

۱۳۶۷۴۹۱

بسم الله الرحمن الرحيم

تجهیزات حرارتی و برودتی و دستورالهای تاسیسات

مؤلفین:

آرزو خلیلی

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه

ایمان روحی دهکردی

مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه

صادق خلیلی

مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه



سرشناسه : خلیلی، آرزو، ۱۳۶۲-
عنوان و نام پدیدآور : تجهیزات حرارتی و برودتی و کنترل‌های تاسیسات/ مولفین آرزو خلیلی، ایمان روحی دهکردی، صادق خلیلی
مشخصات نشر : ساوه: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ساوه، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری : ب، ۲۵۰ ص.: تصویر، جدول، نمودار.
شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۳۰۴۸-۵

ISBN: 978-964-10-3048-5

بها
وضعیت فهرست نویسی : ف
موضوع : گ ش - کنترل
موضوع : س د س ا و د ماه‌های سرد کننده - کنترل خودکار
موضوع : تهویه مطبوع - کنترل
شناسه افزوده : روحی دهکردی، ایمان - ۱۳۶۱-
شناسه افزوده : خلیلی، صادق، ۱۳۶۲-
شناسه افزوده : دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ساوه
رده بندی کنگره : ۱۳۹۳ ت ۸ خ/ ۷۴۶۶/ ۵ TH
رده بندی دیویی : ۶۹۷
شماره کتابشناسی ملی : ۳۵۸۸۰۰۸

عنوان: تجهیزات حرارتی و برودتی و کنترل‌های تاسیسات

تألیف: آرزو خلیلی- ایمان روحی دهکردی- صادق خلیلی

طراح روی جلد: صادق خلیلی

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

تاریخ انتشار: تابستان ۱۳۹۳ (چاپ اول)

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: سازمان چاپ و انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی

آدرس: ساوه- میدان فلسطین- دانشگاه آزاد اسلامی

کد پستی: ۳۹۱۸۷ صندوق پستی: ۳۶۶

تلفن: ۰۸۶-۴۲۴۳۳۳۴۲

قیمت: ۱۲۰۰۰ تومان

مقدمه مؤلفین:

کتابی که پیش رو دارید، مقدمه‌ای از مباحث کاربردی در زمینه تاسیسات تهویه مطبوع و تبرید است که به عنوان یک مجموعه درسی، منطبق بر سرفصل‌های مصوب ارائه شده برای دروس تجهیزات حرارتی و برودتی، سیستم‌های کنترل در تهویه و تبرید و کنترل‌های تاسیسات در رشته‌های مهندسی مکانیک و مهندسی تاسیسات حرارتی و برودتی، نگارش یافته است. مطالب کتاب همچنین تا حدودی در دروس نیروگاه حرارتی و طراحی سیستم‌های تبرید و سردخانه رشته مهندسی مکانیک قابل استفاده می باشد.

روند رو به رشد تحصیلات دانشگاهی در کشور و اقبال روزافزون به گرایش‌های حرارت و سیالات و تاسیسات، مؤلفین را بر آن داشت تا مرجعی به زبان ساده برای متقاضیان فوق فراهم آورند. هرچند مراجع دیگری در زمینه مباحث مربوط به این کتاب موجود هستند، در بسیاری از موارد آمیختگی مضامین با مطالب پایه‌ای و محاسباتی در زمینه‌های انتقال حرارت و ترمودینامیک، استفاده تکراری از عنوان فرق را برای دانشجویان تا اندازه‌ای مشکل نموده است. در حالی که هدف مؤلفین از تدوین کتاب حاضر، صرفاً ارائه مرجعی مقدماتی به زبان ساده بوده تا دانشجویان، به مدد آن بتوانند به درکی عمیق‌تر از مفاهیم کاربردی تهویه مطبوع و تبرید دست یابند.

از آنجا که کمال از صفات باری تعالی است، بطبیع، پذیرای نقص و عجز خود بوده و مصرانه خواستار دریافت و هنموده‌های خوانندگان، برای رفع کاستهای مجموعه پیش رو و تکامل و غنای آن، هستیم.

بدون شک، به ثمر رسیدن این مجموعه، مرهون راهنمایی‌های ارزنده و مساعدت‌های صمیمانه اعضای خانواده و کلیه عزیزانی است که ما را در این مسیر، همراهی نموده و تجربیات گرانبهایشان را در اختیارمان نهادند. اکنون که این اثر به اتمام رسیده است، بر خود لازم می دانیم که بدین وسیله، مراتب سپاس بیکران خود را از یاری بی دریغ آن بزرگواران، اعلام داریم.

ایمان روحی دهکردی - آرزو خلیلی - صادق خلیلی

فهرست مطالب

۸	فصل اول: کمپرسور	۱
۹	مختصری از چرخه تبرید	۱-۱
۱۱	معرفی کمپرسور	۲-۱
۱۵	مقایسه کلی کمپرسورهای دینامیکی و جابجایی مثبت	۳-۱
۱۵	کمپرسور پیستونی رفت و برگشتی	۴-۱
۱۷	اجزای کمپرسور پیستونی	۴-۱-۱
۱۸	انواع سوپاپ	۴-۱-۱-۱
۲۰	انواع کمپرسور پیستونی	۴-۱-۲
۲۲	بررسی و ساختار کمپرسور پیستونی به کمک نمودار اندیکاتور	۴-۱-۳
۲۲	اثر حجم	۴-۱-۳-۱
۲۳	اثر سختی فنر سوپاپ کش	۴-۱-۳-۲
۲۴	اثر تغییر فشار تخلیه	۴-۱-۳-۳
۲۴	حجم جابجایی پیستون	۴-۱-۵
۲۴	کمپرسور پیستونی دوار (غلنگی)	۵-۱
۲۵	حجم جابجایی پیستون دوار	۵-۱-۱
۲۵	کمپرسور تیغه‌ای دوار	۶-۱
۲۶	کمپرسور پیچی (حلزونی)	۷-۱
۳۱	کمپرسور ضوماری	۸-۱
۳۳	بازده و توان کمپرسور جابجایی مثبت	۹-۱
۳۷	فصل دوم: کندانسور	۲
۳۸	معرفی کندانسور	۲-۱
۳۸	کندانسور آب‌خنک (آبی)	۲-۲
۳۸	انواع کندانسور آب‌خنک	۲-۲-۱
۴۳	کندانسور هواخنک (هوایی)	۲-۳
۴۴	کندانسور تبخیری	۲-۴

۴۶	فصل سوم: برج خنک‌کن	۳
۴۷	معرفی برج خنک‌کن	۱-۳
۴۹	انواع برج خنک‌کن	۲-۳
۵۲	برج خنک‌کن مکشی جریان مخالف	۱-۲-۳
۵۲	برج خنک‌کن مکشی جریان متقاطع	۲-۲-۳
۵۳	برج خنک‌کن دمشی جریان مخالف	۳-۲-۳
۵۴	برج خنک‌کن دمشی جریان متقاطع	۲-۲-۳
۵۵	بیماری لژیونلا	۳-۳
۵۶	آماده‌سازی آب تغذیه	۴-۳
۵۹	فصل چهارم: اواپراتور	۴
۶۰	معرفی اواپراتور	۱-۴
۶۰	اواپراتور انبساط مرجم	۲-۴
۶۲	اواپراتور مرطوب با غشای غشایی	۳-۴
۶۴	اواپراتور پرخوران	۴-۴
۶۵	شیرهای رگلاتور فشار	۵-۴
۶۵	شیر رگلاتور فشار اواپراتور	۱-۵-۴
۶۸	شیر رگلاتور فشار مسیر مکش	۲-۵-۴
۷۰	فصل پنجم: وسایل کنترل جریان مبرد	۵
۷۱	معرفی وسایل کنترل جریان مبرد	۱-۵
۷۱	شیر انبساط و انواع آن	۲-۵
۷۱	شیر انبساط ترموستاتیک	۱-۲-۵
۷۲	ظرفیت شیر انبساط ترموستاتیک	۱-۱-۲-۵
۷۳	اثر متعادل کننده در شیر انبساط ترموستاتیک	۲-۱-۲-۵
۷۴	شیر انبساط ترموستاتیک پیلوت دار	۳-۱-۲-۵
۷۶	محل قرارگیری حباب حسگر	۴-۱-۲-۵
۷۷	پدیده نوسان	۵-۱-۲-۵

۸۰	شیر انبساط اتوماتیک	۲-۲-۵
۸۱	شیر انبساط الکتریکی	۳-۲-۵
۸۲	مقایسه شیر انبساط ترموستاتیک و الکتریکی	۴-۲-۵
۸۳	لوله موئین	۳-۵
۸۴	شیوه عملکرد لوله موئین	۱-۳-۵
۸۵	انتخاب اندازه لوله موئین	۲-۳-۵
۸۸	لوله اریفیس	۴-۵
۸۹	شیر شناور	۵-۵

۶ فصل ششم: تجهیزات جانبی

۹۲	تجهیزات جانبی در سیستم تبرید تراکمی	۱-۶
۹۲	تله روغن و تله آبکاه روغن	۲-۶
۹۷	جمع کننده مبرد	۳-۶
۹۸	فیلتر و خشک کن	۴-۶
۱۰۰	شیر برقی	۵-۶
۱۰۰	شیشه دید	۶-۶
۱۰۱	صافی	۷-۶
۱۰۱	آکومولاتور	۸-۶
۱۰۲	مبدل حرارتی	۹-۶
۱۰۳	دهانه شارژ مبرد	۹-۶
۱۰۳	شیرهای سرویس	۱۰-۶
۱۰۴	جنس لوله ها	۱۱-۶
۱۰۴	واحد تخلیه هوا	۱۲-۶

۷ فصل هفتم: تئوری کنترل

۱۰۷	مقدمه ای از سیستم کنترل	۱-۷
۱۰۸	حلقه کنترلی	۲-۷
۱۱۱	خلاصه اصطلاحات و تعاریف	۳-۷
۱۱۲	عوامل موثر در عملکرد سیستم کنترل	۴-۷

۱۱۳	۵-۷	حالت‌های کنترل
۱۱۳	۱-۵-۷	کنترل دو حالت (روشن/خاموش)
۱۱۶	۲-۵-۷	کنترل پله‌ای
۱۱۷	۳-۵-۷	کنترل شناور
۱۱۸	۴-۵-۷	کنترل تدریجی (تنظیمی)
۱۲۳	۶-۷	میزان کردن سیستم کنترل

۱۲۵	۸	فصل هشتم: کنترل چرخه تبرید
۱۲۶	۱-۸	کنترل ظرفیت سیستم تبرید تراکمی
۱۳۰	۲-۸	کنترل‌های ایمنی سیستم تبرید تراکمی
۱۳۱	۱-۲-۸	قطع کاهنده‌های فشار پایین و فشار بالا
۱۳۲	۲-۲-۸	قطع کاهنده دما پایین
۱۳۳	۳-۲-۸	کنترل امان پمپ و کنترل پمپ خاموش
۱۳۳	۴-۲-۸	کنترل برگشت
۱۳۴	۵-۲-۸	کنترل نارسایی فشار برعکس
۱۳۴	۶-۲-۸	کنترل اضافه بار موتور
۱۳۵	۷-۲-۸	شیر آزادکننده فشار، فیوز ذوب شدن و دسک شکستی
۱۳۷	۱-۷-۲-۸	انتخاب وسایل آزادکننده فشار
۱۳۸	۸-۲-۸	سوئیچ جریان
۱۳۹	۳-۸	مختصری از چرخه تبرید جذبی
۱۴۰	۴-۸	کنترل ظرفیت سیستم چیلر جذبی
۱۴۱	۵-۸	کنترل‌های ایمنی سیستم چیلر جذبی

۱۴۳	۹	فصل نهم: کنترل کمپرسور
۱۴۴	۱-۹	کنترل ظرفیت کمپرسور گریز از مرکز
۱۴۷	۲-۹	کنترل ظرفیت کمپرسور رفت و برگشتی
۱۴۸	۱-۲-۹	روش تغییر حجم فضای انبساط و تراکم
۱۴۸	۲-۲-۹	روش کاهش فشار مکش
۱۴۹	۳-۲-۹	روش تغییر سرعت محرک کمپرسور

۱۴۹	روش بی بار کردن سیلندر	۴-۲-۹
۱۵۱	کنترل ظرفیت کمپرسورهای تیغه‌ای و پیستونی دوار	۳-۹
۱۵۲	کنترل ظرفیت کمپرسور پیچی	۴-۹
۱۵۶	کنترل ظرفیت کمپرسور طوماری	۵-۹
۱۵۸	فصل دهم: کنترل اواپراتور، کندانسور و برج خنک‌کن	۱۰
۱۵۹	کنترل ظرفیت اواپراتور خشک	۱-۱۰
۱۶۱	کنترل ظرفیت اواپراتور مرطوب	۲-۱۰
۱۶۳	کنترل برفک	۳-۱۰
۱۶۸	محافظت از اواپراتورهای سردکننده آب از یخ‌زدگی	۴-۱۰
۱۶۹	کنترل ظرفیت کندانسور آب‌خنک	۵-۱۰
۱۶۹	کنترل ظرفیت کندانسور هواخنک	۶-۱۰
۱۷۳	کنترل ظرفیت کندانسور ته‌جیری و کارکرد زمستانی	۷-۱۰
۱۷۵	کنترل ظرفیت برج خنک‌کن	۸-۱۰
۱۷۶	محافظت برج خنک‌کن از یخ‌زدگی	۹-۱۰
۱۷۷	کنترل‌های ایمنی برج خنک‌کن	۱۰-۱۰
۱۷۸	کار زمستانی برج خنک‌کن	۱۱-۱۰
۱۸۰	سیستم کنترل آماده‌سازی آب تغذیه	۱۲-۱۰
۱۸۱	کنترل مه	۱۳-۱۰
۱۸۳	فصل یازدهم: سنسورها و کنترل‌های هوا	۱۱
۱۸۴	سنسورهای دما	۱-۱۱
۱۸۴	تیغه دوفلزی (بی‌مثال)	۱-۱-۱۱
۱۸۵	سنسورهای انبساط مایع	۲-۱-۱۱
۱۸۷	سنسورهای الکتریکی خودکفا	۳-۱-۱۱
۱۸۸	سنسورهای مقاومتی دما	۴-۱-۱۱
۱۹۰	محل نصب سنسور دما	۲-۱۱
۱۹۰	سنسورهای کیفیت هوا و تشخیص سکونت	۳-۱۱
۱۹۱	محل نصب سنسور تشخیص کیفیت هوا	۴-۱۱

۱۹۲	سنسورهای رطوبت	۵-۱۱
۱۹۲	سنسورهای مقاومتی رطوبت	۱-۵-۱۱
۱۹۳	سنسورهای خازنی	۲-۵-۱۱
۱۹۳	سنسور نقطه شبنم کلرید لیتیوم	۳-۵-۱۱
۱۹۴	سنسور نقطه شبنم آینه سرد	۴-۵-۱۱
۱۹۵	محل نصب سنسور رطوبت	۶-۱۱
۱۹۶	سیستم تهویه مطبوع با دستگاه هواساز ۱۰۰٪ هوای تازه	۷-۱۱
۱۹۷	سیستم تهویه مطبوع صرفه‌جویانه دما	۸-۱۱
۱۹۹	سیستم تهویه مطبوع صرفه‌جویانه آنتالپی	۹-۱۱
۲۰۰	فصل ۱۲: زده‌م: مدارهای کنترل نمونه	۱۲
۲۰۱	کنترل دما، گرم و مبدل حرارتی بخار یا آب داغ	۱-۱۲
۲۰۳	کنترل دما، تقسیم حجم متغیر (VAV Box)	۲-۱۲
۲۰۶	کنترل بادزن	۳-۱۲
۲۰۸	کنترل رطوبت زن رطوبت گیر	۴-۱۲
۲۱۰	کنترل چیلر و پمپ حرارتی	۵-۱۲
۲۱۳	کنترل هواساز	۶-۱۲
۲۲۲	مدار فرمان یک چیلر با کمپرسور پیستونی و آب برگشت	۷-۱۲
۲۵۰	مراجع	

فهرست جداول خواص ترمودینامیکی مورد استفاده

۲۲۷	خواص ترمودینامیکی اشباع میرد $R12$ (تنظیم بر حسب دما)	جدول ۱-۱
۲۲۹	خواص ترمودینامیکی اشباع میرد $R12$ (تنظیم بر حسب فشار)	جدول ۲-۱
۲۳۰	خواص ترمودینامیکی مافوق گرم میرد $R12$	جدول ۳-۱
۲۳۴	خواص ترمودینامیکی اشباع میرد $R134a$ (تنظیم بر حسب دما)	جدول ۴-۱
۲۳۷	خواص ترمودینامیکی اشباع میرد $R134a$ (تنظیم بر حسب فشار)	جدول ۵-۱
۲۳۹	خواص ترمودینامیکی مافوق گرم میرد $R134a$	جدول ۶-۱

فهرست علائم

$\dot{V}_i (L/s)$	حجم جابجایی تئوری (لیتر بر ثانیه)
$D (cm)$	قطر سیلندر کمپرسور رفت و برگشتی (سانتیمتر)
$L (cm)$	کورس پیستون (سانتیمتر)
$N (rev/s)$	سرعت میل لنگ (دور بر ثانیه)
n	تعداد سیلندر
$H (cm)$	طول سیلندر کمپرسور غلتکی (سانتیمتر)
$A (cm)$	قطر سیلندر (سانتیمتر)
$B (cm)$	قطر پیستون کمپرسور غلتکی (سانتیمتر)
η_k	بازده حجمی کمپرسور
$\dot{V}_a (L/s)$	حجم جابجایی واقعی (لیتر بر ثانیه)
η_{mech}	بازده مکانیکی کمپرسور
$w_v (kJ)$	کار اعمال شده بر بخار (کیلوژول)
$w_{ch} (kJ)$	کار محوری ورودی به کمپرسور (کیلوژول)
η_{isen}	بازده کل (ایزنتروپیک) کمپرسور
$h (kJ/kg)$	آنثالپی (کیلوژول بر کیلوگرم)
$s (kJ/kg)$	آنترופی (کیلوژول بر کیلوگرم)
$P (kpa)$	فشار (کیلوپاسکال)
$v (m^3/kg)$	حجم مخصوص (متر مکعب بر کیلوگرم)
$\dot{W}_{umo} (kW)$	توان واقعی مورد نیاز برای راندن کمپرسور (کیلووات)
η_{motor}	بازده مکانیکی موتور محرک کمپرسور
$\dot{m} (kg/s)$	دبی جرمی مبرد (کیلوگرم بر ثانیه)
$\rho_{suc} (kg/m^3)$	چگالی بخار مبرد در دهانه مکش کمپرسور (کیلوگرم بر متر مکعب)
η_{ct}	بازده برج خنک کن
$t_{win} (^{\circ}C)$	دمای آب ورودی به برج (درجه سانتیگراد)
$t_{wout} (^{\circ}C)$	دمای آب خروجی از برج (درجه سانتیگراد)
$t_{wh} (^{\circ}C)$	دمای مرطوب هوای ورودی برج (درجه سانتیگراد)
r_p	نسبت فشار کمپرسور پیچی
v_i	نسبت حجمی داخلی کمپرسور پیچی