

الله الرحمن الرحيم

تجهيزات كنترل سرمایش، گرمایش و تهویه مطبوع

تألیف:

رضا سپاهی سامیان

دانش آموخته دانشگاه صنعتی امیرکبیر

میثم سعیدی

عضو هیأت علمی دانشگاه رازی

دانشگاه رازی

۱۳۹۷



سرشناسه : سعیدی، میثم، ۱۳۶۵
عنوان : تجهیزات کنترل سرمایش، گرمایش و تهویه مطبوع / تألیف میثم سعیدی، رضا سپاهی سامیان.
مشخصات نشر : کرمانشاه، دانشگاه رازی، ۱۳۹۷=۲۰۱۸ م.
مشخصات ظاهری: ی، ۲۶۵ ص.
فروست : دانشگاه رازی؛ ۳۶۸. مهندسی مکانیک؛ ۸.
شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۳۹۳-۰۲۲-۳
موضوع : گرمایش- وسایل و تجهیزات
موضوع : تهویه مطبوع - وسایل و تجهیزات
موضوع : تهویه - وسایل و تجهیزات
شناسه افزوده : سپاهی سامیان، رضا- نویسنده همکار
شناسه افزوده : دانشگاه رازی
شناسه افزوده : عنوان
رده بندی کنگره : ۱۳۹۷ ت ۳ / ۷ ص / TH۷۰۰۵
رده بندی دیویی : ۶۹۷
شماره کتابشناسی ملی: ۵۱۴۶۴۹۱

انتشارات دانشگاه رازی ۳۶۸

عنوان کتاب: تجهیزات کنترل سرمایش، گرمایش و تهویه مطبوع

تألیف: دکتر میثم سعیدی، دکتر رضا سپاهی سامیان

ناشر: دانشگاه رازی

تاریخ و نوبت چاپ: ۱۳۹۷- اول

شمارگان: ۵۰۰

قیمت: ۲۴۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۳۹۳-۰۲۲-۳

قطع: وزیری

سامانه خرید

Razi University Press

© 2018/1397

Print Run: 500

Price: 240000 Rials

ISBN: 978-600-393-022-3

Printed in Iran

Press.razi.ac.ir

مراکز پخش: تهران: مرکز نشر دانشگاهی ۸۸۵۵۶۱۶۸ - کتابیران ۶۶۴۹۲۲۶۶ - دانشیران ۶۶۴۱۶۱۷۶

Tehran: Ketabiran: +98 021 66566510-5 Daneshiran: +98 021 66416176

کرمانشاه: مرکز چاپ و نشر دانشگاه رازی - تلفکس ۴۲۸۰۸۰۲ - ۴۲۶۶۷۵۰ ۰۸۳۳

Kermanshah: 083-34283982- 34280802

Email:press@razi.ac.ir

مسئولیت درستی مطالب به عهده مؤلفین می باشد.

(حق چاپ برای ناشر محفوظ است)

پیشگفتار

فراهم کردن فضای زیست مناسب از جنبه سرمایه‌گذاری، گرمایش و تهویه مطبوع همواره از دغدغه‌های بشر بوده است. ثابت شده است که بهترین عملکرد انسان در شرایط آسایش از نظر دما، رطوبت و نور فراهم می‌شود. بدین منظور در طول زمان روش‌های متعددی با ویژگی‌های متفاوت برای ایجاد شرایط آسایش مورد استفاده قرار گرفته است. خودکارسازی عملکردهای مختلف در ساختمان‌های تجاری و مسکونی در سال‌های اخیر به‌طور چشمگیری افزایش یافته است تا افزایش رفاه ساکنین و همچنین بهینه‌سازی و مدیریت مصرف انرژی مورد توجه قرار گیرد.

با پیشرفت روزافزون فناوری‌ها می‌توان ضمن تأمین شرایط آسایش به‌عنوان یکی از مهم‌ترین شرایط زندگی آرام به صورت بهینه از انرژی استفاده کرد. این موضوع نیازمند داشتن دانش کافی از شرایط تأمین آسایش و نیز آشنایی با تجهیزات و ابزارهای گرمایش، سرمایه‌گذاری و تهویه مطبوع می‌باشد.

چپ‌سا در ساختمانی با امکانات پیشرفته در فصل گرم، احساس سرمای بیش‌ازحد به انسان دست دهد که به‌واسطه دست‌بالا طراحی کردن سامانه تهویه مطبوع و عدم کنترل مناسب آن می‌باشد. در این حالت سیستم تهویه مطبوع تا حد زیادی پس از تأمین شرایط آسایش کار کرده و مدام دما را پایین می‌آورد. این مثال نمونه‌ای از احساس ناراضی و ناراحتی از سیستم تهویه مطبوع باوجود هزینه‌های بالای اولیه و استفاده از آن است. طراحی صحیح سیستم کنترل برای سامانه تهویه مطبوع ضمن تأمین شرایط آسایش، در هزینه‌ها نیز صرفه‌جویی می‌نماید.

انواع مختلفی از توابع کنترل در سامانه‌های گرمایش برای بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان‌های پیشرفته به کار می‌رود. امروزه تجهیزات جدید، کنترل‌کننده‌های احتراق و تنظیم‌کننده‌های دما دارند و با داشتن قابلیت برنامه‌ریزی، می‌توانند متغیرهای مختلفی همچون دمای محیط را در ساعات شبانه‌روز کنترل کنند.

در این کتاب سعی شده است علاوه بر معرفی روش‌های ساده کنترل شرایط آسایش، در حد امکان در خصوص تجهیزات ایمنی نیز صحبت شود. پس از معرفی مقدماتی موضوع کنترل در فصل دوم کتاب، حسگرهای مختلف مورد استفاده در سامانه‌های تهویه مطبوع معرفی می‌شوند. در فصل سوم کنترل‌کننده‌های جریان شامل شیرها و دمپرها که به‌عنوان بازوی عملکردی سامانه‌های کنترل هستند معرفی می‌گردند. در فصل چهارم کنترل سامانه‌های تهویه مطبوع شامل راه‌اندازی و توقف موتورهای الکتریکی فن‌ها، کمپرسورها، بویلرها، پمپ‌ها و برخی اجزای دیگر معرفی می‌شود. در فصل پنجم هواساز که مهم‌ترین وسیله در سامانه تهویه مطبوع مرکزی است معرفی می‌شود. هواساز پس از انجام فرآیندهایی چون مخلوط کردن مقادیر مطلوب هوای خارج و بازگشتی، تغییر دما، افزایش یا کاهش رطوبت، هوا را در بین فضاها مورد نظر توزیع می‌کند. موضوع فصل ششم سایکرومتریک شاخه‌ای از ترمودینامیک است که به مطالعه مخلوط هوا و بخار آب اختصاص دارد. از آنجا که هوای مرطوب آخرین واسطه‌ای است که در فرآیند تهویه استفاده می‌شود، این علم از اهمیت زیادی برای طراحی سامانه تهویه مطبوع برخوردار است. ممکن است برای نگه‌داشتن رطوبت در شرایط مشخص ناچار به افزایش یا کاهش رطوبت هوای تغذیه شد. این فصل بحث مختصری از نمودارهای سایکرومتریک و کاربرد آن‌ها ارائه می‌دهد.

در فصل هفتم مشخصات و کنترل مقدماتی چیلرها، آرایش‌های نمونه سیستم چیلر، روش‌های کلی کنترل بهینه سیستم چیلر، کنترل بهینه سیستم دفع حرارت و بهینه‌سازی سامانه‌های دفع حرارت، بازتنظیم بهینه دمای تنظیم آب چیلر، کنترل مرحله‌ای چندین واحد چیلر و کنترل بهینه سامانه‌های توزیع آب ارائه می‌شود.

کنترل سامانه‌های گرمایشی علاوه بر موضوع تأمین آسایش از نظر حفظ ایمنی اهمیت دوچندانی دارد. در این فصل ضمن طبقه‌بندی سامانه‌های گرمایشی، موضوع کنترل و ایمنی این سامانه‌ها مورد بحث قرار گرفته است.

اینترنت به‌عنوان یک رابط انتقال جهت دسترسی از راه دور یا یک‌پارچه‌سازی سامانه‌های اتوماسیون ساختمان که در فواصل دور از هم قرار گرفته‌اند، وارد عرصه سیستم اتوماسیون ساختمان شده است. در انتهای کتاب با توجه به افزایش روزافزون نقش اینترنت،

به بحث فناوری‌های جدید کنترل تهویه مطبوع ارائه شده است تا پاسخگوی نیازهای جدید باشد.

امید است این کتاب بتواند سهمی در افزایش دانش تأسیساتی مخاطبین ایفا نماید. این اثر بی‌نقص نیست و مزید امتنان خواهد بود که نویسندگان از نظرات سازنده خوانندگان گرامی در ویرایش بعدی استفاده نمایند. در خاتمه از زحمات انتشارات دانشگاه رازی و سرکار خانم ندا بهرامی که در چاپ این کتاب همکاری نمودند سپاسگزاری می‌شود.

فهرست عناوین فصول

پیشگفتار.....	الف
فهرست عناوین فصول.....	ت
فهرست مطالب.....	ث
۱- مقدمه.....	۱
۲- حسگرها.....	۲۵
۳- تجهیزات کنترل جریان.....	۵۷
۴- سیستم‌های کنترل الکتریکی.....	۷۵
۵- هواساز.....	۹۳
۶- کنترل رطوبت.....	۱۳۱
۷- کنترل و بهینه‌سازی سامانه‌های چیلر مرکزی.....	۱۵۵
۸- سامانه‌های گرمایشی.....	۲۲۱
۹- کاربرد اینترنت در کنترل و اتوماسیون ساختمان.....	۲۶۱
پیوست ۱- واژه‌نامه.....	۲۷۳
پیوست ۲- نمایه‌ها.....	۲۸۱

فهرست مطالب

پیشگفتار.....	الف
فهرست عناوین فصول.....	ت
فهرست مطالب.....	ث
۱- مقدمه.....	۱
۱-۱- مروری بر گرمایش و تهویه مطبوع.....	۲
۱-۲- شرایط آسایش.....	۴
۱-۳- مروری بر تئوری کنترل.....	۵
۱-۳-۱- اجزای سامانه کنترل.....	۵
۱-۳-۲- تئوری کنترل.....	۶
۱-۳-۳- مدهای کنترل.....	۱۰
۱-۳-۴- مدل‌های سیستم کنترل.....	۱۵
۱-۳-۵- مقایسه روش‌های کنترل.....	۲۱
۱-۴- کنترل یک سیستم تهویه مطبوع.....	۲۲
۲- حسگرها.....	۲۵
۲-۱- انواع حسگرها.....	۲۵
۲-۲- طبقه‌بندی حسگرها از نظر الکترونیکی.....	۲۶
۲-۳- مدار پل وتستون.....	۲۷
۲-۴- حسگرهای دما.....	۲۸
۲-۴-۱- نوار بی‌متال.....	۲۹
۲-۴-۲- فانوسه.....	۳۰
۲-۴-۳- حسگرهای حباب و لوله موئین.....	۳۱
۲-۴-۴- ترموستات ساعتی.....	۳۱
۲-۴-۵- حسگر مقاومت دمایی.....	۳۲
۲-۴-۶- ترمیستورها.....	۳۴

- ۳۵.....۲-۴-۷- ترموکوپل‌ها.....
- ۳۵.....۲-۵-۵- حسگرهای رطوبت نسبی.....
- ۳۷.....۲-۵-۱- حسگر رطوبت نسبی مقاومتی.....
- ۳۷.....۲-۵-۲- حسگر رطوبت نسبی خازنی.....
- ۳۸.....۲-۵-۳- حسگر رطوبت نسبی کریستال کوارتز.....
- ۳۹.....۲-۶-۶- اندازه‌گیری نقطه شبنم.....
- ۳۹.....۲-۶-۱- محاسبه دما و رطوبت نسبی.....
- ۳۹.....۲-۶-۲- رطوبت‌نمای آینه سرد.....
- ۴۰.....۲-۷-۷- حسگرهای فشار.....
- ۴۱.....۲-۷-۱- حسگرهای فشار مقاومت متغیر.....
- ۴۱.....۲-۷-۲- حسگر فشار ظرفیت متغیر.....
- ۴۲.....۲-۸-۸- حسگرهای جریان.....
- ۴۳.....۲-۸-۱- اریفیس.....
- ۴۳.....۲-۸-۲- لوله ونتوری.....
- ۴۴.....۲-۸-۳- نازل‌های جریان.....
- ۴۵.....۲-۸-۴- حسگرهای جریان گرداب.....
- ۴۵.....۲-۸-۵- حسگرهای جریان جابه‌جایی مثبت.....
- ۴۶.....۲-۸-۶- حسگرهای توربینی.....
- ۴۷.....۲-۸-۷- حسگرهای جریان مغناطیسی.....
- ۴۷.....۲-۸-۸- دبی‌سنج التراسونیک.....
- ۴۸.....۲-۹-۹- اندازه‌گیری دبی هوا.....
- ۴۸.....۲-۹-۱- دبی‌سنج سیم داغ.....
- ۴۹.....۲-۹-۲- لوله پیتو.....
- ۵۰.....۲-۱۰-۱۰- اندازه‌گیر سطح مایع.....
- ۵۰.....۲-۱۰-۱- حسگر سطح با فشار هیدرو استاتیک.....

۵۱	۲-۱۰-۲- حسگر سطح با التراسونیک
۵۱	۲-۱۰-۳- حسگر سطح خازنی
۵۲	۲-۱۱- حسگرهای کیفیت هوا و دی‌اکسیدکربن
۵۲	۲-۱۲- حسگرهای حضور
۵۳	۲-۱۳- حسگرهای تشخیص شعله
۵۴	۲-۱۴- محل قرارگیری حسگرها
۵۷	۳- تجهیزات کنترل جریان
۵۷	۳-۱- شیرهای کنترل
۵۹	۳-۱-۱- انواع شیرها
۶۰	۳-۱-۲- ویژگی‌های کویل
۶۱	۳-۱-۳- مشخصات شیر
۶۵	۳-۱-۴- دبی برحسب حرکت دسته شیر
۶۸	۳-۱-۵- تعیین ابعاد شیر
۶۸	۳-۲- دمپرها و عملگرهای دمپر
۶۸	۳-۲-۱- دمپرهای کنترل حجم
۷۰	۳-۲-۲- کنترل حجم بین مسیرهای مختلف جریان هوا
۷۵	۴- سیستم‌های کنترل الکتریکی
۷۵	۴-۱- مقدمه
۷۵	۴-۲- تجهیزات الکتریکی به‌کاررفته در مدارها
۷۶	۴-۲-۱- سولنوئید
۷۶	۴-۲-۲- شیر سولنوئیدی
۷۷	۴-۲-۳- کنتاکتورها و رله‌ها
۸۲	۴-۲-۴- راه‌اندازها
۸۲	۴-۲-۵- استپ کنترلر
۸۴	۴-۳- نقشه‌های کنترل الکتریکی

۴-۴- مدارهای کنترل موتور.....	۸۸
۴-۵- عملکرد.....	۸۸
۴-۵-۱- مدار راه‌اندازی- توقف لحظه‌ای.....	۸۸
۴-۵-۲- مدار راه‌اندازی/توقف با سوئیچ خودکار-دستی.....	۸۹
۴-۵-۳- مدار راه‌اندازی توقف لحظه‌ای دو سرعت.....	۹۱
۵- هواساز.....	۹۳
۵-۱- طبقه‌بندی سامانه‌های هوایی.....	۹۵
۵-۲- کنترل‌های هوای بیرون.....	۹۶
۵-۲-۱- حداقل هوای تازه.....	۹۷
۵-۲-۲- سیکل اقتصادی هوای تازه.....	۹۷
۵-۲-۳- کنترل آنتالپی.....	۱۰۰
۵-۲-۴- کنترل فشار استاتیک.....	۱۰۲
۵-۲-۵- سیستم‌های هوای محیط و حجم هوای متغیر.....	۱۰۴
۵-۳- لایه بندی هوا.....	۱۰۵
۵-۴- کویل‌های سرمایش.....	۱۰۷
۵-۴-۱- هواساز با کویل انبساط مستقیم و کنترل دو حالت.....	۱۰۸
۵-۴-۲- هواساز با کویل انبساط مستقیم و کنترل با دمپره‌های گذر و کنارگذر.....	۱۰۸
۵-۴-۳- هواساز با کویل انبساط مستقیم و کنترل فشار مکش.....	۱۰۹
۵-۴-۴- هواساز با کویل انبساط مستقیم و کنترل ظرفیت با گاز داغ.....	۱۱۰
۵-۴-۵- هواساز با کویل انبساط مستقیم و کنترل دو مرحله‌ای.....	۱۱۰
۵-۵- کویل‌های آب سرد.....	۱۱۱
۵-۵-۱- جریان موازی و معکوس.....	۱۱۳
۵-۶- هواساز با صد درصد هوای خارج.....	۱۱۵
۵-۷- هواساز با صد درصد هوای خارج و کنترل دمپره‌های گذر و کنارگذر.....	۱۱۶

- ۱۲۰.....۵-۷-۱- گرمایش عادی.....
- ۱۲۱.....۵-۸- کنترل آتش و دود.....
- ۱۲۲.....۵-۹- وابستگی های الکتریکی.....
- ۱۲۳.....۵-۱۰- کنترل های سیستم چند ناحیه ای حجم ثابت.....
- ۱۲۵.....۵-۱۰-۱- تشریح سیستم.....
- ۱۲۸.....۵-۱۱- کنترل دبی هوای تازه با استفاده از حسگر دی اکسید کربن.....
- ۱۳۱.....۶- کنترل رطوبت.....
- ۱۳۱.....۶-۱- خواص سایکرومتریک.....
- ۱۳۴.....۶-۲- نقاط حالت.....
- ۱۳۷.....۶-۳- مخلوط شدن.....
- ۱۳۸.....۶-۴- گرمایش و سرمایش محسوس.....
- ۱۳۸.....۶-۵- سرمایش و رطوبت گیری.....
- ۱۳۹.....۶-۶- رطوبت زنی.....
- ۱۴۰.....۶-۶-۱- سرمایش تبخیری.....
- ۱۴۱.....۶-۶-۲- هواشوی.....
- ۱۴۱.....۶-۶-۳- سرمایش تبخیری دومرحله ای.....
- ۱۴۳.....۶-۶-۴- هواشوی با پیش گرم.....
- ۱۴۴.....۶-۶-۵- هواشوی با پیش گرم و تبرید.....
- ۱۴۷.....۶-۶-۶- هواشوی با هوای مخلوط و تبرید.....
- ۱۴۸.....۶-۷- رطوبت زن های بخار.....
- ۱۴۹.....۶-۷-۱- رطوبت زن های تشتی.....
- ۱۴۹.....۶-۷-۲- رطوبت زن های افشانه کننده.....
- ۱۵۰.....۶-۸- رطوبت گیرها.....
- ۱۵۰.....۶-۸-۱- رطوبت گیرهای شیمیایی.....
- ۱۵۲.....۶-۸-۲- رطوبت گیری با تبرید.....

- ۷- کنترل و بهینه‌سازی سامانه‌های چیلر مرکزی..... ۱۵۵
- ۷-۱- اجزای اصلی چیلر و انواع نمونه..... ۱۵۵
- ۷-۲- کنترل ظرفیت چیلر و وابستگی‌های ایمنی..... ۱۵۷
- ۷-۳- ملزومات کنترل چیلر..... ۱۶۱
- ۷-۴- کنترل‌های چیلر..... ۱۶۲
- ۷-۴-۱- کنترل چیلرها با بررسی وضع شیرها..... ۱۶۲
- ۷-۴-۲- دبی ثابت از چند چیلر..... ۱۶۳
- ۷-۴-۳- چیلرهای سانتریفیوژ..... ۱۶۳
- ۷-۵- کنترل الکتریکی چیلر..... ۱۶۴
- ۷-۶- سامانه تبرید تراکمی..... ۱۶۶
- ۷-۶-۱- نمودار آنتالپی-فشار..... ۱۶۷
- ۷-۶-۲- کمپرسور..... ۱۶۹
- ۷-۶-۳- کنترل ظرفیت کمپرسورهای پیستونی..... ۱۷۰
- ۷-۶-۴- کمپرسور دورانی..... ۱۸۴
- ۷-۶-۵- کمپرسورهای حلزونی..... ۱۸۵
- ۷-۶-۶- کمپرسورهای مارپیچی..... ۱۸۶
- ۷-۶-۷- کمپرسور سانتریفیوژ و کنترل ظرفیت آن‌ها..... ۱۸۷
- ۷-۶-۸- اواپراتور..... ۱۹۰
- ۷-۶-۹- کندانسور..... ۲۰۱
- ۷-۶-۱۰- شیر انبساط..... ۲۰۸
- ۷-۷- تبرید با سیستم جذبی..... ۲۱۷
- ۸- سامانه‌های گرمایشی..... ۲۲۱
- ۸-۱- انواع گرم‌کن‌ها..... ۲۲۱
- ۸-۲- احتراق..... ۲۲۵
- ۸-۳- آنالیز دود..... ۲۲۵

- ۲۲۶ ۴-۸- مشعل‌های با سوخت مایع
- ۲۲۶ ۵-۸- مشعل‌های گازسوز
- ۲۲۷ ۶-۸- گرم‌کن‌های گازسوز
- ۲۲۷ ۱-۶-۸- کنترل دو حالت
- ۲۲۸ ۲-۶-۸- کنترل تدریجی
- ۲۲۸ ۳-۶-۸- کنترل‌های ایمنی
- ۲۲۸ ۷-۸- مشعل‌های فن‌دار
- ۲۲۹ ۸-۸- کنترل احتراق
- ۲۲۹ ۱-۸-۸- کنترل ایمنی شعله
- ۲۳۲ ۹-۸- بویلر
- ۲۳۳ ۱-۹-۸- انواع بویلر
- ۲۳۳ ۱۰-۸- کنترل بویلر
- ۲۳۷ ۱۱-۸- تنظیم‌کننده فشار
- ۲۳۷ ۱-۱۱-۸- اصول کارکرد تنظیم‌کننده‌های فشار اقدام مستقیم
- ۲۳۹ ۲-۱۱-۸- اصول کارکرد تنظیم‌کننده‌های فشار با تنظیم‌کننده کمکی
- ۲۳۹ ۱۲-۸- آبگرمکن دیواری
- ۲۴۱ ۱۳-۸- کوره‌های شمعک‌دار
- ۲۴۲ ۱-۱۳-۸- تشریح روش کنترل کوره شمعک‌دار
- ۲۴۳ ۲-۱۳-۸- شیر گاز
- ۲۴۵ ۳-۱۳-۸- کوره‌های میلی‌ولت
- ۲۴۶ ۴-۱۳-۸- سوئیچ ایمنی شمعک
- ۲۴۷ ۵-۱۳-۸- سوئیچ حد
- ۲۴۸ ۶-۱۳-۸- سوئیچ فن بی‌متال
- ۲۴۸ ۷-۱۳-۸- مراحل عملکرد
- ۲۴۹ ۱۴-۸- کوره‌های با جرقه‌زن الکترونیک

- ۲۴۹.....۸-۱۴-۱- سامانه‌های شمعک واسط
- ۲۵۱.....۸-۱۴-۲- سامانه‌های جرقه مستقیم
- ۲۵۲.....۸-۱۵-۱۵- گرم‌کن‌های با سوخت مایع
- ۲۵۳.....۸-۱۵-۱- مشعل سوخت مایع
- ۲۵۴.....۸-۱۵-۲- موتور مشعل
- ۲۵۴.....۸-۱۵-۳- کنترل اولیه
- ۲۵۵.....۸-۱۵-۴- روش‌های تشخیص شعله
- ۲۵۶.....۸-۱۶-۱۶- گرمایش الکتریکی
- ۲۵۶.....۸-۱۶-۱- کنترل دو حالت
- ۲۵۷.....۸-۱۶-۲- کنترل تناسبی
- ۲۵۸.....۸-۱۶-۳- کنترل دو حالت زمان‌دار
- ۲۶۱.....۹- کاربرد اینترنت در کنترل و اتوماسیون ساختمان
- ۲۶۳.....۹-۱- فناوری‌های اینترنت به کاررفته جهت اتصال بکنت با یک شبکه اینترنت
- ۲۶۴.....۹-۲- ضمیمه جی در بکنت
- ۲۶۵.....۹-۳- استفاده از فناوری‌های اینترنت در سطح مدیریت ساختمان
- ۲۷۳.....پیوست ۱- واژه‌نامه
- ۲۸۱.....پیوست ۲- نمایه‌ها