
سطح موثر جانبی	۰/۶۶۹۱	ابعاد بیرونی کولر	۸۷۰*۸۷۰*۱۰۲۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۰	۳/۷	۷۸۲	۰/۹۶	۴۰۷	۲۸۰	۱۳۹۲	۹۴۶	۶۲۰۵ m³/hr ۲۶۲۴cfm	۷۱	۱۷۳۸۴	۲۵

شماره نمونه : ۴

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (5000 cfm) **بازده خنکی : -**

وات مصرفی : 780 **جریان مصرفی : 5 A**

توان ورودی موتور : 1/2hp **جریان نامی موتور : -**

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۰	تسمه	A - ۵۸
زاویه خروجی پروانه	۷۵	قطر پولی موتور	۶۰
طول پره پروانه	۳۲	قطر پولی پروانه	۲۴۵
تعداد پره پروانه	۵۴	زاویه مشبک	۵۰
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۵	تعداد شکافهای مشبک	۴*۳۵
قطر داخلی پروانه	۳۵۰	ابعاد کانال خروجی کولر	۴۹۰*۴۸۰
قطر خارجی پروانه	۴۰۰	ارتفاع کانال خروجی از کف	۳۲۰
عرض پروانه	۳۹۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۴۱۳
سطح موثر جانبی	۰/۶۶۹۱	ابعاد بیرونی کولر	۸۷۰*۸۷۰*۱۰۱۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۰	۳/۸	۶۹۳	۰/۸۳	۴۵۲	۳۰۳	۱۴۴۲	۹۶۳	۶۲۷۲ m^3/hr ۲۶۸۶cfm	۸۵	۲۷۳۰۰	۳۷/۱

شماره نمونه : ۵

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (5000 cfm) **بازده خنکی : -**

وات مصرفی : 780 **جریان مصرفی : 5 A**

توان ورودی موتور : 1/2hp **جریان نامی موتور : -**

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۰	تسمه	A - ۵۸
زاویه خروجی پروانه	۷۵	قطر پولی موتور	۶۰
طول پره پروانه	۳۲	قطر پولی پروانه	۲۴۵
تعداد پره پروانه	۵۴	زاویه مشبک	۵۰
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۵	تعداد شکافهای مشبک	۴*۳۵
قطر داخلی پروانه	۳۵۰	ابعاد کانال خروجی کولر	۴۹۰*۴۸۰
قطر خارجی پروانه	۴۰۰	ارتفاع کانال خروجی از کف	۳۲۰
عرض پروانه	۳۹۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۴۱۳
سطح موثر جانبی	۰/۶۶۹۱	ابعاد بیرونی کولر	۸۷۰*۸۷۰*۱۰۱۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۰	۴/۴	۹۱۷	۰/۹۴	۴۳۶	۲۹۶	۱۴۰۲	۹۴۴	۶۷۹۷ m³/hr ۳۹۸۳cfm	۷۵	۲۱۲۴۸	۳۴

شماره نمونه : ۶

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (6500 cfm) **بازده خنکی : -**

وات مصرفی : 1000 **جریان مصرفی : 6 A**

توان ورودی موتور : 3/4hp **جریان نامی موتور : -**

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۲۵	تسمه	A - ۶۷
زاویه خروجی پروانه	مماس	قطر پولی موتور	۶۳
طول پره پروانه	۳۲	قطر پولی پروانه	۲۴۳
تعداد پره پروانه	۶۲	زاویه مشبک	۵۰
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۴	تعداد شکافهای مشبک	۴*۴۰
قطر داخلی پروانه	۴۲۵	ابعاد کانال خروجی کولر	۵۳۵*۵۲۰
قطر خارجی پروانه	۴۶۵	ارتفاع کانال خروجی از کف	۴۳۰
عرض پروانه	۳۶۵	ارتفاع محور پروانه از کف	۴۴۰
سطح موثر جانبی	۰/۷۶۴۷۷	ابعاد بیرونی کولر	۸۷۰*۸۷۰*۱۱۵۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۰	۵/۲	۹۷۵	۰/۸۵	۳۹۶	۲۶۹	۱۴۱۵	۹۵۹	۷۴۵۲ m^3/hr ۴۳۸۵ cfm	۸۷	۳۰۳۰۰	۴۱/۸

شماره نمونه : ۷

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (4000 cfm) **بازده خنکی : -**

وات مصرفی : 530 **جریان مصرفی : 4.9 A**

توان ورودی موتور : 1/3hp **جریان نامی موتور : 4.3 A**

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۲۰	تسمه	A - ۵۸
زاویه خروجی پروانه	مماس	قطر پولی موتور	۶۲/۵
طول پره پروانه	۳۳	قطر پولی پروانه	۲۴۵
تعداد پره پروانه	۵۱	زاویه مشبک	۴۵
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۴	تعداد شکافهای مشبک	۴*۳۳
قطر داخلی پروانه	۳۵۵	ابعاد کانال خروجی کولر	۴۸۰*۴۸۰
قطر خارجی پروانه	۳۹۵	ارتفاع کانال خروجی از کف	۳۲۰
عرض پروانه	۳۹۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۴۱۳
سطح موثر جانبی	۰/۵۷۱۳	ابعاد بیرونی کولر	۸۶۵*۸۶۵*۱۰۱۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۰	۳/۶	۵۲۰	۰/۶۵	۳۷۹	۲۵۷	۱۴۲۶	۹۶۱	۵۸۲۷ m³/hr ۳۴۲۸cfm	۸۵	۲۴۴۲۴	۲۴

شماره نمونه : ۸

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (3500 cfm) **بازده خنکی : -**

وات مصرفی : 530 **جریان مصرفی : 4.9 A**

توان ورودی موتور : 1/3hp **جریان نامی موتور : 4.3 A**

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۲۰	تسمه	A - ۴۵
زاویه خروجی پروانه	مماس	قطر پولی موتور	۶۲/۵
طول پره پروانه	۳۲	قطر پولی پروانه	۱۴۴
تعداد پره پروانه	۴۱	زاویه مشبک	۳۶
قطر خارجی محور پروانه	۱۹	تعداد شکافهای مشبک	۳*۲۸
قطر داخلی پروانه	۲۶۵	ابعاد کانال خروجی کولر	۳۵۰*۳۴۵
قطر خارجی پروانه	۳۱۰	ارتفاع کانال خروجی از کف	۲۸۰
عرض پروانه	۲۹۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۳۲۵
سطح موثر جانبی	۰/۲۴۳۵۷	ابعاد بیرونی کولر	۷۳۰*۷۳۰*۸۵۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۱۹	۲/۹	۶۲۰	۰/۹۸	۶۴۲	۴۴۰	۱۴۰۵	۹۵۲	۴۱۰۰ m^3/hr ۲۴۰۰cfm	۸۰	۱۵۲۷۰	۲۴/۵

شماره نمونه : ۹

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (6500 cfm) **بازده خنکی : -**

وات مصرفی : 690 **جریان مصرفی : 6.5 A**

توان ورودی موتور : 1/2hp **جریان نامی موتور : 5.3 A**

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۲۰	تسمه	A - ۶۸
زاویه خروجی پروانه	مماس	قطر پولی موتور	۵۸
طول پره پروانه	۳۲	قطر پولی پروانه	۲۴۵
تعداد پره پروانه	۶۲	زاویه مشبک	۴۵
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۵	تعداد شکافهای مشبک	۴*۴۴
قطر داخلی پروانه	۴۲۹/۵	ابعاد کانال خروجی کولر	۵۵۰*۵۳۰
قطر خارجی پروانه	۴۷۵/۵	ارتفاع کانال خروجی از کف	۴۱۵
عرض پروانه	۳۹۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۴۳۰
سطح موثر جانبی	۰/۷۶۱۷	ابعاد بیرونی کولر	۸۷۰*۸۷۰*۱۱۵۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۱۹	۴/۵۶	۷۸۰	۰/۷۸	۶۵۰۰	۲۴۸	۱۴۱۳	۹۴۵	۷۲۵۰m³/hr ۴۳۰۰cfm	۹۴	۲۲۴۱۰	۳۸/۹

شماره نمونه : ۱۰

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (4500 cfm) **بازده خنکی : -**

وات مصرفی : 690 **جریان مصرفی : 6.5 A**

توان ورودی موتور : 1/2hp **جریان نامی موتور : 5.3 A**

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۳۰	تسمه	A - ۵۸
زاویه خروجی پروانه	مماس	قطر پولی موتور	۶۲/۵
طول پره پروانه	۳۳	قطر پولی پروانه	۲۳۲
تعداد پره پروانه	۵۵	زاویه مشبک	۳۰
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۴	تعداد شکافهای مشبک	۴*۳۲
قطر داخلی پروانه	۳۶۱	ابعاد کانال خروجی کولر	۴۹۰*۵۰۰
قطر خارجی پروانه	۳۹۵	ارتفاع کانال خروجی از کف	۳۰۰
عرض پروانه	۳۹۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۳۹۵
سطح موثر جانبی	۰/۳۷۴۶۸	ابعاد بیرونی کولر	۸۶۰*۸۶۰*۱۰۴۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۰	۳/۸۵	۵۸۰	۰/۶۸	۴۰۶	۲۸۰	۱۴۴۲	۹۶۶	۵۸۳۰m^3/hr ۳۴۵۰cfm	۸۰	۱۷۳۱۰	۲۶/۸

شماره نمونه : ۱۱

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (4500 cfm) **بازده خنکی : -**

وات مصرفی : 690 **جریان مصرفی : 6.5 A**

توان ورودی موتور : 1/2hp **جریان نامی موتور : 5.3 A**

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۳۰	تسمه	A - ۵۸
زاویه خروجی پروانه	مماس	قطر پولی موتور	۶۲/۵
طول پره پروانه	۳۳	قطر پولی پروانه	۲۳۲
تعداد پره پروانه	۵۵	زاویه مشبک	۳۰
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۴	تعداد شکافهای مشبک	۴*۳۲
قطر داخلی پروانه	۳۶۱	ابعاد کانال خروجی کولر	۴۹۰*۵۰۰
قطر خارجی پروانه	۳۹۵	ارتفاع کانال خروجی از کف	۳۰۰
عرض پروانه	۳۹۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۳۹۵
سطح موثر جانبی	۰/۳۷۴۶۸	ابعاد بیرونی کولر	۸۶۰*۸۶۰*۱۰۴۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۰	۳/۹	۵۸۹	۰/۶۸	۳۹۲	۲۶۳	۱۴۴۹	۹۶۷	۵۰۸۶m³/hr ۲۹۹۲cfm	۸۱	۱۸۹۰۰	۳۵

شماره نمونه : ۱۲

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (6500 cfm) **بازده خنکی : -**

وات مصرفی : 690 **جریان مصرفی : 6.4 A**

توان ورودی موتور : 3/4hp **جریان نامی موتور : 6.4 A**

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۳۰	تسمه	A - ۶۷
زاویه خروجی پروانه	مماس	قطر پولی موتور	۷۵
طول پره پروانه	۳۲	قطر پولی پروانه	۲۴۵
تعداد پره پروانه	۶۳	زاویه مشبک	۳۵
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۴	تعداد شکافهای مشبک	۴*۴۰
قطر داخلی پروانه	۴۳۰	ابعاد کانال خروجی کولر	۵۴۰*۵۳۰
قطر خارجی پروانه	۴۷۰	ارتفاع کانال خروجی از کف	۴۲۰
عرض پروانه	۳۹۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۴۴۳
سطح موثر جانبی	۰/۲۴۴۱۵۷	ابعاد بیرونی کولر	۸۶۰*۸۶۰*۱۱۸۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۰	۵/۵	۱۰۹۷	۰/۹	۳۹۸	۲۷۲	۱۳۸۶	۹۴۵	۷۴۱۶m³/hr ۴۳۶۴cfm	۹۲	۲۸۳۲۰	۳۷/۶

شماره نمونه : ۱۳

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (7000 cfm) **بازده خنکی : -**

وات مصرفی : - **جریان مصرفی : 5.8 A**

توان ورودی موتور : 3/4hp **جریان نامی موتور : 6.4 A**

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۱۰	تسمه	A - ۶۶
زاویه خروجی پروانه	۵۰	قطر پولی موتور	۷۲
طول پره پروانه	۳۸	قطر پولی پروانه	۲۹۲
تعداد پره پروانه	۶۷	زاویه مشبک	۴۵
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۴	تعداد شکافهای مشبک	۴*۴۲
قطر داخلی پروانه	۴۳۵	ابعاد کانال خروجی کولر	۵۵۰*۵۱۰
قطر خارجی پروانه	۵۱۱	ارتفاع کانال خروجی از کف	۴۱۰
عرض پروانه	۴۲۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۴۴۷
سطح موثر جانبی	۰/۷۲۷۱	ابعاد بیرونی کولر	۸۶۰*۸۶۰*۱۱۱۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۰	۵/۲	۱۰۲۱	۰/۸۹	۳۶۹	۲۵۰	۱۴۰۱	۹۴۶	۸۲۱۴m³/hr ۴۸۳۰cfm	۸۳	۲۹۶۳۰	۴۳/۵

شماره نمونه : ۱۴

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (3000 cfm) **بازده خنکی : -**

وات مصرفی : - **جریان مصرفی : 4 A**

توان ورودی موتور : 1/3hp **جریان نامی موتور : 4.3 A**

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۱۰	تسمه	A - ۴۸
زاویه خروجی پروانه	۷۰	قطر پولی موتور	۷۵
طول پره پروانه	۴۰	قطر پولی پروانه	۱۹۶
تعداد پره پروانه	۴۳	زاویه مشبک	۵۵
قطر خارجی محور پروانه	۱۹	تعداد شکافهای مشبک	۲*۳۰
قطر داخلی پروانه	۲۷۰	ابعاد کانال خروجی کولر	۳۳۰*۴۰۰
قطر خارجی پروانه	۳۲۰	ارتفاع کانال خروجی از کف	۳۲۰
عرض پروانه	۳۰۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۳۵۰
سطح موثر جانبی	۰/۳۱۳۳	ابعاد بیرونی کولر	۵۶۰*۷۱۰*۸۸۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۰	۲/۶	۵۲۶	۰/۹۲	۵۸۱	۳۹۳	۱۴۳۲	۹۶۶	۴۲۵۲m³/hr ۲۵۰۰cfm	۹۰	۱۵۰۰۰	۱۹/۹

شماره نمونه : ۱۵

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (5000 cfm) **بازده خنکی : -**

وات مصرفی : - **جریان مصرفی : 4.5 A**

توان ورودی موتور : 1/2hp **جریان نامی موتور : 5.3 A**

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۱۵	تسمه	A – ۶۱
زاویه خروجی پروانه	۶۰	قطر پولی موتور	۸۷/۵
طول پره پروانه	۳۳	قطر پولی پروانه	۲۸۵
تعداد پره پروانه	۵۴	زاویه مشبک	۴۰
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۴	تعداد شکافهای مشبک	۴*۳۶
قطر داخلی پروانه	۳۳۵	ابعاد کانال خروجی کولر	۵۰۰*۵۰۰
قطر خارجی پروانه	۳۹۵	ارتفاع کانال خروجی از کف	۳۰۰
عرض پروانه	۳۸۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۴۱۵
سطح موثر جانبی	۰/۵۵۷۰	ابعاد بیرونی کولر	۸۷۰*۸۷۰*۹۸۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۰	۳/۴	۶۹۳	۰/۹۳	۴۵۴	۳۰۶	۱۴۴۱	۹۶۹	۵۸۵۱m³/hr ۳۴۴۰cfm	۹۲	۲۲۲۶۸	۳۰/۱

شماره نمونه : ۱۶

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (3500 cfm) **بازده خنکی : 75%**

وات مصرفی : 520 **جریان مصرفی : 3.8 A**

توان ورودی موتور : 1/3hp **جریان نامی موتور : 4.3 A**

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۳۰	تسمه	A – ۴۵
زاویه خروجی پروانه	۵۰	قطر پولی موتور	۶۲/۵
طول پره پروانه	۲۳	قطر پولی پروانه	۱۴۵
تعداد پره پروانه	۴۷	زاویه مشبک	۳۰
قطر خارجی محور پروانه	۱۹	تعداد شکافهای مشبک	۲*۲۶
قطر داخلی پروانه	۲۸۰	ابعاد کانال خروجی کولر	۳۵۰*۳۵۰
قطر خارجی پروانه	۳۱۳	ارتفاع کانال خروجی از کف	۳۳۵
عرض پروانه	۲۸۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۳۹۰
سطح موثر جانبی	۰/۱۵۲	ابعاد بیرونی کولر	۹۵۰*۶۰۰*۷۱۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۰	۳/۳	۷۰۶	۰/۹۷	۶۸۰	۴۵۸	۱۳۹۵	۹۳۷	۴۰۸۰m³/hr ۲۴۰۰cfm	۹۰	۱۶۷۰۰	۲۴/۴

شماره نمونه : ۱۷

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (4500 cfm) **بازده خنکی : 75%**

وات مصرفی : 680 **جریان مصرفی : 4.7A**

توان ورودی موتور : 1/2hp **جریان نامی موتور : 5.3 A**

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۲۵	تسمه	A - ۵۵
زاویه خروجی پروانه	۶۰	قطر پولی موتور	۵۸
طول پره پروانه	۲۵	قطر پولی پروانه	۱۹۸
تعداد پره پروانه	۵۲	زاویه مشبک	۳۰
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۵	تعداد شکافهای مشبک	۳*۲۷
قطر داخلی پروانه	۳۸۰	ابعاد کانال خروجی کولر	۴۵۰*۴۵۰
قطر خارجی پروانه	۴۱۵	ارتفاع کانال خروجی از کف	۳۱۵
عرض پروانه	۴۹۷	ارتفاع محور پروانه از کف	۳۷۰
سطح موثر جانبی	۰/۲۳۷۱	ابعاد بیرونی کولر	۸۶۵*۸۶۵*۱۰۳۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۰	۳/۷	۷۲۰	۰/۸۸	۴۳۳	۲۹۷	۱۴۴۶	۹۶۴	۵۵۵۰m³/hr ۳۳۰۰cfm	۸۷	۲۱۴۸۰	۳۰/۶

شماره نمونه : ۱۸

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (4500 cfm) **بازده خنکی : 75%**

وات مصرفی : 680 **جریان مصرفی : 4.7A**

توان ورودی موتور : 1/2hp **جریان نامی موتور : 5.3 A**

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۲۵	تسمه	A - ۵۵
زاویه خروجی پروانه	۶۰	قطر پولی موتور	۵۸
طول پره پروانه	۲۵	قطر پولی پروانه	۱۹۸
تعداد پره پروانه	۵۲	زاویه مشبک	۳۰
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۵	تعداد شکافهای مشبک	۳*۲۷
قطر داخلی پروانه	۳۸۰	ابعاد کانال خروجی کولر	۴۵۰*۴۵۰
قطر خارجی پروانه	۴۱۵	ارتفاع کانال خروجی از کف	۳۱۵
عرض پروانه	۴۹۷	ارتفاع محور پروانه از کف	۳۷۰
سطح موثر جانبی	۰/۲۳۷۱	ابعاد بیرونی کولر	۸۶۵*۸۶۵*۱۰۳۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۰	۳/۸	۷۳۰	۰/۸۸	۴۳۳	۲۹۷	۱۴۴۶	۹۶۴	۵۵۹۷m³/hr ۳۲۸۴cfm	۷۰	۱۸۲۹۳	۲۵

شماره نمونه : ۱۹

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (5000 cfm) **بازده خنکی : -**

وات مصرفی : - **جریان مصرفی : 4.5A**

توان ورودی موتور : 1/2hp **جریان نامی موتور : 5.3 A**

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۳۰	تسمه	A - ۶۱
زاویه خروجی پروانه	۷۰	قطر پولی موتور	۸۶/۵
طول پره پروانه	۴۰	قطر پولی پروانه	۲۸۱
تعداد پره پروانه	۵۲	زاویه مشبک	۷۰
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۴	تعداد شکافهای مشبک	۴*۳۶
قطر داخلی پروانه	۳۴۵	ابعاد کانال خروجی کولر	۵۰۰*۵۰۰
قطر خارجی پروانه	۳۹۹	ارتفاع کانال خروجی از کف	۳۰۰
عرض پروانه	۳۹۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۴۲۰
سطح موثر جانبی	۰/۹۳۴۱	ابعاد بیرونی کولر	۸۷۰*۸۷۰*۱۰۴۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۰	۴/۸	۶۹۵	۰/۶۶	۲۸۷	۳۰۲	۱۴۴۵	۹۶۷	۵۵۷۱m³/hr ۳۲۶۲cfm	۷۹	۲۱۱۸۰	۳۲/۷

شماره نمونه : ۲۰

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (7000 cfm) **بازده خنکی : -**

وات مصرفی : - **جریان مصرفی : -**

توان ورودی موتور : - **جریان نامی موتور : -**

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۲۵	تسمه	A - ۶۸
زاویه خروجی پروانه	مماس	قطر پولی موتور	۷۱
طول پره پروانه	۳۸	قطر پولی پروانه	۲۸۶/۵
تعداد پره پروانه	۶۶	زاویه مشبک	۷۱
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۴	تعداد شکافهای مشبک	۴*۴۲
قطر داخلی پروانه	۴۵۵	ابعاد کانال خروجی کولر	۵۴۵*۵۱۵
قطر خارجی پروانه	۴۹۵	ارتفاع کانال خروجی از کف	۴۳۰
عرض پروانه	۴۰۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۴۷۲
سطح موثر جانبی	۱/۱۰۳	ابعاد بیرونی کولر	۸۷۵*۱۰۰۰*۱۱۵۹

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۰	۶/۴	۱۱۶۷	۰/۸۳	۳۶۰	۲۴۷	۱۳۸۹	۹۴۶	۸۶۷۴m³/hr ۵۰۸۵cfm	۸۲	۲۸۵۵۰	۳۷/۵

شماره نمونه : ۲۱

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (3500 cfm)　　بازده خنکی : -

وات مصرفی : -　　جریان مصرفی : 4 A

توان ورودی موتور : 1/3hp　　جریان نامی موتور : 4.3 A

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۰	تسمه	A - ۴۵
زاویه خروجی پروانه	۷۵	قطر پولی موتور	۶۲/۵
طول پره پروانه	۳۳	قطر پولی پروانه	۱۴۴
تعداد پره پروانه	۴۵	زاویه مشبک	۴۰
قطر خارجی محور پروانه	۱۹/۵	تعداد شکافهای مشبک	۳×۲۸
قطر داخلی پروانه	۲۶۳/۵	ابعاد کانال خروجی کولر	۳۵۰×۳۵۰
قطر خارجی پروانه	۳۱۵/۵	ارتفاع کانال خروجی از کف	۳۸۵
عرض پروانه	۲۹۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۳۳۰
سطح موثر جانبی	۰/۳۲۴۹	ابعاد بیرونی کولر	۷۳۰×۷۳۰×۸۷۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۰	۳/۵	۶۹۷	۰/۹	۶۴۶	۴۳۸	۱۲۹۲	۹۴۲	۴۶۹Vm³/hr ۲۷۵۴cfm	۷۸	۱۶۲۲۴	۲۵/۸

شماره نمونه : ۲۲

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (4500 cfm)　　بازده خنکی : -

وات مصرفی : -　　جریان مصرفی : 6.5 A

توان ورودی موتور : 1/2hp　　جریان نامی موتور : 5.3 A

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۲۵	تسمه	A - ۵۹
زاویه خروجی پروانه	مماس	قطر پولی موتور	۷۱/۵
طول پره پروانه	۳۲	قطر پولی پروانه	۲۴۴
تعداد پره پروانه	۵۴	زاویه مشبک	۶۰
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۴	تعداد شکافهای مشبک	۴×۳۵
قطر داخلی پروانه	۳۵۵	ابعاد کانال خروجی کولر	۴۹۰×۴۹۰
قطر خارجی پروانه	۳۹۵	ارتفاع کانال خروجی از کف	۳۲۰
عرض پروانه	۳۹۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۴۱۳
سطح موثر جانبی	۰/۷۹۱	ابعاد بیرونی کولر	۸۷۰×۸۷۰×۱۰۳۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۰	۵/۱	۸۷۲	۰/۷۸	۴۳۵	۲۹۵	۱۳۹۴	۹۵۰	۶۳۳۷m³/hr ۳۷۲۹cfm	۹۳	۲۷۹۷۰	۳۱

شماره نمونه : ۲۳

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (4500 cfm)　　بازده خنکی : -

وات مصرفی : -　　جریان مصرفی : 6.5 A

توان ورودی موتور : 1/2hp　　جریان نامی موتور : 5.3 A

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۲۵	تسمه	A - ۵۹
زاویه خروجی پروانه	مماس	قطر پولی موتور	۷۱/۵
طول پره پروانه	۳۲	قطر پولی پروانه	۲۴۴
تعداد پره پروانه	۵۴	زاویه مشبک	۶۰
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۴	تعداد شکافهای مشبک	۴×۳۵
قطر داخلی پروانه	۳۵۵	ابعاد کانال خروجی کولر	۴۹۰×۴۹۰
قطر خارجی پروانه	۳۹۵	ارتفاع کانال خروجی از کف	۳۲۰
عرض پروانه	۳۹۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۴۱۳
سطح موثر جانبی	۰/۷۹۱	ابعاد بیرونی کولر	۸۷۰×۸۷۰×۱۰۳۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۰	۴/۷	۸۶۲	۰/۸۳	۴۳۹	۲۹۵	۱۴۰۵	۹۴۳	۶۶۶۰m³/hr ۳۹۳۳cfm	۷۵	۲۱۵۵۲	۲۹

شماره نمونه : ۲۴

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (4500 cfm) **بازده خنکی : -**

وات مصرفی : - **جریان مصرفی : 6.5 A**

توان ورودی موتور : 1/2hp **جریان نامی موتور : 5.3 A**

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۲۵	تسمه	A - ۵۹
زاویه خروجی پروانه	مماس	قطر پولی موتور	۷۱/۵
طول پره پروانه	۳۲	قطر پولی پروانه	۲۴۴
تعداد پره پروانه	۵۴	زاویه مشبک	۶۰
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۴	تعداد شکافهای مشبک	۴×۳۵
قطر داخلی پروانه	۳۵۵	ابعاد کانال خروجی کولر	۴۹۰×۴۹۰
قطر خارجی پروانه	۳۹۵	ارتفاع کانال خروجی از کف	۳۲۰
عرض پروانه	۳۹۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۴۱۳
سطح موثر جانبی	۰/۷۹۱	ابعاد بیرونی کولر	۸۷۰×۸۷۰×۱۰۳۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۰	۴/۲	۸۰۲	۰/۸۷	۴۳۸	۲۹۶	۱۳۹۵	۹۴۴	۶۴۹۵m^3/hr ۳۸۱۳cfm	۷۹	۲۱۲۷۰	۳۴

شماره نمونه : ۲۵

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (6500 cfm)　　بازده خنکی : -

وات مصرفی : -　　جریان مصرفی : 7.1 A

توان ورودی موتور : 3/4hp　　جریان نامی موتور : 6.4 A

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۱۵	تسمه	A - ۶۸
زاویه خروجی پروانه	مماس	قطر پولی موتور	۴۸/۸
طول پره پروانه	۳۸	قطر پولی پروانه	۲۲۹
تعداد پره پروانه	۶۵	زاویه مشبک	۴۵
قطر خارجی محور پروانه	۴۷۵	تعداد شکافهای مشبک	۴۲
قطر داخلی پروانه	۴۲۵	ابعاد کانال خروجی کولر	۵۳۰×۵۴۰
قطر خارجی پروانه	۴۷۰	ارتفاع کانال خروجی از کف	۴۱۰
عرض پروانه	۳۹۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۴۳۲
سطح موثر جانبی	۰/۷۲۷	ابعاد بیرونی کولر	۸۶۵×۸۶۵×۱۱۶۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۱	۵/۹	۱۰۲۳	۰/۷۸	۳۹۴	۲۶۸	۱۴۱۷	۹۵۸	۷۶۱۶m³/hr ۴۴۷۰ cfm	۹۳	۳۳۰۵۰	۴۱/۳

شماره نمونه : ۲۶

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (6500 cfm)　　بازده خنکی : -

وات مصرفی : -　　جریان مصرفی : 7.1 A

توان ورودی موتور : 3/4hp　　جریان نامی موتور : 6.4 A

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۱۵	تسمه	A - ۶۸
زاویه خروجی پروانه	مماس	قطر پولی موتور	۴۸/۸
طول پره پروانه	۳۸	قطر پولی پروانه	۲۲۹
تعداد پره پروانه	۶۵	زاویه مشبک	۴۵
قطر خارجی محور پروانه	۴۷۵	تعداد شکافهای مشبک	۴۲
قطر داخلی پروانه	۴۲۵	ابعاد کانال خروجی کولر	۵۳۰×۵۴۰
قطر خارجی پروانه	۴۷۰	ارتفاع کانال خروجی از کف	۴۱۰
عرض پروانه	۳۹۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۴۳۲
سطح موثر جانبی	۰/۷۲۷	ابعاد بیرونی کولر	۸۶۵×۸۶۵×۱۱۶۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۰	۳/۷	۸۸۰	۰/۹۵	۳۷۱	۲۶۳	۱۴۲۰	۹۳۴	۸۰۲۸m^3/hr ۴۷۴۳ cfm	۷۱	۲۴۲۸۶	۴۱/۴

شماره نمونه : ۲۷

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (6500 cfm)　　بازده خنکی : -

وات مصرفی : -　　جریان مصرفی : 7.1 A

توان ورودی موتور : 3/4hp　　جریان نامی موتور : 6.4 A

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۱۵	تسمه	A - ۶۸
زاویه خروجی پروانه	مماس	قطر پولی موتور	۴۸/۸
طول پره پروانه	۳۸	قطر پولی پروانه	۲۲۹
تعداد پره پروانه	۶۵	زاویه مشبک	۴۵
قطر خارجی محور پروانه	۴۷۵	تعداد شکافهای مشبک	۴۲
قطر داخلی پروانه	۴۲۵	ابعاد کانال خروجی کولر	۵۳۰×۵۴۰
قطر خارجی پروانه	۴۷۰	ارتفاع کانال خروجی از کف	۴۱۰
عرض پروانه	۳۹۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۴۳۲
سطح موثر جانبی	۰/۷۲۷	ابعاد بیرونی کولر	۸۶۵×۸۶۵×۱۱۶۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (%)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۰	۵/۳	۱۰۱۰	۰/۸۷	۳۸۸	۲۶۷	۱۳۹۴	۹۴۵	۸۰۶۵m³/hr ۴۷۴۶cfm	۵۳	۱۸۴۲۷	۳۴

شماره نمونه : ۲۸

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (4500 cfm)　　بازده خنکی : -

وات مصرفی : -　　جریان مصرفی : -

توان ورودی موتور : 1/2hp　　جریان نامی موتور : 5.3 A

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۲۰	تسمه	A - ۵۸
زاویه خروجی پروانه	۷۰	قطر پولی موتور	۶۲/۵
طول پره پروانه	۳۳	قطر پولی پروانه	۲۴۵
تعداد پره پروانه	۵۱	زاویه مشبک	۷۰
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۴	تعداد شکافهای مشبک	۴×۳۳
قطر داخلی پروانه	۳۴۵	ابعاد کانال خروجی کولر	۴۸۰×۴۹۰
قطر خارجی پروانه	۳۸۵	ارتفاع کانال خروجی از کف	۳۳۰
عرض پروانه	۳۶۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۴۱۳
سطح موثر جانبی	۰/۸۵۶	ابعاد بیرونی کولر	۸۷۰×۸۷۰×۹۱۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۲	۴/۴	۷۳۸	۰/۷۵	۴۷۵	۳۲۰	۱۴۳۲	۹۶۲	۶۰۴۶m^3/hr ۳۶۴۳cfm	۸۸	۲۵۲۸۰	۳۳/۵

شماره نمونه : ۲۹

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (4500 cfm)　　بازده خنکی : -

وات مصرفی : -　　جریان مصرفی : 4.8 A

توان ورودی موتور : 1/3hp　　جریان نامی موتور : 4.3 A

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۲۰	تسمه	A - ۵۸
زاویه خروجی پروانه	۷۰	قطر پولی موتور	۶۲/۵
طول پره پروانه	۳۳	قطر پولی پروانه	۲۴۵
تعداد پره پروانه	۵۱	زاویه مشبک	۷۰
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۴	تعداد شکافهای مشبک	۴×۳۳
قطر داخلی پروانه	۳۴۵	ابعاد کانال خروجی کولر	۴۸۰×۴۹۰
قطر خارجی پروانه	۳۸۵	ارتفاع کانال خروجی از کف	۳۳۰
عرض پروانه	۳۶۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۴۱۳
سطح موثر جانبی	۰/۸۵۶	ابعاد بیرونی کولر	۸۷۰×۸۷۰×۹۱۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۰	۳/۹	۷۷۴	۰/۹	۴۷۸	۳۲۱	۱۴۲۴	۹۵۴	۶۱۰۳m³/hr ۳۵۸۰cfm	۹۰	۲۴۰۸۴	۳۲

شماره نمونه : ۳۰

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (4500 cfm)　　بازده خنکی : -

وات مصرفی : -　　جریان مصرفی : 4.8 A

توان ورودی موتور : 1/3hp　　جریان نامی موتور : 4.3 A:

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۲۰	تسمه	A - ۵۸
زاویه خروجی پروانه	۷۰	قطر پولی موتور	۶۲/۵
طول پره پروانه	۳۳	قطر پولی پروانه	۲۴۵
تعداد پره پروانه	۵۱	زاویه مشبک	۷۰
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۴	تعداد شکافهای مشبک	۴×۳۳
قطر داخلی پروانه	۳۴۵	ابعاد کانال خروجی کولر	۴۸۰×۴۹۰
قطر خارجی پروانه	۳۸۵	ارتفاع کانال خروجی از کف	۳۳۰
عرض پروانه	۳۶۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۴۱۳
سطح موثر جانبی	۰/۸۵۶	ابعاد بیرونی کولر	۸۷۰×۸۷۰×۹۱۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۰	۳/۰۶	۴۶۰	۰/۶۸	۴۱۰	۲۷۶	۱۴۴۰	۹۶۷	۵۴۶۰m³/hr ۳۲۰۰ cfm	۹۰	۲۰۳۵۰	۳۴/۷

شماره نمونه : ۳۱

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (4500 cfm) **بازده خنکی : -**

وات مصرفی : 530 **جریان مصرفی : 4 A**

توان ورودی موتور : 1/3hp **جریان نامی موتور : 4.3 A**

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۲۰	تسمه	A - ۵۸
زاویه خروجی پروانه	مماس	قطر پولی موتور	۶۲/۵
طول پره پروانه	۳۳	قطر پولی پروانه	۲۴۳
تعداد پره پروانه	۵۵	زاویه مشبک	۵۰
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۴	تعداد شکافهای مشبک	۴×۳۶
قطر داخلی پروانه	۳۵۵	ابعاد کانال خروجی کولر	۴۹۰×۴۹۰
قطر خارجی پروانه	۳۹۱	ارتفاع کانال خروجی از کف	۳۳۳
عرض پروانه	۳۹۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۴۰۰
سطح موثر جانبی	۰/۶۸۸	ابعاد بیرونی کولر	۸۶۵×۸۶۵×۱۰۱۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۰	۳/۹	۶۱۴	۰/۷۱	۴۰۳	۲۷۲	۱۴۱۳	۹۵۴	۵۲۶۰m³/hr ۳۰۹۳cfm	۹۰	۲۳۲۶۰	۳۱

شماره نمونه : ۳۲

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (7500 cfm)　　بازده خنکی : -

وات مصرفی : 530　　جریان مصرفی : 4 A

توان ورودی موتور : 1/3hp　　جریان نامی موتور : 4.3 A

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۳۰	تسمه	A - ۵۹
زاویه خروجی پروانه	مماس	قطر پولی موتور	۶۲/۵
طول پره پروانه	۳۲	قطر پولی پروانه	۲۶۰
تعداد پره پروانه	۵۴	زاویه مشبک	۳۰
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۴	تعداد شکافهای مشبک	۴×۳۲
قطر داخلی پروانه	۳۵۵	ابعاد کانال خروجی کولر	۵۰۰×۴۹۰
قطر خارجی پروانه	۳۹۵	ارتفاع کانال خروجی از کف	۴۰۵
عرض پروانه	۳۹۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۴۰۰
سطح موثر جانبی	۰/۳۷۴۷	ابعاد بیرونی کولر	۸۷۰×۸۷۰×۱۰۱۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۰	۲/۸	۵۷۲	۰/۹۳	۳۸۲	۲۷۶	۱۴۲۵	۹۵۵	۵۴۷۴m³/hr ۳۲۲۰cfm	۸۵	۲۴۴۴۰	۳۴/۲

شماره نمونه : ۳۳

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (5000 cfm) **بازده خنکی : -**

وات مصرفی : 400 **جریان مصرفی : 5 A**

توان ورودی موتور : 1/2hp **جریان نامی موتور : 5.3 A**

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۳۰	تسمه	A - ۵۹
زاویه خروجی پروانه	مماس	قطر پولی موتور	۷۷/۵
طول پره پروانه	۳۲	قطر پولی پروانه	۲۴۲
تعداد پره پروانه	۵۴	زاویه مشبک	۲۲
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۴	تعداد شکافهای مشبک	۴×۳۲
قطر داخلی پروانه	۳۵۱	ابعاد کانال خروجی کولر	۴۸۵×۴۸۵
قطر خارجی پروانه	۳۸۵	ارتفاع کانال خروجی از کف	۳۱۵
عرض پروانه	۳۶۵	ارتفاع محور پروانه از کف	۴۰۷
سطح موثر جانبی	۰/۲۷۶۲	ابعاد بیرونی کولر	۸۷۰×۸۷۰×۱۰۱۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۱	۴/۸	۷۷۱	۰/۷۳	۵۰۲	۳۳۸	۱۴۲۵	۹۵۶	۵۴۹۶m³/hr ۳۲۲۰cfm	۷۰	۱۷۷۲۰	۳۰/۳

شماره نمونه : ۳۴

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (4500 cfm)　　بازده خنکی : -

وات مصرفی : -　　جریان مصرفی : 4 A

توان ورودی موتور : 1/3hp　　جریان نامی موتور : 4.3 A

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۲۰	تسمه	A - ۶۸
زاویه خروجی پروانه	مماس	قطر پولی موتور	۴۹/۷
طول پره پروانه	۳۳	قطر پولی پروانه	۲۳۳
تعداد پره پروانه	۵۶	زاویه مشبک	۳۶
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۴	تعداد شکافهای مشبک	۳×۳۶
قطر داخلی پروانه	۳۵۵	ابعاد کانال خروجی کولر	۴۹۰×۴۳۰
قطر خارجی پروانه	۳۹۵	ارتفاع کانال خروجی از کف	۳۳۰
عرض پروانه	۳۹۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۴۲۰
سطح موثر جانبی	۰/۳۷۷۴	ابعاد بیرونی کولر	۸۲۰×۸۲۰×۹۷۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (%)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۰	۳/۷۵	۵۳۹	۰/۶۵	۴۰۳	۲۷۶	۱۴۲۵	۹۵۵	۵۰۰۰m³/hr ۳۰۰۰cfm	۹۴	۲۳۳۳۰	۳۱/۳

شماره نمونه : ۳۵

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (5000 cfm)　　بازده خنکی : -

وات مصرفی : 710　　جریان مصرفی : 5.3 A

توان ورودی موتور : 1/2hp　　جریان نامی موتور : 5.3 A

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۲۰	تسمه	A - ۶۱
زاویه خروجی پروانه	مماس	قطر پولی موتور	۷۸/۵
طول پره پروانه	۳۲	قطر پولی پروانه	۲۴۴
تعداد پره پروانه	۵۳	زاویه مشبک	۳۰
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۴	تعداد شکافهای مشبک	۴×۳۳
قطر داخلی پروانه	۳۵۰	ابعاد کانال خروجی کولر	۴۸۵×۴۸۵
قطر خارجی پروانه	۳۹۲	ارتفاع کانال خروجی از کف	۳۱۰
عرض پروانه	۳۹۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۴۰۰
سطح موثر جانبی	۰/۳۸۶۴	ابعاد بیرونی کولر	۸۷۰×۸۷۰×۱۰۱۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۱	۴/۴	۸۹۵	۰/۹۲	۴۹۳	۳۳۵	۱۴۱۰	۹۵۰	۶۵۲۵m³/hr ۳۸۳۵cfm	۷۹	۲۱۵۲۹	۳۵

شماره نمونه : ۳۶

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (3500 cfm)　　بازده خنکی : -

وات مصرفی : 530　　جریان مصرفی : 4 A

توان ورودی موتور : 1/3hp　　جریان نامی موتور : 4 A

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۱۰	تسمه	A - ۴۵
زاویه خروجی پروانه	مماس	قطر پولی موتور	۶۳
طول پره پروانه	۳۳	قطر پولی پروانه	۱۵۰
تعداد پره پروانه	۴۵	زاویه مشبک	۳۰
قطر خارجی محور پروانه	۱۹	تعداد شکافهای مشبک	۳×۲۸
قطر داخلی پروانه	۲۶۰	ابعاد کانال خروجی کولر	۳۶۰×۳۶۰
قطر خارجی پروانه	۳۰۰	ارتفاع کانال خروجی از کف	۲۷۵
عرض پروانه	۲۸۵	ارتفاع محور پروانه از کف	۳۳۵
سطح موثر جانبی	۰/۲۴۵۹	ابعاد بیرونی کولر	۷۳۰×۷۳۰×۸۵۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۰	۳/۵	۶۷۵	۰/۸۷	۶۷۲	۴۵۹	۱۳۶۴	۹۳۰	۴۳۳۷m³/hr ۲۶۱۴cfm	۸۳	۱۵۹۷۶	۲۳

شماره نمونه : ۳۷

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (4500 cfm)　　بازده خنکی : -

وات مصرفی : -　　جریان مصرفی : -

توان ورودی موتور : 1/2hp　　جریان نامی موتور : -

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۲۰	تسمه	A - ۵۸
زاویه خروجی پروانه	۰	قطر پولی موتور	۶۳
طول پره پروانه	۳۴	قطر پولی پروانه	۲۵۰
تعداد پره پروانه	۵۵	زاویه مشبک	۴۰
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۴	تعداد شکافهای مشبک	۴×۴۰
قطر داخلی پروانه	۳۴۵	ابعاد کانال خروجی کولر	۴۸۵×۴۸۵
قطر خارجی پروانه	۳۸۵	ارتفاع کانال خروجی از کف	۳۱۵
عرض پروانه	۳۹۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۴۲۵
سطح موثر جانبی	۰/۶۱۸۹	ابعاد بیرونی کولر	۸۷۰×۸۷۰×۱۰۲۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (%)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۰	۳/۸	۷۰۵	۰/۸۴	۴۱۹	۲۸۲	۱۴۲۹	۹۵۵	۶۰۷۲m³/hr ۳۵۶۰cfm	۹۲	۲۰۷۰۰	۲۶/۷

شماره نمونه : ۳۸

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (6500 cfm)　　بازده خنکی : -

وات مصرفی : 933　　جریان مصرفی : 7.1 A

توان ورودی موتور : 3/4hp　　جریان نامی موتور : 7.1 A

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۳۰	تسمه	A - ۶۸
زاویه خروجی پروانه	مماس	قطر پولی موتور	۶۳
طول پره پروانه	۳۳	قطر پولی پروانه	۲۵۰
تعداد پره پروانه	۶۶	زاویه مشبک	۴۰
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۴	تعداد شکافهای مشبک	۴×۴۴
قطر داخلی پروانه	۴۲۵	ابعاد کانال خروجی کولر	۵۱۵×۵۴۵
قطر خارجی پروانه	۴۶۵	ارتفاع کانال خروجی از کف	۴۲۰
عرض پروانه	۳۹۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۴۶۰
سطح موثر جانبی	۰/۶۸۰۸	ابعاد بیرونی کولر	۸۷۰×۸۷۰×۱۱۵۵

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۰	۵/۲	۹۸۲	۰/۸۵	۴۰۸	۲۷۷	۱۳۹۷	۹۴۱	۷۲۱۰m^3/hr ۴۲۴۱cfm	۷۸	۲۳۴۴۸	۳۰

شماره نمونه : ۳۹

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (7600 cfm) **بازده خنکی : 80**

وات مصرفی : - **جریان مصرفی : 5.3 A**

توان ورودی موتور : 1/2hp **جریان نامی موتور : 5.3 A**

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۳۰	تسمه	A - ۵۸
زاویه خروجی پروانه	مماس	قطر پولی موتور	۸۸
طول پره پروانه	۳۳	قطر پولی پروانه	۲۴۵
تعداد پره پروانه	۵۴	زاویه مشبک	۴۵
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۴	تعداد شکافهای مشبک	۳×۳۵
قطر داخلی پروانه	۳۵۵	ابعاد کانال خروجی کولر	۴۸۵×۴۸۵
قطر خارجی پروانه	۳۹۵	ارتفاع کانال خروجی از کف	۳۲۰
عرض پروانه	۳۹۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۴۲۰
سطح موثر جانبی	۰/۴۵۴۴	ابعاد بیرونی کولر	۸۷۰×۸۷۰×۱۰۲۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۱۷	۳/۸۶	۵۹۳	۰/۷	۴۰۸	۲۷۴	۱۴۳۵	۹۶۱	۵۹۱۰m³/hr ۳۵۰۰cfm	۸۲	۱۹۹۶۵	۳۰/۲

شماره نمونه : ۴۰

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (4500 cfm)　　بازده خنکی : -

وات مصرفی : -　　جریان مصرفی : -

توان ورودی موتور : -　　جریان نامی موتور : -

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۳۰	تسمه	A - ۵۸
زاویه خروجی پروانه	مماس	قطر پولی موتور	۶۳
طول پره پروانه	۳۳	قطر پولی پروانه	۲۴۴
تعداد پره پروانه	۵۲	زاویه مشبک	ندارد
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۴	تعداد شکافهای مشبک	۸×۲۳
قطر داخلی پروانه	۳۴۵	ابعاد کانال خروجی کولر	۴۸۵×۴۸۵
قطر خارجی پروانه	۳۹۰	ارتفاع کانال خروجی از کف	۳۸۰
عرض پروانه	۳۹۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۴۶۷/۵
سطح موثر جانبی	۰/۴۴۱۶	ابعاد بیرونی کولر	۸۰۰×۹۰۰×۱۰۴۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۱	۴/۱	۵۶۸	۰/۶۲	۳۹۳	۲۲۶	۱۴۵۱	۹۷۱	۵۸۴۳m³/hr ۳۴۳۲cfm	۹۳	۲۳۴۳۰	۲۹

شماره نمونه : ۴۱

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (4500 cfm)　　بازده خنکی : -

وات مصرفی : -　　جریان مصرفی : -

توان ورودی موتور : -　　جریان نامی موتور : -

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۳۰	تسمه	A - ۵۸
زاویه خروجی پروانه	مماس	قطر پولی موتور	۶۳
طول پره پروانه	۳۳	قطر پولی پروانه	۲۴۴
تعداد پره پروانه	۵۲	زاویه مشبک	ندارد
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۴	تعداد شکافهای مشبک	۸×۲۳
قطر داخلی پروانه	۳۴۵	ابعاد کانال خروجی کولر	۴۸۵×۴۸۵
قطر خارجی پروانه	۳۹۰	ارتفاع کانال خروجی از کف	۳۸۰
عرض پروانه	۳۹۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۴۶۷/۵
سطح موثر جانبی	۰/۴۴۱۶	ابعاد بیرونی کولر	۸۰۰×۹۰۰×۱۰۴۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (%)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۰	۴/۱	۵۶۳	۰/۶۲	۳۹۳	۲۲۶	۱۴۵۱	۹۷۱	۵۸۲۷m³/hr ۳۴۱۱cfm	۹۴	۲۸۷۸۰	۳۸

شماره نمونه : ۴۲

موارد مندرج بر روی پلاک مشخصات کولر توسط سازنده :

میزان هوادهی : (4500 cfm) **بازده خنکی : -**

وات مصرفی : 530 **جریان مصرفی : 4.9 A**

توان ورودی موتور : 1/3hp **جریان نامی موتور : 4.9 A**

مشخصات و اندازه های هندسی :

زاویه ورودی پروانه	۳۰	تسمه	A - ۵۸
زاویه خروجی پروانه	مماس	قطر پولی موتور	۵۸
طول پره پروانه	۳۳	قطر پولی پروانه	۲۴۳
تعداد پره پروانه	۵۷	زاویه مشبک	۵۰
قطر خارجی محور پروانه	۲۵/۴	تعداد شکافهای مشبک	۴×۳۶
قطر داخلی پروانه	۳۵۰	ابعاد کانال خروجی کولر	۴۹۰×۴۹۰
قطر خارجی پروانه	۴۰۵	ارتفاع کانال خروجی از کف	۳۲۰
عرض پروانه	۳۹۰	ارتفاع محور پروانه از کف	۴۲۰
سطح موثر جانبی	۰/۶۸۸۳	ابعاد بیرونی کولر	۸۷۰×۸۷۰×۱۰۱۰

آزمونهای عملکرد (در دور تند) :

ولت (V)	جریان (A)	توان مصرفی (W)	ضریب توان (cosφ)	دور (rpm)				هوادهی	بازده خنکی (٪)	ظرفیت سرمای محسوس (W)	نرخ مصرف آب (L/hr)
				پروانه		موتور					
				تند	کند	تند	کند				
۲۲۱	۳/۸	۶۱۱	۰/۷۳	۳۶۵	۲۴۶	۱۴۱۷	۹۵۱	۵۸۳۶m³/hr ۲۴۳۲cfm	۹۲	۲۲۰۳۰	۳۱