www.sabacool.ir

برج خنک کننده یا Cooling Tower چیست ؟

مروری بر مطالب و سر فصل ها

فصل اول : توضیحات برج خنک کننده ، تاریخچه ، کاربردها ، نحوه کارکرد

1-1- برج خنک کننده چیست و چگونه کار می کند؟ 2

1-2- تاریخچه مختری از برج خنک کننده 3

1-3 -کاربردهای برج خنک کننده 4

1-4- نحوه کار برج های خنک کننده 7

فصل دوم : اجزای اصلی برج های خنک کننده 8

فصل سوم : ملاحظات طراحی و سفارشی سازی برج خنک کننده 14

فصل چهارم : ملاحظات ایمنی و نگهداری برج خنک کننده 17

فصل پنجم : انتخاب سازنده برج خنک کننده..... 17

فصل ششم : درک مفاهیم پایه ای..... 18

فصل هفتم : محاسبات بار برودتی و میزان هدر رفت آب در برج خنک کننده..... 20

فصل هشتم: انواع برج های خنک کننده..... 24

فصل نهم : عوامل مؤثر بر عملکرد برج خنک کننده..... 35

فصل دهم: شیوه های تعمیر و نگهداری مکانیکی.....38

فصل یازدهم : تصفیه آب.....39

فصل دوازدهم : تیجه گیری.....41

1-1-برج خنک کننده چیست و چگونه کار می کند؟

برج خنک کننده ساختاری محصور است که گرما را از آب (یا سایر سیالات) مورد استفاده در کارخانه ها و فرآیندهای صنعتی حذف می کند. برج های خنک کننده طرح ها، انواع، شکل ها و اندازه های مختلفی دارند. با این حال، فرآیند اصلی کار یکسان است و بر پایه خنک کننده تبخیری است. گرمای آب از طریق فرآیند تبخیر به هوا منتقل می شود که باعث کاهش دمای آب می شود. برج خنک کننده گاهی اوقات کندانسور تبخیری یا خنک کننده سیال نامیده می شود.

سرمایش تبخیری به دمای مرطوب حباب بستگی دارد، که پایین ترین دمایی است که آب را می توان در کارخانه، فرآیند یا سیستم خنک کرد. سرعت انتقال حرارت مورد نیاز برای تبخیر آب به هوا نشان می دهد که برج خنک کننده چقدر خوب عمل می کند. دمای مرطوب هوای ورودی به برج معیار اولیه کارایی یک برج خنک کننده است.

برج‌های خنک‌کننده مبدل‌های حرارتی تخصصی هستند که گرمای آب را عمدتاً از طریق اتلاف گرمای نهان ناشی از تبخیر در هنگام تماس با جریان هوا حذف می‌کنند. جدا از خنک کننده تبخیری، آب به دلیل اختلاف دمای هوا و آب با انتقال حرارت محسوس نیز خنک می شود. برج‌های خنک‌کننده اساساً مبدل‌های حرارتی هستند، اما به جای رسانش-همرفت معمول مبدل‌های حرارتی پوسته‌ای و لوله‌ای یا صفحه‌ای، با تماس آب و هوا خنک‌کننده ایجاد می‌کنند.

1-2- تاریخچه مختصری از برج های خنک کننده

در یونان باســتان، روم و خاورمیانه، از گلدان ها و حوضــچه های آب متخلخل با مفهوم تبخیر برای رهایی از گرما استفاده می شد. با این حال، تا دهه 1800 و ظهور عصر صنعتی، دســتگاه های مکانیکی برای خنک کردن هوا از طریق تبخیر آب اختراع شــد. ثبت اختراع بریتانیا از ســال 1819 یکی از اولین مواردی بود که برای خنک کننده تبخیری برای خنک کردن مایعات به ثبت رسید. برج های خنک کننده اولیه مصادف با اختراع کندانسورهای ساخته شده برای موتورهای بخار بود که برای کار به آب خنک نیاز داشتند.

در اوایل قرن بیســتم، پتنت‌های متعددی در ایالات متحده برای اختراعات به نام‌های مختلف «جعبه‌های مرطوب، کولرهای صــحرایی، خنک‌کننده‌های قطره‌ای و ســپس خنک‌کننده‌های باتلاقی» وجود داشت. یکی از قدیمی ترین این خنک کننده های مستقیم، یک قاب چوبی پیچیده شــده با کرفس مرطوب بود که از فن هایی برای وارد کردن هوا به منطقه ای که در حال خنک شدن است استفاده می کرد. یک حق اختراع در سال 1906 یک دستگاه برج خنک کننده آب را با نازل ها، سمپاش ها و فرورفتگی ها توصیف می کند که برای "توزیع مکرر آب با یکنواختی زیاد در کل قسمت افقی برج" استفاده می شود. این فناوری با اســتفاده از واحدهای چرخشی ــ و یکپارچه موتور و فن و اختراع مواد جدید و پلاستیک، به طرح‌های مدرن تبدیل شد.

3-1-کاربردهای برج خنک کننده

در هر کارخانه صنعتی، گرما از تجهیزات مورد استفاده در فرآیندهای مختلف تولید می شود. نیاز به حذف گرمای نامطلوب یک اتفاق رایج در فرآیندهای تولید صنعتی است. همین امر در مورد ساختمان های تجاری و مسکونی نیز صادق است، جایی که خنک کننده راحت، ذخیره سازی سرمایشی و حفظ تجهیزات مورد نیاز است. اگر حرارت تولید شده نامطلوب حذف یا دفع نشود، ماشین آلات، تجهیزات و سیستم های تهویه مطبوع به درستی کار نمی کنند.

برج های خنک کننده به دلیل کارایی بالا، یک سیستم دفع گرما پرکاربرد هستند. اندازه برج های خنک کننده بسته به کاربرد متفاوت است. از واحدهای چیلر کوچک برای سرمایش منازل، تا واحدهای چیلر بزرگ برای صنایع مختلف (چیلرهای آب خنک) استفاده میشوند. در زیر برخی از کاربردهای برج خنک کننده آورده شده است.:

تهویه مطبوع (HVAC)

HVAC برای سرمایش راحت مناطق مسکونی و تجاری استفاده می شود. گرمای تولید شده از افراد، تجهیزات (کامپیوتر، سرورها و غیره)، روشنایی، تشعشعات خورشیدی و هوای محیط بیرون توسط سیستم خنک کننده (چیلر آب خنک) جذب شده و به برج خنک کننده دفع می شود.

تبرید

این برای ذخیره سازی سرما در صنایع غذایی و آشامیدنی، داروسازی، تولید هوا و گاز و غیره است. این شبیه به سیستم HVAC است که در آن یک واحد سردخانه (کاندسینگ یونیت آب خنک) گرما را از یک فضای بسته جذب می کند و آن گرما را به برج خنک کننده دفع می کند.

نیروگاه های تولید برق

نیروگاه های تولید برق از بخار به عنوان سیال کار استفاده می کنند. برای تولید برق، آب توسط زغال سنگ، گاز طبیعی یا حتی تشعشعات هسته ای به بخار تبدیل می شود. سپس این گرما به انرژی مکانیکی تبدیل می شود. با این حال، مقداری از این گرما را نمی توان به انرژی تبدیل کرد و برای تکمیل چرخه بخار باید حذف شود. اینجاست که برج های خنک کننده وارد عمل می شوند.

کارخانه های صنعتی : صنایع سنگین (نفت و گاز، پتروشیمی و ...)

این شبیه به یک نیروگاه است. کندانسورها، مبدل های حرارتی و ژاکت های خنک کننده همگی گرما را از فرآیندها جذب می کنند. سپس این گرما توسط آب منتقل می شود تا از طریق برج خنک کننده دفع شود.

کارخانه های صنعتی : صنایع سبک

صنایع خودروسازی و شرکت های تابعه ، صنایع غذایی و دارویی ، صنایع آرایشی و بهداشتی. ، صنایع سیم و کابل ، و صنایع دیگر .کندانسورها، مبدل های حرارتی و ژاکت های خنک کننده همگی گرما را از فرآیندها جذب می کنند. سپس این گرما توسط آب منتقل می شود تا از طریق برج خنک کننده دفع شود.

اتلاف گرما یک فرآیند رایج و اغلب ضروری در هر کارخانه صـــنعتی اســـت. برج‌ها برای خنک کردن آب فرآیندهای بازیافتی صـــنعتی تقریباً در تمام صـــنایع ســـنگین از جمله در کارخانه‌های فولاد، تولید مواد غذایی و آشامیدنی، پالایش نفت و گاز، کارخانه‌های خمیر و کاغذ، فرآوری شـیمیایی و کارخانه‌های سـیمان اسـتفاده می‌شـوند. آنها همچنین آب خنک شـده را برای نیروگاه هایی که گرمای اضـافی تولید می کنند در طول تولید الکتریسـیته فراهم می کنند، بنابراین یک منبع ثابت مایع برای ســـیســـتم های تبادل حرارت آنها فراهم می کنند. در نیروگاه‌ها، برج‌های خنک‌کننده طراحی شده با دودکش، گرمای اضافی را به‌عنوان یک ســتون بخار آب آزاد می‌کنند که شــامل بخار متراکم شــده اســت که در جو منتشر می‌شود.

به عنوان بخشی از سیستم‌های بزرگ تجاری، پزشکی و صنعتی) HVACگرمایش، تهویه و تهویه مطبوع)، برج‌های خنک‌کننده استانداردی در ساخت‌وسازهای جدید ساختمان‌های اداری، فرودگاه‌ها، مراکز همایش، بیمارســـتان‌ها، ســـاختمان‌های بلند، هتل‌ها و تولید هســـتند. امکانات برج های خنک کننده تهویه مطبوع بر ســـطح راحتی و در نتیجه بر ســـلامت و بهره وری افراد داخل ســـاختمان تاثیر می گذارند. از آنجایی که آنها ســـازه های بزرگی هستند (بزرگتر از واحدهای HVAC معمولی) و به فضای زیادی نیاز دارند، در خارج از پشت بام یا در مکان های دور از مسیر در محوطه ساختمان قرار دارند.

1-4- نحوه کار برج های خنک کننده

در یک برج خنک‌کننده تبخیری، آب گرم از بالای برج پمپ می‌شـود یا اسـپری می‌شـود، جایی که با هوای خنک‌کننده داخل برج (که هوای تازه‌ای اسـت که از جو خارج می‌شـود) برخورد می‌کند. هوا آب را وادار به تبخیر می کند و تبخیر گرما را از آب خارج می کند. هنگامی که آب به دمای پایین تری می رسد، آب خنک شده از پایه خارج شده و به ماشین آلات یا فرآیند بازگردانده یا بازیافت می شود. آب دوباره گرما را از فرآیند صنعتی یا ماشینی جمع آوری می کند و به بالای برج خنک کننده چرخش می یابد.

اگرچه ایده این است که آب را دوباره به گردش درآوریم تا بتوان دوباره از آن استفاده کرد، اما در این فرآیند به دلیل تبخیر، دمیدن (حذف آب با محتوای جامد یا رسـوب محلول)، رانش و حتی نشـت در سـیسـتم، آب از دسـت می‌رود. برای جبران این تلفات و بهبود راندمان مصرف آب، "آب جبرانی" در حین کار اضافه می شود.

فصل دوم : اجزای اصلی برج های خنک کننده

قطعات برج خنک کننده ممکن است بیشتر به ساختاری، مکانیکی و الکتریکی تقسیم شوند. اجزای سازه تجهیزات ثابتی مانند حوضچه، چارچوب برج، عرشه فن، پوشش و لوورها هستند. از طرف دیگر، قطعات مکانیکی تجهیزات دوار هستند: فن ها، میل های محرک و کاهنده سرعت. قطعات الکتریکی از موتورها و کنترل آنها تشکیل شده است.

پکینگهای انتقال حرارت Fill Material

این جزء حرارتی منطقه اصـــلی در دســـترس برای انتقال گرما از آب گرم به هوای خنک اسـت. پر کردن معمولاً به صـورت لانه زنبوری یا راه راه اسـت که سـطح آب را به حداکثر می رساند. معمولا از) PVCپلی وینیل کلرید)،) PPپلی پروپیلن) یا فولاد ضد زنگ ساخته می شود.

گاهی اوقات به عنوان عرشه یا سطح مرطوب نامیده می شود، این سطح برج خنک کننده را افزایش می دهد تا سـطح تماس بهینه و زمان تماس بین هوا و آب را فراهم کند، در حالی که حداقل محدودیت را برای جریان هوا ایجاد می کند.

بسته بندی دخمه پرپیچ و خم که رابط هوا و آب بسیار گسترش یافته است. این اجازه می دهد تا گرم شدن هوا و تبخیر رخ دهد. پرکننده فیلم شامل چندین سطح عمودی و مرطوب است که پوشش نازکی از آب روی آنها پخش می‌شود، در حالی که پرکننده اسپلش از سطوح زیادی از عناصر پاشش افقی تشکیل شده است که آبشاری از قطرات ریز را ایجاد می‌کند و سطح ترکیبی بزرگی دارد.

عرشه توزیع آب (یا عرشه مرطوب) Water Distribution Deck (or Wet Deck)

سیستم توزیع (Distribution system)

سیستم توزیع به نوع برج خنک کننده با توجه به جریان هوا به آب بستگی دارد. برج های خنک کننده با جریان متقاطع از یک سیستم توزیع جریان گرانشی استفاده می کنند که در آن آب در ارتفاعی بالاتر از پرکننده توزیع می شـــود. برای برج های خنک کننده جریان مخالف، از سیستم های اسپری آب تحت فشار استفاده می شود.

این جزء معمولاً مجموعه ای از نازل ها اسـت که به طور یکنواخت آب را اسـپری می کند تا پکینگ های انتقال حرارت در هنگام خنک شـدن خیس شـوند. این انتقال حرارت را به حداکثر می رساند.

ورودی و خروجی هوا Air Inlet and Air Outlet

اینها نقاطی هســتند که هوای خنک وارد و هوای گرم از برج خارج می شـــود. ورودی هوا ممکن است در یک طرف برج باشد (در طرح با جریان متقاطع) یا ممکن است در نزدیکی پایین (در طرح با جریان مخالف) قرار گیرد.

لوورهای ورودی Intake Louvers

اینها جریان هوا را به درون برج یکسان می کنند و آب را در داخل برج نگه می دارند

لوورهای ورودی هوا بخشی ــ از برج خنک کننده هســتند که به عنوان یک بلوک برای پاشش آب، سر و صدا و زباله عمل می کنند. آنها بخشی مشترک از برج های خنک کننده با جریان متقاطع هســتند و در بالای حوض آب سرد، در پایین پانل که در آن پر شـــده است، قرار دارند و کاملاً در اطراف برج قرار می گیرند.

حذف کننده های رانش Drift Eliminators

اینها در کنار پرکننده قرار می گیرند تا قطرات آب را در جریان هوا جذب کنند که در غیر این صورت به عنوان بخار در محیط از بین می رود.

مکانیزمی در یک برج خنک‌کننده که از خروج رانش از برج جلوگیری می‌کند و در عین حال اجازه می‌دهد هوای تخلیه‌شده از طریق حذف کننده به جو آزاد شود.

حذف کننده های رانش با ایجاد تغییرات ناگهانی در مسیر جریان هوا از خروج قطرات آب جلوگیری می کند. با عبور جریان هوا، قطرات بزرگ آب به دیواره های حذف کننده رانش برخورد می کند و باعث می شود که آب به داخل برج خنک کننده برگردد.

حوضه آب خنک Cool Water Basin (Collection basin)

این در پایین برج زیر پکینگ ها قرار دارد. آب خنک شـــده را از برج جمع آوری می کند و همچنین ممکن است به عنوان پایه سازه اصلی عمل کند.

هدف اصلی حوضه جمع آوری آب در حال سقوط است که در اثر رانش تبخیر نشده یا از بین نمی رود. معمولاً حوضچه به عنوان پایه برج خنک کننده نیز عمل می کند. اینجاست که محلول های شیمیایی (روش های شیمیایی حذف سختی آب) برای آب در گردش اضافه می شود.

اجزای مکانیکی و ابزار دقیق Mechanical Components and Instrumentation

فن ها، پمپ ها و مکانیسم های محرک موتور (مانند گیربکس، میل محرک) هوا را حرکت داده و جریان هوای مورد نظر را ارائه می دهند. سـنسـورها، کانکتورهای حسـگر و کابل‌ها ممکن است برای تشخیص لرزش، چرخ دنده‌های فرکانس بالا و خطاهای بلبرینگ نصب شـوند. ابزار دقیق برای اندازه گیری دمای آب سرد و گرم و اندازه گیری جریان آب جبرانی و سرعت دمیدن نیز مورد نیاز اســـت. همه این اجزا بر بهره وری انرژی و میزان نگهداری مورد نیاز تاثیر می گذارند.

پوشش یا پوسته Casing or Shell Tower structure frame

این محفظه اســـت که می تواند از چوب، آلومینیوم، فولاد گالوانیزه گرم، سرامیک یا پلاستیک تقویت شده (به عنوان مثال، مواد الیاف شیشه برای تقویت پلاستیک یا سایر رزین ها) ساخته شود. محفظه حاوی آب است که از طریق برج خنک به گردش در می آید و پشتیبانی ساختاری برای سیستم فن برج و سایر اجزای داخلی فراهم می کند. سازه ممکن است نیاز به مقاومت در برابر لرزش، بار بالای باد و خوردگی داشته باشد.

وظیفه بدنه تامین حوزینگ و انتقال بار به قاب برج است. همچنین ایجاد فضا در داخل برج خنک کننده جهت جمع آوری آب است.

چارچوب برج کل برج خنک کننده را پشتیبانی می کند و تمام بارها را به فونداسیون منتقل می کند. مصالح رایج مورد استفاده برای قاب بتن و چوب است. اغلب از فایبرگلاس و فولاد ضد زنگ استفاده می شود.

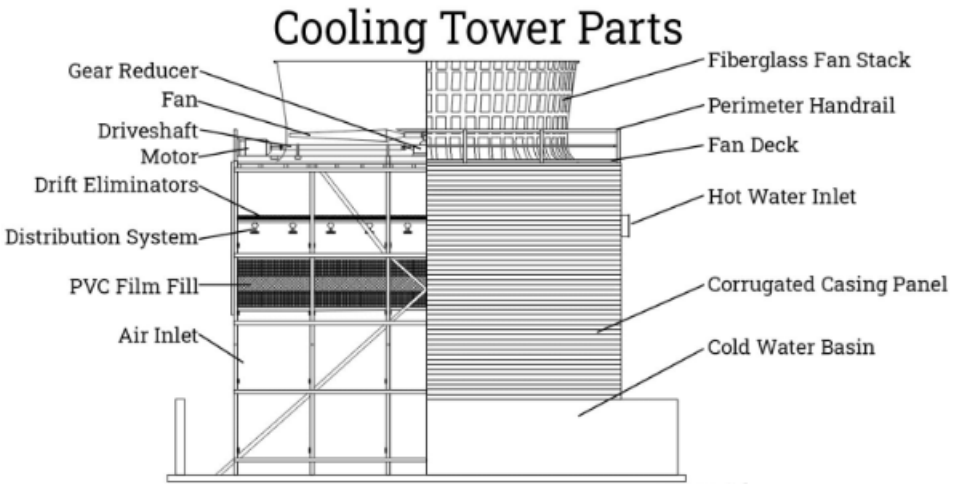
شیرها (Valves)

شیرهایی برای کنترل سطح آب در داخل برج خنک کننده مورد نیاز است. شیرهای مورد استفاده در برج های خنک کننده عبارتند از دریچه های ایزوله، شیرهای کنترل جریان ، شیر تخلیه و شیرهای تنظیم کننده آب جبرانی برج

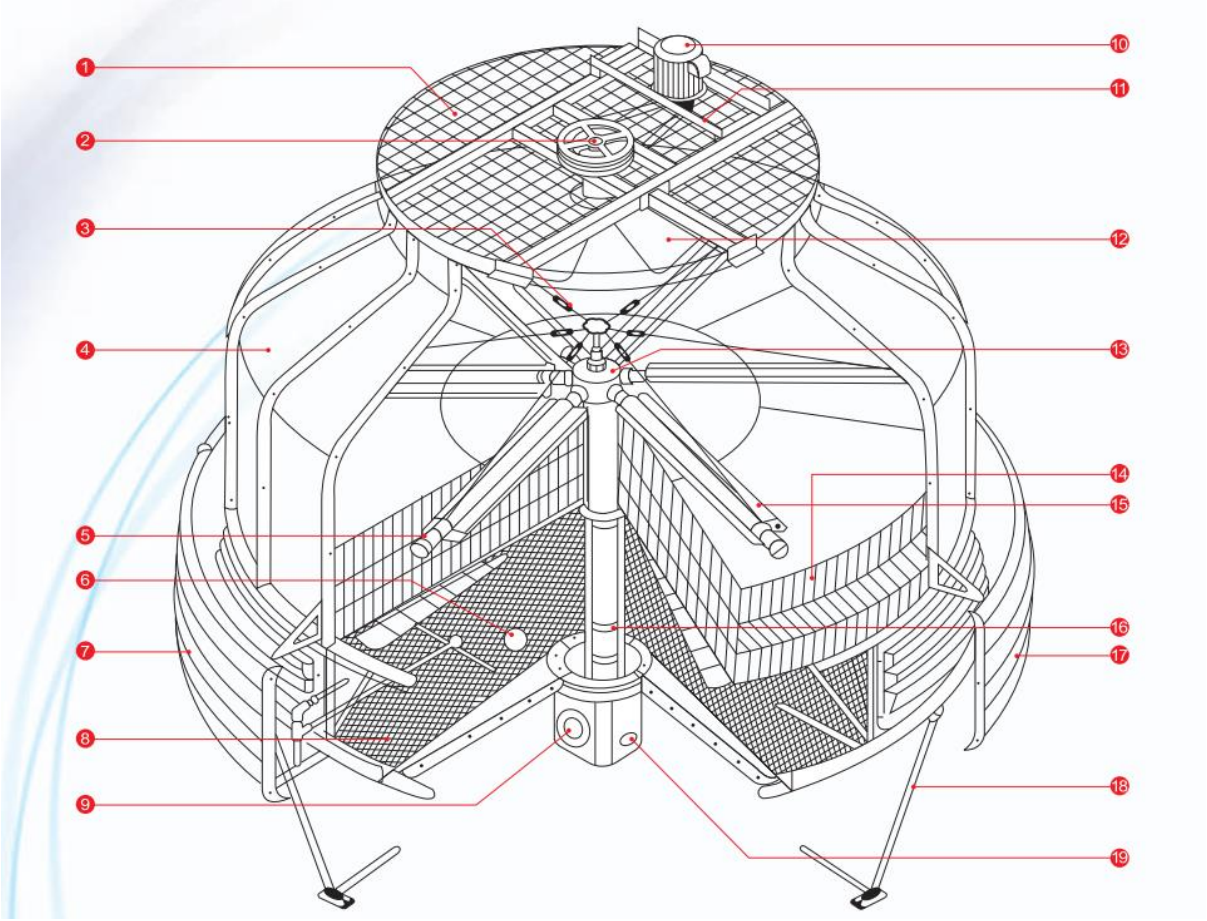
شیرهای جداسازی برای تنظیم جریان از یک برج چند طبقه یا برای جداسازی سلول برج خنک کننده برای آماده به کار یا نگهداری استفاده می شود.

دریچه‌های کنترل جریان برای یکسان کردن جریان از حوضه‌های توزیع مختلف یا سطوح آب در سلول‌های یک برج خنک‌کننده چند سلولی استفاده می‌شوند.

دریچه های تنظیم کننده آب جبرانی برای اضافه کردن خودکار آب به برج خنک کننده استفاده می شود زیرا مقداری از آن در اثر تبخیر، رانش و بیرون ریزی از بین می رود.



www.sabacool.ir



1. Safety guide
2. Speed reducer
3. Turn bucklet
4. Body
5. Sprinkler pipe
6. Float valve
7. Center silencer(option)
8. Cold water basin
9. Inlet pipe
10. Motor
11. Motor support
12. Fan
13. Sprinkler
14. Filler
15. Eliminator
16. Center pipe
17. Louver
18. Leg
19. Drain

فصل سوم : ملاحظات طراحی و سفارشی سازی برج خنک کننده

برج‌های خنک‌کننده بر اســـاس نحوه جریان هوا در داخل برج، هم جهت جریان هوا (جریان مخالف یا متقاطع) و هم از نظر نوع کشـــش (مکانیکی یا طبیعی) دســـته‌بندی می‌شـوند. تجهیزات همچنین به شـکل گرد یا بطری، مسـتطیل شـکل یا هایپربولوئید (یک ویژگی شـناسـایی نیروگاه ها) تولید می شـوند. هر طرحی مزایا و معایب خود را دارد. انتخاب نهایی طراحی توسـط عوامل بسـیاری از جمله نیازهای کاربر و کاربرد، اقتصاد و حتی مکان و میانگین شرایط آب و هوایی که در آن برج ســـاخته شـــده اســـت تعیین می شـــود. بازده سرمایش تبخیری تحت تأثیر دمای بیرون، رطوبت نسبی و سرعت باد است.

برج های کششی طبیعی از طرح دودکش استفاده می کنند و بر تفاوت فشار و دمای هوای بیرون (خنک) و هوای داخل برج تکیه دارند. دودکش بلندی که هوا در آن بالا می‌رود، بدون نیاز به فن برجی، جریان بالا را فراهم می‌کند. برج های کشـــشی_ طبیعی برای مناطق باز مناسـب هسـتند زیرا عملکرد به جهت و سرعت باد بسـتگی دارد. این طرح به ندرت در برج های خنک کننده HVAC اسـتفاده می شـود. برج‌های طراحی شـده با هیپربولوئید در نیروگاه‌های هسته‌ای و نیروگاه‌های بزرگ زغال‌سنگ، طرح‌هایی طبیعی هستند که نیازهای ظرفیت آب زیادی را برآورده می‌کنند.

برج‌های طرح مکانیکی از فن‌های برقی برای عبور هوا از ســـازه اســـتفاده می‌کنند و ممکن است از طرح‌های جریان متقاطع (که در آن هوا عمود بر جریان آب جریان دارد) یا جریان مخالف (که در آن هوا مخالف جریان آب جریان دارد) استفاده کنند. برج‌های ضد جریان ممکن است با ردپای کوچک‌تری ساخته شوند، زیرا نسبت به برج‌های جریان متقاطع که هوا به صورت افقی در آنها جریان دارد فشرده‌تر هستند.

برج های کششی. مکانیکی به دلیل اجزای مکانیکی مورد نیاز برای گردش هوا در برج، ممکن است هزینه بیشتری برای کار کردن داشته باشند. با این حال، مکان یابی آنها در ساختمان یا نزدیک ساختمان آسان تر است، بنابراین در برنامه های HVAC و تبرید استفاده می شود.

شکل گرد یا مدور یک طرح محبوب برای برج های خنک کننده در فرآیندهای صنعتی است زیرا حداکثر فضای خنک کننده و حداقل مساحت را فراهم می کند. این برج ها در ظرفیت های زیادی در دسترس هستند و می توان آنها را در کارخانه ساخت یا در محل نصب کرد. برج های خنک کننده مستطیلی شکل در کارخانه های تهویه مطبوع رایج هستند.

ملاحظات طراحی تعریف شـده توسـط کاربر نیز وجود دارد، مانند ایمنی، کاهش نویز، مقاومت در برابر فرسایش و مقاومت شیمیایی.

در اینجا چند نمونه از برج هایی که با ملاحظات تعریف شده توسط کاربر طراحی شده اند آورده شده است:

برج های ساخته شده از چوب به دلیل محیط خنک کننده مرطوب دائمی، مستعد آتش سـوزی و پوسـیدگی هسـتند. چوب های شـیمیایی شـده در حال از بین رفتن هسـتند زیرا خطرات زیست محیطی و بهداشتی خاصی دارند.

برج های سـاخته شـده از پلی اسـتر تقویت شـده با الیاف (فایبر گلاس) و فولاد گالوانیزه گرم از نظر سـاختاری سـفت و سـخت هسـتند و می توانند در برابر پوسـیدگی و زنگ زدگی مقاومت کنند و سال ها کارکرد را تحمل کنند. با این حال، فولاد پیش ساخته برای حمل و نقل سـنگین و گران اسـت و به کارگران بسـیار ماهر نیاز دارد. از طرف دیگر، پلاسـتیک استحکام بالایی دارد اما سبک وزن است و سفارشی سازی و حمل و نقل آسان تر از فولاد است.

برج های خنک کننده می توانند پر سر و صـدا باشـند. در جوامع یا سـاختمان‌ها (مثلاً مدارس، بیمارسـتان‌ها) که سر و صـدا ممکن اسـت نگرانی خاصی باشـد، ممکن اسـت یک برج خنک‌کننده نیاز به مهندسی صوتی داشته باشد.

فصل چهارم : ملاحظات ایمنی و نگهداری برج خنک کننده

محیط های گرم و مرطوب بستر مناسبی برای میکروارگانیسم ها و بیوفیلم ها هستند که می توانند باعث مشکلات عملیاتی و مکانیکی تجهیزات خنک کننده و همچنین مشکلات سلامتی انسان شوند. برج‌های خنک‌کننده و کندانسورهای تبخیری که از فن‌ها برای حرکت هوا در یک سیستم آب چرخشی استفاده می‌کنند و مقادیر زیادی بخار آب را وارد محیط می‌کنند، نیاز به نگهداری و تمیز کردن مکرر، افزودن بیوسیدها، و بازرسی برای جلوگیری از رشد باکتری‌های مضر لژیونلا (مرتبط با ذات‌الریه) دارند. مانند بیماری لژیونرها)، تست تضمین کیفیت آب منبع آب تشکیل دهنده (به عنوان مثال، آب های زیرزمینی یا سطحی) یکی دیگر از ملاحظات برای عملکرد ایمن یک برج خنک کننده است.

فصل پنجم : انتخاب سازنده برج خنک کننده

بسیاری از شرکت ها تجهیزات برج خنک کننده را تولید یا می فروشند. بیشتر شرکت های کوچک هستند. ممکن است کمتر از یک دوجین تولید کننده بزرگ و جهانی وجود داشته باشد. شرکت ها بر اساس ویژگی های کلیدی محصولات خود با یکدیگر رقابت می کنند. برای یک برج خنک‌کننده، این ویژگی‌های کلیدی عبارتند از خواص سایکرومتری، بازده انرژی و هزینه (شامل هزینه‌های طول عمر/نگهداری).

بین تولید کننده خوب و سازنده مناسب تفاوت وجود دارد. سازنده مناسب با نیازهای مشتری مطابقت دارد. برای انتخاب یک سازنده، مشتریان باید بدانند که آیا سازنده برج های خنک کننده خود را به عنوان تجهیزات کاملاً مهندسی شده ای که شرکت می فروشد ارائه می دهد یا اینکه با OEM های شریک (سازندگان تجهیزات اصلی) کار می کند. ارزیابی کنید که آیا شرکت می‌تواند محصولات جایگزین یا قطعات یدکی را مستقیماً به مشتریان و امکانات آنها عرضه کند و آیا خدمات نگهداری و تضمین کیفیت خوب (ضمانت‌های محصول و/یا قطعات) و مجموعه‌ای از اجزای مکانیکی قابل اعتماد را ارائه می‌دهد یا خیر.

هنگامی که تجهیزات برج خنک کننده به درستی طراحی و نگهداری می شود، باید بتواند تقریباً 20 سال دوام بیاورد و آب را به یک کارخانه، فرآیند یا سیستم در دمای آب و سرعت جریان مشخصی ارائه کند و کل فرآیند خنک کننده را به طور بهینه و انرژی کارآمد نگه دارد.

فصل ششم : درک مفاهیم پایه ای

برای درک بهتر موضـوعات بعدی، در اینجا چند اصـطلاح اسـاسی در مورد برج های خنک کننده آورده شده است.:

محدوده خنک کننده (Cooling range)

محدوده Range - اختلاف دما بین آب ورودی و آب خروجی است.

جبرانی (Make up)

مقدار آب تازه ای که باید برای جایگزینی همان مقدار آبی که تبخیر شده است به سیستم آبرسانی شود.

رانش Drift

قطرات آب همراه با هوای خروجی از یک برج خنک کننده خارج می شود. رانش باید کنترل شود زیرا بر خلاف بخار آب حذف شده از برج، رانش اغلب حاوی مواد شیمیایی، زباله و سایر ناخالصی ها است که ممکن است بر محیط زیست تأثیر منفی بگذارد.

ستون (Plume)

مخلوط خروجی هوای گرم و بخار آب که از یک برج خنک کننده خارج می شود.

رویکرد (Approach)

تفاوت بین دمای آب خروجی از برج و دمای حباب مرطوب هوای ورودی.

دور ریز Blowdown

آبی که به طور عمدی از سیستم خارج می شود تا قسمت هایی از جامدات انباشته شده در اثر تبخیر مداوم آب و لجن ناشی از ناخالصی ها و رشد باکتری ها حذف شود.

غلظت ناخالصی ها با تبخیر آب در طی فرآیند خنک سازی افزایش می یابد.

روان سنج Psychrometer

مکانیزم مورد استفاده در سیستم برج خنک کننده برای اندازه گیری دمای وت بالب مرطوب سیستم

بار خنک کننده (Cooling load)

مقدار گرمایی که از آب خارج می شود.

دمای مرطوب Wet Bulb Temperature (WBT)

دمای داخل برج خنک کننده که در آن هوا با بخار آب اشباع می شود و از بروز بیشتر تبخیر آب جلوگیری می کند.

دمای هوای محیط در رطوبت نسبی 100٪. این توسط یک روان‌سنج (سایکرومتر) اندازه‌گیری می‌شود که در آن لایه نازکی از رطوبت، حباب دماسنج را می‌پوشاند که سپس در معرض هوای جاری قرار می‌گیرد. اندازه گیری حاصل معمولاً در مقایسه با اندازه گیری دماسنج معمولی بسته به رطوبت نسبی خنک تر است.

فصل هفتم : محاسبات بار برودتی و میزان هدر رفت آب در برج خنک کننده

محاسبه ظرفیت برودتی مورد نیاز برای برج خنک کننده:

ظرفیت حرارتی و یا بار برودتی یک برج خنک کننده را می توان با اندازه گیری دبی آب و محدوده از معادله زیر محاسبه کرد:

Heat load (KW) = flow rate (L/S) ×Cp (Kj/Kg^{o}C)× Range (^{o}C)

Heat Load (BTU/Hr) = GPM X 500 X Range (T1 – T2) °F

Heat load (kw) Or BTU /H = بار برودتی به کیلو وات یا بی تی یو بر ساعت

Flow rate (l/s)Or GPM = دبی آب در گردش به لیتر بر ثانیه یا گالن بر دقیقه

Cp (kj/kg.°C)= گرمای ویژه آب به کیلو ژول بر کیلوگرم درجه سانتیگراد

Range (°C) Or °F= اختلاف دمای آب ورودی به برج و آب خروجی از برج به سانتیگراد یا فارنهایت

نکته : برای محاسبه بار برودتی برج خنک کننده چیلر آب خنک ، به ازای هر تن تبرید واقعی چیلر 3GPM (3 گالن بر دقیقه) دبی در نظر میگیرند.

در محاسبات برج خنک کننده ، هر تن تبرید 15.000 بی تی یو بر ساعت میباشد.

محاسبه میزان هدر رفت آب در برج خنک کننده:

تلفات آب به ویژه در مناطق خشک بسیار مهم است. 4 عامل باعث هدر رفت و یا تلفات آب در برج های خنک کننده میباشند :

1. تبخیرEvaporatino

میزان تبخیر را می توان از رابطه زیر تخمین زد:

$$E = \frac{C \times (Ti - To) \times Cp}{\lambda}$$

C = Circulating water in m^3/hr

λ= Latent heat of vaporization of water = 540 kcal/kg (or) 2260 kJ / kg

Ti – To = water temperature difference from tower top to tower bottom in °C (cooling tower inlet hot water and outlet cold water temperature difference)

Cp = specific heat of water = 1 kcal/kg / °C (or) 4.184 kJ / kg / °C

Alternatively to find the **evaporation loss** by the following formula *(Reference: Perry's Chemical Engineers Hand Book)*

Evaporation loss in m^3/hr = 0.00085 x 1.8 x circulation rate in m^3/hr x (Ti-To) in ^oC

(*Hint: Theoretically the evaporation quantity for every 1,000,000 kCal heat rejected to evaporate 1.8 m^3 of water*)

Evaporation loss (m3 /hr) = 0.00085 x 1.8 x circulation rate (m3 /hr) x (T1-T2)

T1 - T2 = temperature difference between inlet and outlet water

Evaporation loss (m3 /hr) = مقدار تبخیر آب به متر مکعب بر ساعت

Circulation rate (m3/hr)= دبی آب در گردش به متر مکعب بر ساعت

temperature difference between inlet and outlet water= اختلاف دمای آب ورودی و خروجی

از نظر تئوری ، مقدار تبخیر به ازای هر 1.000.000 کیلو کالری گرمای دفع شده مقدار 1.8 متر مکعب میباشد.

2. رانشDrif

Drift losses may be assumed to be:

D = **0.3 to 1.0** percent of Circulating water (C) for a natural draft cooling tower
D = **0.1 to 0.3** percent of Circulating water (C) for an induced draft cooling tower
D = **about 0.01** percent or less of Circulating water (C) if the cooling tower has windage drift eliminators

حداکثر تلفات رانش را می توان از معادله زیر بصورت تخمینی محاسبه کرد:

$D=0.002\times F$

D=Drift rate (gpm)

F= water flow rate (gpm)

3.بیرون کشیدن (تخلیه) Blow down

تلفات بلو دان را میتوان از معادله زیر محاسبه کرد:

$BD=E/(COC-1)$

BD=Blow down rate (gpm)

E=Evaporation rate ,(gpm)

Cycle of Concentration (COC)

سیکل غلظت یک عدد بدون بعد است. نسبت بین پارامتر آب برج و پارامتر آب جبرانی میباشد. این عدد بین 3 الی 7 متغییر است.در برخی از نیروگاههای بزرگ این عدد میتواند خیلی بزرگتر هم باشد.

Cycles of concentration (COC) = Silica in Cooling Water / Silica in Makeup Water

نسبت سیلیس آب برج خنک کننده به سیلیس آب جبرانی

Cycles of concentration (COC) = Ca Hardness in Cooling Water/ Ca Hardness in Makeup water

نسبت سختی کلسیم در آب برج خنک کننده به سختی کلسیم آب جبرانی

Cycles of concentration (COC) = Conductivity of Cooling Water / Conductivity of Makeup water

نسبت رسانایی آب برج خنک کننده به رسانایی آب جبرانی

Cycles of concentration (COC) = Concentration of chlorides in circulating water /Concentration of chlorides in make-up water

نسبت غلظت کلریدها در آب در گردش به غلظت آب جبرانی برج

Water make-up (M) = Total water losses = Drift Losses (D) + Evaporation Losses (E) + Blow down Losses (B)

M = D + E + B

M = Make up water Requirement in m^3/hr

D = Drift Loss in m^3/hr

E = Evaporation Loss in m^3/hr

B = Blow Down in m^3/hr

4. نشتی خط لوله و شیرآلات

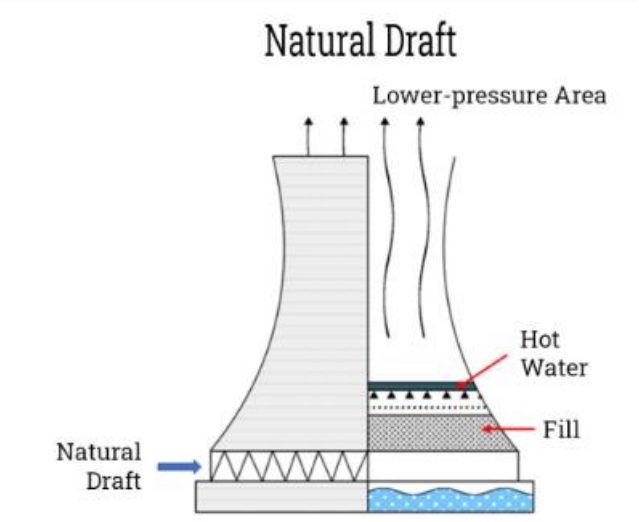
قسمتی از هدر رفت آب برج های خنک کننده بعلت نشتی ایجاد شده در خطوط و شیرآلات (عدم نگهداری درست) اتفاق می افتد.

فصل هشتم: انواع برج های خنک کننده

برج های خنک کننده به طور کلی به شرح زیر طبقه بندی می شوند:

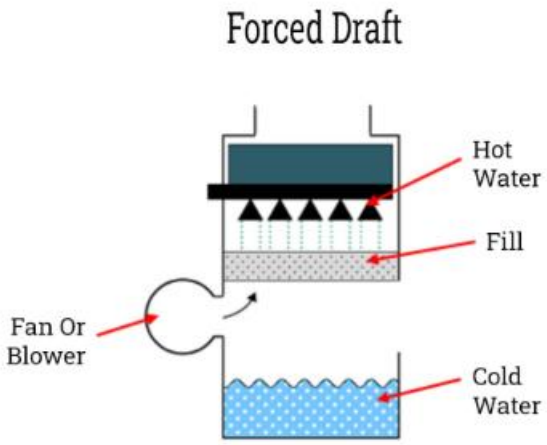
تولید جریان هوا برج های خنک کننده در نحوه ورود جریان هوا به سیستم متفاوت هستند. این ممکن است با طرح طبیعی، مکانیکی یا ترکیبی باشد. برج های خنک کننده طرح مکانیکی به دو دسته کشش اجباری و کشش القایی تقسیم می شوند.

طرح طبیعی.: برج های خنک کننده طبیعی از هیچ درایور یا فن مکانیکی برای ایجاد جریان هوا در برج خنک کننده استفاده نمی کنند. این برج خنک کننده از تفاوت چگالی هوای محیط در زیر و بالای برج بهره می برد. جریان هوا زمانی ایجاد می‌شود که هوای متراکم‌تر در پایین برج به ناحیه فشار پایین‌تری بالای برج می‌رود. این برج ها ارزان هستند اما فقط در فضای باز قابل نصب هستند. همچنین این برج ها از قابلیت اطمینان کمتری برخوردارند زیرا بیشتر تحت تأثیر باد و تغییرات دمایی محیط قرار می گیرند.

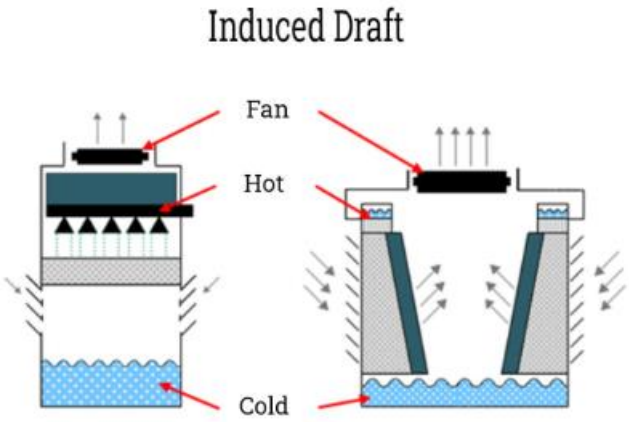


طرح مکانیکی : این برج ها از فن های تک یا چندگانه برای ایجاد جریان هوا در برج استفاده می کنند. برج های خنک کننده طرح مکانیکی نسبت به برج های کششی طبیعی قابل اعتمادتر و پایدارتر هستند زیرا جریان هوا را می توان با توجه به بار خنک کننده مورد نیاز دستکاری کرد. برج های خنک کننده طرح مکانیکی را می توان بیشتر به عنوان کشش اجباری یا القایی طبقه بندی کرد.

طرح اجباری: همانطور که از نام آن پیداست، این نوع برج خنک کننده از فن یا دمنده استفاده می کند تا هوا را وارد برج خنک کننده کند. جریان هوا از سرعت ورودی بالایی برخوردار است زیرا توسط دمنده فشار وارد می شود. با عبور از برج، جریان هوا کند می شود. بنابراین، عملکرد در مقایسه با برج های کششی القایی به دلیل گردش مجدد، پایداری کمتری دارد. برج های خنک کننده با کشش اجباری در کاربردهای داخلی استفاده می شود که فشار استاتیکی بالا یک نگرانی است.



طرح القایی.: اینها فن های خود را در بالا قرار دارند که هوا را از دریچه های ورودی هوا در پایین یا طرفین برج می کشند (یا القا می کنند). برخلاف برج های خنک کننده با کشش اجباری، این چیدمان دارای سرعت ورودی کم و خروجی بالایی است که منجر به کاهش گردش مجدد می شود. این نوع برج های خنک کننده به طور گسترده در کارخانه های صنعتی که نیاز به عملکرد پایدار دارند استفاده می شود.



طرح هیبریدی: عملکرد آن مانند برج‌های طرح طبیعی است، اما مجهز به فن‌هایی برای افزایش جریان هوا است. از این رو، آنها را به عنوان برج های خنک کننده طبیعی با طرح به کمک فن نیز می گویند. فن های این مجموعه در مقایسه با فن های طرح اجباری و القایی قدرت اسب بخار کمتری دارند. به دلیل پیش نویس اضافی، نیازی به ساخت یک برج بلند که ممکن است از نظر اقتصادی برای یک کاربرد معین غیر عملی باشد، وجود ندارد.

HYBRID DRAFT COOLING TOWER

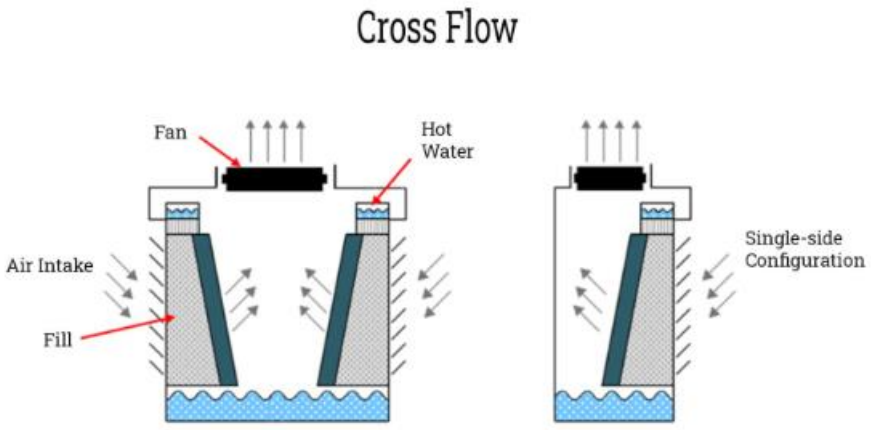
طبقه بندی برج های خنک کننده بر مبنای جریان هوا به آب:

این طبقه بندی برج های خنک کننده را به برج های خنک کننده جریان متقاطع و برج خنک کننده جریان مخالف تقسیم می کند. تفاوت آنها در نحوه تماس آب با جریان هوا است.

برج های خنک کننده با جریان متقاطعCross Flow Cooling Towers

شامل جریان های هوا و آب عمود بر هم باشد. جریان هوا افقی است و آب به صورت عمودی به سمت پایین جریان دارد.

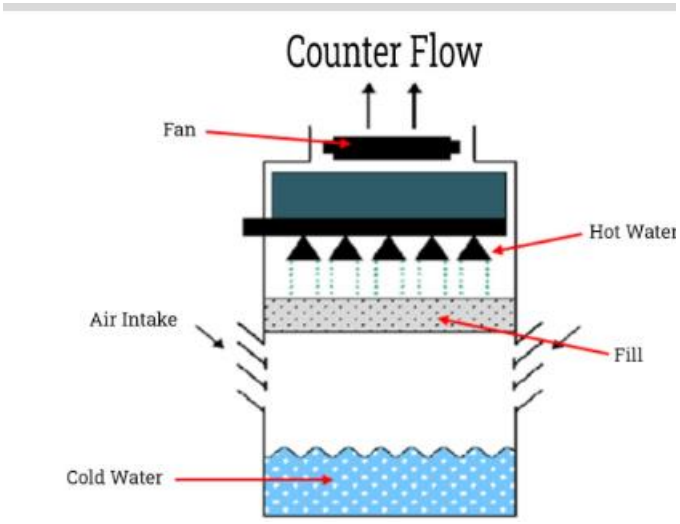
در پیکربندی جریان متقاطع، هوا به صورت افقی از میان پرکننده ها در سراسر سقوط رو به پایین آب جریان می یابد. یک حوضه توزیع ، آب گرم را توزیع می کند تا به طور مساوی از طریق نازل ها یا روزنه ها به داخل پرکننده برود. عمل گرانش نیاز به سیستم اسپری تحت فشار را از بین می برد. تعمیر و نگهداری برای برج های خنک کننده با جریان متقاطع آسان تر است زیرا سیستم توزیع را می توان به صورت جداگانه تقسیم بندی و سرویس کرد و زمان خرابی را حذف کرد.



برج های خنک کننده جریان مخالف Counterflow Cooling Towers

شامل جریان های مخالف هوا و آب باشد. جریان هوا به سمت بالا حرکت می کند و جریان آب به سمت پایین حرکت می کند.

در این نوع هوا به موازات اما مخالف ریزش آب جریان دارد. برج های خنک کننده جریان مخالف دارای سیستم توزیع اسپری تحت فشار هستند. نیاز به این سیستم تحت فشار، برج های خنک کننده با جریان مخالف را در مضیقه قرار می دهد. با این وجود، انواع برج جریان مخالف فضای کمتری نسبت به جریان متقاطع برای همان بار خنک‌کننده اشغال می‌کنند.



جدول زیر به طور خلاصه ویژگی های هر نوع را نشان می دهد:

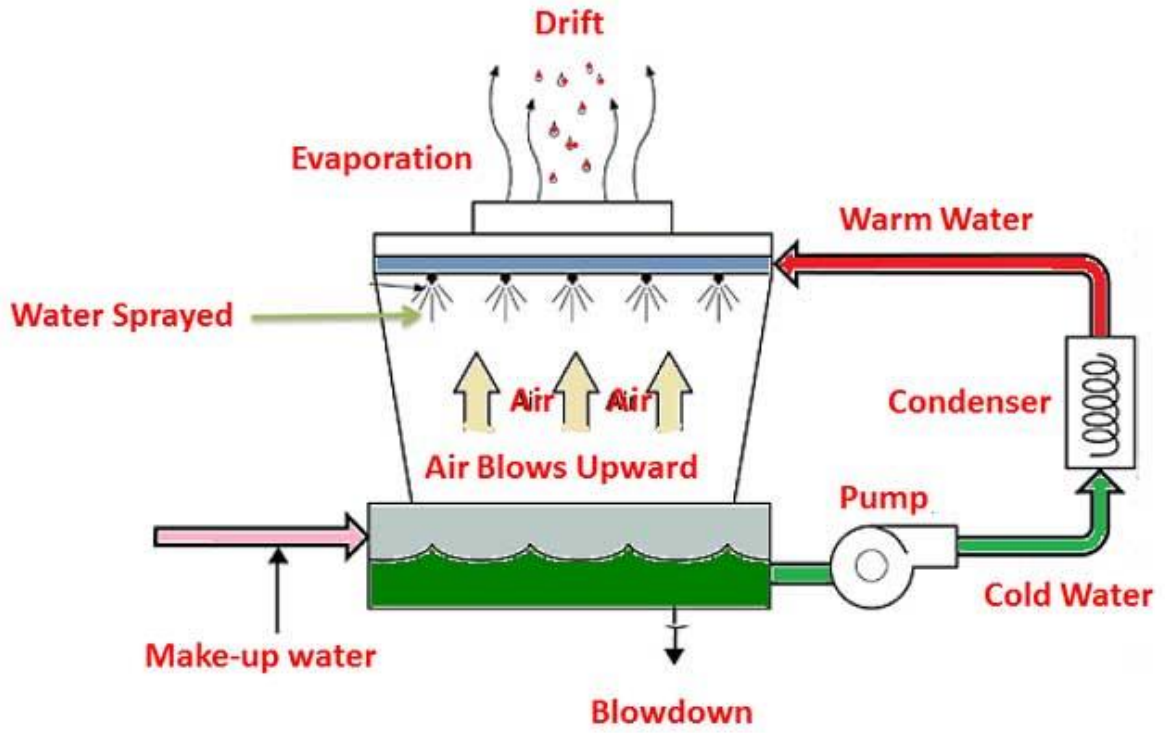
جدول مقایسه برج های خنک کن جریان مخالف و متقاطع		
موارد مورد توجه	برج خنک کننده جریان متقاطع	برج خنک کننده جریان مخالف
ابعاد و اندازه	فضای بیشتری را اشغال می کند، اما می تواند کمتر از جریان مخالف ساخته شود	مساحت کمتری نسبت به جریان متقاطع می گیرد
نگهداری و بهره برداری	دسترسی به نازل ها در هر زمان در ممکن است. برای برج‌هایی که از فن‌های طرح القایی استفاده می‌کنند، دسترسی به فیلینگ برج و حذف کننده رانش در هر زمان ممکن است	بازرسی فیلینگ و حذف کننده رانش فقط در حین خاموش شدن قابل انجام است. عدم دسترسی به سیستم توزیع در حین کار
نرخ جریان آب	جریان را می توان با تعویض روزنه های نصب شده در نازل ها در حین کار تغییر داد.	جریان را نمی توان تنظیم کرد زیرا دسترسی به نازل ها وجود ندارد
انرژی پمپاژ	سیستم آب تحت فشار مورد نیاز نیست و هزینه برق را کاهش می دهد	فشار آب برای اطمینان از اتمیزه شدن (تبدیل به ذرات ریز آب) مناسب قطرات آب مورد نیاز است
توزیع آب	گرفتگی بالقوه سوزن نازل ها حوضه توزیع مستعد رسوب بیولوژیکی است	توزیع اسپری اندازه قطرات آب را بهبود می بخشد که انتقال حرارت را افزایش می دهد

طبقه بندی برج های خنک کننده بر اساس انتقال حرارت.:

در فصل 1 ذکر شد که دو روش برای حذف گرما از آب وجود دارد: از دست دادن گرمای نهان از طریق خنک سازی تبخیری و خنک سازی از طریق انتقال حرارت محسوس. انتقال حرارت محسوس در یک برج خنک کننده یا از طریق رسانش، همرفت یا ترکیبی از هر دو است. طبقه بندی بر اساس روش های انتقال حرارت، برج های خنک کننده را در نحوه اعمال این اصول متمایز می کند.

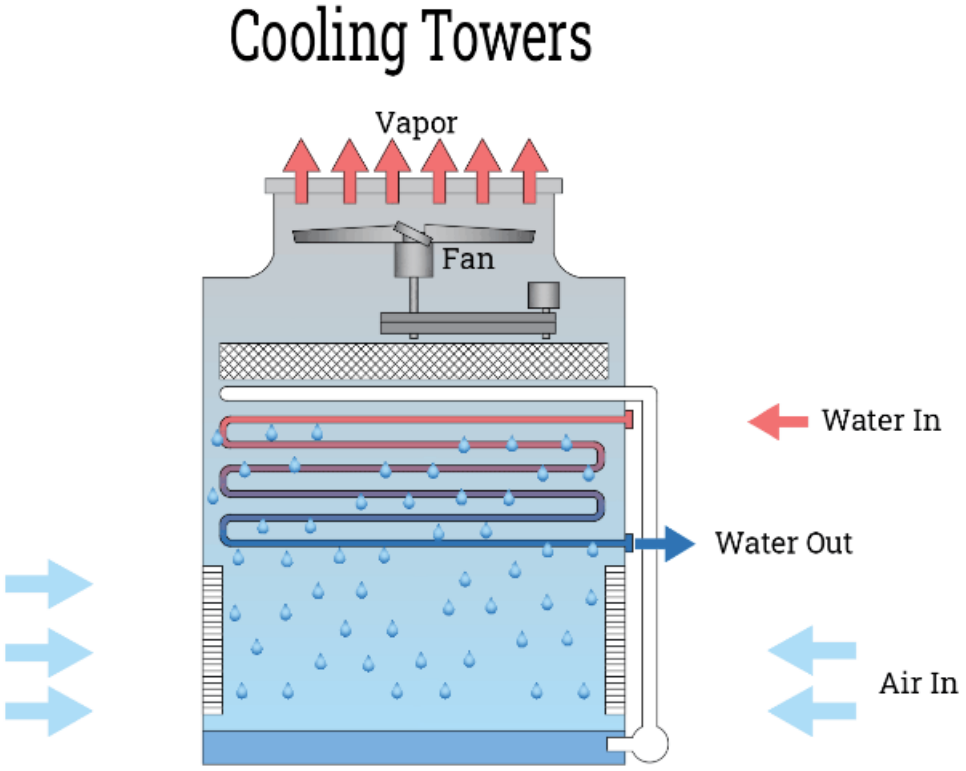
برج های خنک کننده مدار باز یا مرطوب.: Wet or Open Circuit Cooling Towers

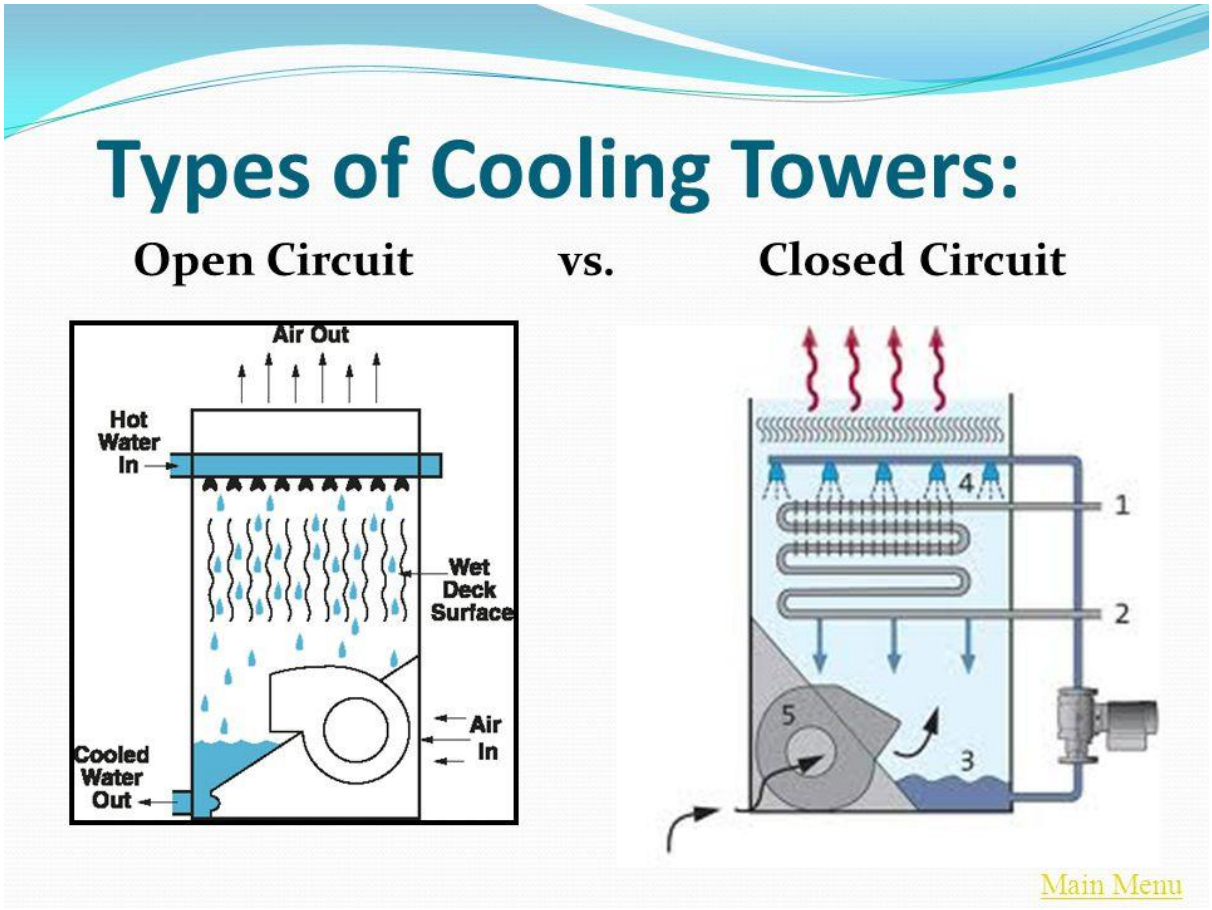
تمام برج های خنک کننده که در بالا توضیح داده شد، از برج های کشش طبیعی یا مکانیکی گرفته تا جریان متقاطع یا جریان مخالف، برج های خنک کننده مرطوب هستند. برج های خنک کننده مرطوب عمدتاً بر اساس اصل خنک کننده تبخیری کار می کنند. مقداری گرما نیز از طریق انتقال حرارت محسوس حذف می شود. مزیت اصلی برج های خنک کننده مرطوب خنک کنندگی کارآمد آنهاست. در یک برج خنک کننده مرطوب، می توان آب را کمتر از دمای محیط یا دمای حباب خشک خنک کرد.



برج های خنک کننده سیال یا مدار بسته.: Fluid or Closed Circuit Cooling Towers

در این سیستم، آب گرم برگشتی از مصرف کنندگان از لوله ها یا کویل هایی عبور می کند که در آن انتقال حرارت محسوس اتفاق می افتد. خارج از این لوله ها، آب شبیه به برج های خنک کننده مرطوب پاشیده می شود. گرمای نهان و محسوس با تماس با جریان هوا به آب پاشیده می شود. مزیت اصلی این سیستم این است که آب مصرفی مصرف کنندگان بدون آلودگی است.





برج های خنک کننده خشک (Dry Cooling tower)

این سیستم خنک کننده همان اصل کارکرد رادیاتور خودرو را دارد. هوای گرم از طریق لوله های پره دار یا سیم پیچ هایی که در معرض هوای محیط هستند عبور می کند. گرما عمدتاً با انتقال حرارت محسوس حذف می شود.

طبقه بندی برج های خنک کننده بر اساس ساختمان یا ساخت برج خنک کننده :

این طبقه بندی برج های خنک کننده را بر اساس نحوه برپایی یا ساخت سازه تقسیم می کند.:

نصب و مونتاژ میدانی (در محل): **Field-erected**

این برج خنک کننده در محلی که قرار است از آن استفاده شود ساخته یا مونتاژ می شود. برج هایی با قطعات پیش ساخته یا ساخته شده و حمل و نقل و مونتاژ در محل، برج های خنک کننده میدانی در نظر گرفته می شوند. برج های خنک کننده زمینی معمولاً در کارخانه های صنعتی یافت می شوند.

مونتاژ شده در کارخانه: Factory-assembled

این برج های خنک کننده بسته بندی شده یا واحد نیز شناخته می شوند. برج های خنک کننده مونتاژ شده در کارخانه از زمان ساخت به صورت مکانیکی کامل هستند. اینها در محل ارسال می شوند و تقریباً هیچ فرآیند مونتاژ مورد نیازی ندارند. اینها برای کارخانه های تجاری، مسکونی و برخی از کارخانه های تولیدی استفاده می شوند.

فصل نهم : عوامل مؤثر بر عملکرد برج خنک کننده

در طراحی یک برج خنک کننده، ویژگی های بی شماری از سایکرومتری گرفته تا تعادل گرما و جرم وجود دارد. جدای از مطالعه خصوصیات هوا و آب ورودی و خروجی از سیستم، باید خصوصیات فیزیکی حاصل از برج را نیز در نظر گرفت که آیا برج می تواند یک پیش ران طبیعی ایجاد کند یا اینکه آیا برج از نظر ساختاری سالم است و قطعات مستعد رسوب گیری و خوردگی هستند. ؟

این فصل بر روی پارامترهای رایجی که بر عملکرد برج های خنک کننده تأثیر می گذارد تمرکز دارد.

محدوده خنک کننده و رویکرد از فصل 1؛ From chapter 1: Cooling Range and Approach

محدوده به عنوان اختلاف دمای آب ورودی به برج (CWR) و آب خروجی از برج (CWS) تعریف می شود، در حالی که رویکرد تفاوت بین دمای آب خروجی و دمای حباب مرطوب هوای ورودی است. راندمان برج خنک کننده به سادگی به صورت زیر بیان می شود:

Cooling tower efficiency = (CW return temperature - CW supply temperature) / (CW return temperature - Air wet bulb temperature) × 100%

راندمان برج خنک کننده =(اختلاف دمای آب ورودی به برج و آب خروجی از برج تقسیم بر اختلاف دمای آب ورودی به برج و دمای وت بالب مرطوب هوا) و نتیجه آن ضربدر 100 درصد.

در نتیجه:

Cooling tower efficiency = Range / (Range + Approach) × 100%

از اینها می توان دریافت که برج خنک کننده با رویکرد (approach)کوچکتر کارایی بیشتری دارد. برج های خنک کننده معمولاً رویکردی بین 5 تا 10 درجه فارنهایت دارند. در حالی که یک رویکرد کوچک مورد نظر است، هزینه سرمایه گذاری ممکن است غیر عملی باشد زیرا اندازه برج خنک کننده به طور تصاعدی با کاهش رویکرد افزایش می یابد.

معمولاً محدوده و سرعت جریان آب خنک کننده پارامترهایی هستند که متعادل می شوند. این به این دلیل است که بار گرمایی از قبل از تقاضای مصرف کننده تامین می شود و دمای وت بالب مرطوب هوای محیط ممکن است دستکاری نشود. افزایش رنج Rangeبرج خنک کننده را کارآمد می کند. این کار را می توان با افزایش دمای برگشت آب خنک کننده یا با کاهش دمای منبع آب خنک کننده انجام داد. در هر یک از موارد، معمولاً یک دما به دلیل نیاز کاربران نهایی ثابت است. از این دو گزینه، افزایش دمای برگشت آب خنک‌کننده عملی‌تر است، زیرا اختلاف دمای هوا و آب در تماس بسیار بیشتر خواهد بود. هر چه اختلاف دما بیشتر باشد، گرمای بیشتری را می توان دفع کرد.

اگر تنها گزینه کاهش دمای منبع آب خنک کننده باشد، نتیجه نیز رویکردApproach را کاهش می دهد. به نوبه خود، طراحی به یک برج بسیار بزرگتر نیاز دارد.

دمای وت بالب(مرطوب): Wet bulb temperature

این یک پارامتر مهم برای برج های خنک کننده با تکیه بر خنک کننده تبخیری است. دمای طراحی وت بالب مرطوب به شرایط موجود سایت بستگی دارد. بنابراین، بررسی های دقیق محل باید انجام شود، به ویژه در ماه های تابستان که دمای محیط و رطوبت نسبی بالا است. یک طراح باید انتشارات سازمان های نظام مهندسی و علمی کشور و استانداردهای ملی ایران در خصوص شرایط جوی را برای منحصر به فردترین و بدترین شرایط طراحی برای یک مکان خاص در نظر بگیرد.

از نقطه قبل مشاهده می شود که دمای بالای وت بالب مرطوب باعث کاهش رویکرد Approach برج می شود. بنابراین، در مکان‌هایی که شرایط دمایی وت بالب مرطوب بالا وجود دارد، برج‌های خنک‌کننده بزرگ‌تری برای بار خنک‌کننده معین مورد نیاز هستند.

بار حرارتی مصرف کننده: Consumer Heat Load

اندازه و هزینه برج خنک کننده متناسب با بار حرارتی است. برج های خنک کننده معمولاً با استفاده از حداکثر بار گرمایی مصرف کننده یا تقاضای خنک کننده طراحی می شوند. سپس آنها ظرفیت نامی برج خنک کننده خواهند بود. با این حال، مواقعی وجود دارد که تقاضای کمی برای خنک کننده وجود دارد. در این موارد، برج با راندمان کمتری کار خواهد کرد.

به منظور صرفه جویی در مصرف انرژی، یک روش استفاده از کنترل سرعت فن است. سرعت انتقال حرارت با افزایش سرعت هوا افزایش می یابد. اگر به انتقال حرارت یا سرمایش تبخیری زیادی نیاز نباشد، می توان سرعت فن را کاهش داد. این کار را می توان با استفاده از موتورهای درایو با سرعت متغیر، موتورهای فن دو تا سه سرعته و پره های فن قابل تنظیم انجام داد. گزینه دیگر طراحی یک برج خنک کننده چند سلولی است. در این حالت، یک سلول ممکن است در ساعات غیرفعال یا در مواقع کم تقاضا در حالت آماده به کار باشد.

فصل دهم: شیوه های تعمیر و نگهداری مکانیکی

برج های خنک کننده، مانند هر تجهیزات دیگری، باید به طور معمول بازرسی و نگهداری شوند تا از تحویل کافی و کارآمد خنک کننده مورد نیاز و در عین حال حفظ (یا حتی افزایش) عمر مورد انتظارشان اطمینان حاصل شود. در زیر برخی از روش های بازرسی تعمیر و نگهداری برای برج های خنک کننده آورده شده است:

برج خنک کننده را به طور منظم بررسی کنید. برنامه‌های بازرسی را طبق توصیه‌های سازنده یا سیاست‌ها و بهترین شیوه‌های شرکت دنبال کنید.

در حین بازرسی، موارد زیر را بررسی کنید:

حذف کننده های دریفت برای وضعیت کلی خوب (موقعیت مناسب، تمیزی و غیره)؛

روغن کاری مناسب یاتاقان های تجهیزات دوار؛

کشش مناسب مجموعه تسمه و قرقره؛

عملکرد کنترل کننده سطح؛

وضعیت سیستم فیلینگ و توزیع از نظر رسوب یا گرفتگی؛

وضعیت لوله های فلزی، سازه ها و لوازم ناشی از خوردگی؛

هرگونه نشتی در لوله کشی و شیرهای جداسازی؛

هرگونه ترک یا آسیب در حوضچه، پوشش، عرشه فن و چارچوب برج. بر این اساس به همه یافته های بازرسی رسیدگی کنید.

در صورت امکان تمام رسوبات را بردارید. برای سطوح فلزی خورده، پوشش های مناسب را اعمال کنید تا از خراب شدن بیشتر جلوگیری شود.

صافی ها را تمیز کنید و هر گونه زباله را از تشت جدا کنید.

برای برج های خنک کننده با فیلترهای جریان جانبی، شستشوی معکوس منظم را اجرا کنید.

فصل یازدهم : تصفیه آب

با تبخیر آب، ناخالصی ها در آب حل شده و غلیظ تر می شوند. آب جبرانی که اضافه می شود بعداً تبخیر می شود و ناخالصی های بیشتری را پشت سر می گذارد. اینها مواد معدنی محلول هستند که بعداً در قسمت هایی از برج خنک کننده در تماس با آب، رسوب تشکیل می دهند. نه تنها برج خنک کننده، بلکه مصرف کنندگانی مانند مبدل های حرارتی و کندانسور نیز تحت تأثیر قرار می گیرند.

جدای از تجمع رسوب، رسوب بیولوژیکی تمایل به ایجاد روی سطوح دارد. برج های خنک کننده تبخیری به ویژه در معرض رسوب بیولوژیکی هستند که در آن جریان هوای حامل میکروب ها توسط آب پاک می شود. مواد معدنی غلیظ موجود در آب به دلیل تبخیر، محیط مساعدی را برای رشد این میکروب ها فراهم می کند.

بسته به کاربرد و پارامترهای آب، روش های تصفیه آب تا حد زیادی متفاوت است. مواد شیمیایی تصفیه آب و سیستم های فیلتراسیون اختصاصی در بازار به فروش می رسند که طیف وسیعی از مشکلات را هدف قرار می دهند. در زیر چند روش متداول تصفیه آب خنک کننده آورده شده است:

بلودان و آب جبرانی؛

فیلتراسیون؛

آب نرم شده ؛

درمان شیمیایی (بازدارنده های خوردگی، کنترل pH، بایوسایدها)

در جدول زیر کیفیت آب ورودی به سیستمهای حرارتی و برودتی (برج خنک کننده)قابل مشاهده میباشد:

Table 3.2 *Chemical and physical parameters of water*

Chemical and physical parameters of water in heating/cooling systems		
Parameter	**Measurement unit**	**Required value**
pH	/	> 7 (1)
Chlorides	mg/l	< 125 (2)
Total hardness ($CaCO_3$)	°f	< 15
	°d	< 8,4
Iron	mg/kg	< 0,5 (3)
Copper	mg/kg	< 0,1 (3)
Aluminium	mg/l	< 1
Langelier's index	/	0-0,4
Harmful substances		
Free chlorine	mg/l	< 0,2 (3)
Fluorides	mg/l	< 1
Sulphides		ABSENT

1 With aluminium or light alloys radiators, pH must also be lower than 8 (in compliance with applicable rules)
2 Value referred to the maximum water temperature of 80 °C
3 In compliance with applicable rules

فصل دوازدهم : نتیجه گیری

برج‌های خنک‌کننده مبدل‌های حرارتی تخصصی هستند، اما به‌جای انتقال گرمای رسانایی معمول - همرفتی مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله، با تماس آب و هوا خنک‌کننده ایجاد می‌کنند.

این خنک سازی از طریق خنک سازی تبخیری و انتقال حرارت معقول به دست می آید.

برج های خنک کننده با توجه به تولید جریان هوا، جریان هوا به آب، روش انتقال حرارت و ساخت و ساز، انواع مختلفی دارند. هر کدام از این انواع مزایا و معایب خاص خود را دارند.

سه عامل مهم وجود دارد که کارایی برج خنک کننده را تعیین می کند: رابطه بین Range و Approach، دمای وت بالب مرطوب و بار خنک کننده.

به دلیل تبخیر مداوم آب، مشکلات متعددی مانند پوسته پوسته شدن و رسوب بیولوژیکی ایجاد می شود. روش های متداول تصفیه آب عبارتند از بلودان آب، فیلتراسیون، نرم کردن آب و افزودن شیمیایی.

برای کسب اطلاعات بیشتر و انتخاب دقیق برج خنک کننده ، در صفحه ارتباط با ما ، منتظر درخواست شما هستیم.در کمترین زمان ممکن به شما پاسخ خواهیم داد.

.

گرداورنده مقاله : هادی درویشی (کارشناس برق قدرت ، مدرس ، مشاور ، طراح و مجری سیستمهای برودتی صنعتی)

برای مطالعه مطالب بیشتر میتوانید به سایت صباکول مراجعه بفرمایید.

Web page: **www.sabacool.ir**

Email: info@sabacool.ir / hadi.darvhshi@sabacool.ir