



سجده‌های حمل و نقل را از آهنگ برقی

تألیف:

حامد جعفری کلپیر
دکتر سید سعید فاضل
دکتر حسین مددی کجابادی

بهار ۱۳۹۷

سرشناسه	جغفری کلیبر ، حامد، ۱۳۶۸-
عنوان و نام پدیدآور:	سیستم‌های حمل و نقل راه آهن برقی / تألیف حامد جعفری کلیبر، سید سعید فاضل، حسین مددی کجابادی
مشخصات نشر	تهران، جهاد دانشگاهی، واحد شهید بهشتی، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	۲۳۴ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	۲۰۰۰۰ ریال: ۶-۱۱۱-۴۷۹-۹۶۴-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی:	فیا
یادداشت	واژه نامه
یادداشت	کتابنامه: ص. ۲۳۰-۲۳۴.
موضوع	راه آهن برقی
موضوع	Electric railroads :
موضوع	راه آهن — تجهیزات برقی
موضوع	Railroads — Electric equipment :
شماره	فاضل، سید سعید، ۱۳۴۵-
شناخت افزوده	مددی کجابادی، حسین، ۱۳۴۲-
شناخت افزوده	جهاد دانشگاهی، واحد شهید بهشتی
رده بندی نگره	۱۳۹۰ س ۹ ج ۷ / TF ۸۵۵
رده بندی دیویی	۶۲۱.۳
شماره کتابشناسی ملی	۵۲۰۶۶۰



عنوان: سیستم‌های حمل و نقل راه آهن برقی

مؤلفین: حامد جعفری کلیبر، سید سعید فاضل، حسین مددی کجابادی

ناشر: جهاد دانشگاهی شهید بهشتی

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

نوبت چاپ: اول ۱۳۹۷

قیمت: ۲۰۰۰۰ ریال

شابک: ۶-۱۱۱-۴۷۹-۹۶۴-۹۷۸

مرکز پخش و توزیع:

اوین - دانشگاه شهید بهشتی - جهاد دانشگاهی واحد شهید بهشتی معاونت فرهنگی مرکز انتشارات

تلفن: ۲۹۹۰۳۱۷۲

کلیه حقوق این اثر متعلق به جهاد دانشگاهی شهید بهشتی می‌باشد.

هرگونه چاپ و تکثیر کل یا قسمتی از محتویات اثر به هر صورت اعم از فتوکپی، برداشت به صورت دست نویس و غیره بدون اجازه کتبی از ناشر ممنوع است و متخلفان به موجب قانون حمایت از ناشران تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

۷	مقدمه
۹	فصل ۱: مقدمه‌ای بر سیستم‌های راه آهن برقی
۹	۱-۱- مقدمه
۱۰	۱-۲- تعریف راه آهن برقی
۱۱	۱-۳- تاریخچه راه آهن برقی
۱۴	۱-۴- مزایا و معایب راه آهن برقی
۱۶	۱-۵- جایگاه راه آهن برقی در دنیا و ایران
۱۹	فصل ۲: مشخصات و اجزای شبکه تغذیه راه آهن برقی
۱۹	۲-۱- مقدمه
۱۹	۲-۲- ساختار شبکه تغذیه
۲۲	۲-۲-۱- شبکه های DC
۲۶	۲-۲-۲- شبکه های AC
۲۸	۲-۳- انواع سیستم جذب انرژی
۲۸	۲-۳-۱- سیستم شبکه بالاسری
۲۹	۲-۳-۲- تجهیزات شبکه بالاسری
۳۶	۲-۳-۳- آرایش‌های گوناگون شبکه بالاسری
۳۹	۲-۴- سیستم پانتوگراف
۴۳	۲-۴-۱- سیستم ریل سوم
۴۶	۲-۴-۲- انواع سیستم‌های حمل و نقل ریلی
۴۷	۲-۴-۲-۱- مونوریل
۴۸	۲-۴-۲-۲- مترو
۴۹	۲-۴-۲-۳- تراموا
۵۲	۲-۴-۲-۴- قطارهای سبک شهری LRT
۵۲	۲-۴-۲-۵- اتوبوس ریلی
۵۳	۲-۴-۲-۶- قطارهای پر سرعت (HSR)
۵۷	۲-۴-۲-۷- قطارهای سریع السیر مغناطیسی (Maglev)
۵۸	۲-۴-۲-۸- سیستم هایپرلوپ Hyperloop
۶۰	۲-۵- ویژگی‌های بار راه آهن برقی

۶۳	فصل ۳: انواع پست‌های شبکه راه آهن برقی
۶۳	۱-۳-۱- مقدمه
۶۴	۲-۳-۲- پست کشش
۶۵	۱-۲-۳- پست های کشش جریان مستقیم
۶۷	۲-۲-۳- پست های کشش جریان متناوب یک فاز ۱۵ kV با فرکانس کم (۱۶/۶۷ هرتز)
۶۸	۳-۲-۳- پستهای کشش جریان متناوب یک فاز ۲۵ kV با فرکانس صنعتی
۶۹	۴-۲-۳- ترانسفورماتورهای پست کشش
۷۰	۳-۳-۳- پست جداساز و موازی ساز و کلیدزنی
۷۲	۴-۳-۳- پست ترانسفورماتور
۷۶	۵-۳-۳- پست ترانسفورماتور
۷۶	۶-۳-۳- انواع شبکه تغذیه راه آهن برقی
۷۹	۱-۶-۳- سیستم تغذیه ساده بدون سیم برگشتی
۷۹	۲-۶-۳- سیستم تغذیه ساده با سیم برگشتی
۸۰	۳-۶-۳- سیستم تغذیه بوستر ترانسفورماتور بدون سیم برگشتی
۸۰	۴-۶-۳- سیستم تغذیه بوستر ترانسفورماتور با سیم برگشتی
۸۱	۵-۶-۳- سیستم تغذیه اتو ترانسفورماتور
۸۲	۶-۶-۳- سیستم تغذیه با کابل کواکسیال
۸۳	فصل ۴: لکوموتیوهای برقی
۸۳	۱-۴-۱- مقدمه
۸۳	۲-۴-۱- اجزای تشکیل دهنده لکوموتیو
۸۵	۱-۲-۴- سیستم جذب جریان
۸۵	۲-۲-۴- ترانسفورماتور اصلی
۸۶	۳-۲-۴- سیستم های کمکی
۸۸	۴-۲-۴- ترکشن موتور
۹۰	۳-۴-۳- ترکیب چرخ های لکوموتیو
۹۳	۴-۴-۱- انواع سیستم کشش و آرایش واگن های لکوموتیو
۹۵	۵-۴-۱- تقسیم بندی لکوموتیوهای برقی
۹۵	۱-۵-۴- شبکه تغذیه DC ترکشن موتور DC
۱۰۱	۲-۵-۴- شبکه تغذیه AC ترکشن موتور DC
۱۰۳	۳-۵-۴- شبکه تغذیه DC ترکشن موتور AC
۱۰۴	۴-۵-۴- شبکه تغذیه AC ترکشن موتور AC
۱۰۵	۶-۴-۱- نمونه مثال هایی از تغذیه ترکشن موتورهای القایی

۱۰۷	۷-۴- انرژی برگشتی حاصل از ترمز بازیابی قطار
۱۱۰	۷-۴-۱- مقدار ظرفیت انرژی برگشتی
۱۱۱	۷-۴-۲- استراتژی‌های توان برگشتی
۱۱۳	فصل ۵: کیفیت توان در شبکه‌های راه آهن برقی
۱۱۳	۵-۱- مقدمه
۱۱۴	۵-۲- شاخص‌های کیفیت توان در راه آهن برقی
۱۱۴	۵-۲-۱- نامعادلی در شبکه
۱۱۹	۵-۲-۲- طیف هارمونیک جریان و ولتاژ
۱۲۳	۵-۲-۳- توان راکتیو و کاهش ضریب قدرت سیستم
۱۲۴	۵-۳- اثرات ترانسفورماتورهای مختلف در پست کشش
۱۲۵	۵-۱-۱- اتصال تک فاز
۱۲۶	۵-۳-۲- اتصال ۳-فاز
۱۲۷	۵-۳-۳- اتصال ستاره-شش
۱۲۸	۵-۳-۴- اتصال اسکات
۱۲۹	۵-۳-۵- اتصال لبلاس
۱۳۰	۵-۴- مقایسه‌ی ترانسفورماتورهای کشش
۱۳۰	۵-۴-۱- تعریف پارامترهای انتخاب ترانسفورماتور کشش - مقایسه آن‌ها
۱۳۴	۵-۴-۲- مقایسه از منظر شاخص‌های کیفیت توان
۱۴۲	۵-۵- راهکارهای بهبود کیفیت توان در شبکه‌های کشش AC
۱۴۲	۵-۵-۱- راهکارهای جبران جریان توالی منفی
۱۴۷	۵-۵-۲- راهکارهای جبران هارمونیک
۱۵۶	۵-۵-۳- راهکارهای جبران توان راکتیو
۱۶۰	۵-۶- بهبود دهنده‌ی کیفیت توان شبکه‌ی راه آهن برقی (RPC)
۱۶۵	فصل ۶: سیستم زمین و مدار برگشت جریان در راه آهن برقی
۱۶۵	۶-۱- مقدمه
۱۶۵	۶-۲- سیستم مدار برگشت جریان و زمین در شبکه‌های DC
۱۶۶	۶-۲-۱- زمین کردن تجهیزات در شبکه DC
۱۷۱	۶-۲-۲- روشهای زمین کردن باس منفی پست تغذیه ترکشن DC
۱۷۶	۶-۳- سیستم مدار برگشت جریان و زمین در شبکه‌های AC
۱۷۷	۶-۴- تحلیل جریانهای سرگردان و کنترل آن

فصل ۷: سیستم‌های کنترل، سیگنالینگ و اسکادا.....	۱۸۱
۱-۷- مقدمه.....	۱۸۱
۲-۷- سیستم‌های سیگنالینگ.....	۱۸۲
۱-۲-۷- انواع سیگنال‌ها.....	۱۸۴
۲-۲-۷- انواع سیستم‌های سیگنالینگ.....	۱۹۰
۳-۷- سیستم‌های بلاک.....	۱۹۳
۴-۷- سیستم‌های اینترلاکینگ.....	۱۹۵
۱-۴-۷- سیستم اینترلاکینگ مکانیکی.....	۱۹۷
۲-۴-۷- سیستم اینترلاکینگ پنلی.....	۱۹۸
۳-۴-۷- سیستم اینترلاکینگ رله‌ای.....	۱۹۸
۴-۴-۷- سیستم اینترلاکینگ کامپیوتری.....	۲۰۰
۵-۷- سیستم‌های آبدار ساز قطار.....	۲۰۲
۱-۵-۷- سیستم مدار.....	۲۰۳
۲-۵-۷- سیستم محور.....	۲۱۱
۳-۵-۷- سیستم بررسی دم "بی" (تیبی).....	۲۱۲
۶-۷- سیستم کنترل ترافیک (اسکادا).....	۲۱۳
۱-۶-۷- سیستم‌های کنترل محلی.....	۲۱۵
۲-۶-۷- سیستم‌های کنترل ترافیک از راه دور.....	۲۱۷
۳-۶-۷- سیستم‌های کنترل مرکزی ترافیک.....	۲۱۹
۷-۷- سیستم کنترل اتوماتیک قطار.....	۲۲۱
۱-۷-۷- سیستم حفاظت اتوماتیک قطار ATP.....	۲۲۲
۲-۷-۷- سیستم هدایت اتوماتیک قطار ATO.....	۲۲۴
۳-۷-۷- سیستم نظارت اتوماتیک قطار ATS.....	۲۲۵
۴-۷-۷- سیستم هشدار اتوماتیک AWS.....	۲۲۶
۸-۷- ماشین سوزن.....	۲۲۷
منابع.....	۲۳۰

مقدمه

محیط زیست بستر رشد، تعالی و بالندگی بشر می باشد و بدون برخورداری از محیط زیست سالم امکان رفاه و توسعه فرهنگ، اقتصاد، اجتماعی و سیاسی نوع بشر وجود ندارد. در عصر حاضر که توسعه لجام گسیخته صنعت از کشور، محدودیت منابع زیستی از سوی دیگر حیات زیست‌مندان را با چالش جدی مواجه کرده است، لزوم حفظ و صیانت عرصه های زیست محیطی ضرورتی انکارناپذیر است.

امروزه صنعت حمل و نقل ریلی به ویژه حوزه راه آهن برقی و قطارهای شهری (مترو) و برون شهری (سریع السیر) با توجه به ویژگی های بی بدیل آن نسبت به سایر روش های حمل و نقل، مورد توجه کارشناسان در سرتاسر جهان قرار گرفته اند. کاهش آلودگی های زیست - محیطی، قابلیت جابه جایی مسافر و بار در حجم زیاد، ایمنی بالا، سرعت زیاد و کاهش زمان سفر و کاهش هزینه های عملیاتی از جمله ویژگی هایی است که باعث توسعه و گسترش روزافزون این صنعت شده اند.

در کشور عزیزمان ایران نیز توجه به حوزه راه آهن برقی و برقی کردن خطوط ریلی در سال های اخیر با توجه به اهداف برنامه ریزی شده در برنامه توسعه ششم و سند چشم انداز سال ۱۴۰۴ جزو اولویت های اصلی وزارت راه، مسکن و شهرسازی قرار گرفته است. توسعه سریع سیستم های قطار شهری (مترو) در کلان شهرها و همچنین انعقاد قراردادهای مختلف مربوط به احداث خطوط قطارهای سریع السیر برون شهری نشان از اهمیت ویژه راه آهن برقی در بین مسئولین، کارشناسان، محققین و مهندسين این حوزه دارد. بی شک آشنایی با ابعاد مختلف و مباحث پایه ای می تواند گام موثری در فرآیند توسعه و پیشبرد اهداف رو به جلو این حوزه داشته باشد.

کتاب حاضر که تحت عنوان سیستم‌های حمل و نقل راه آهن برقی در اختیار شماست، برگرفته از آموخته‌ها، مطالعات و تجربیات چندین ساله اینجانبان در زمینه راه آهن برقی می‌باشد. انگیزه اصلی این کار تألیفی اساساً تدوین و فراهم کردن متنی است کمک آموزشی برای دانشجویان، محققین، کارشناسان و سایر علاقه‌مندان به این حوزه تا بتواند مبانی اولیه و ابعاد مختلف این رشته را معرفی نموده و به عنوان یک راهنما و نقشه راه مورد توجه قرار گیرد.

در انتها بر حسب وظیفه و از باب «من لم یشکر لمنعم من المخلوقین لم یشکر الله عزّ و جلّ» بر خود لازم می‌دانیم از اساتید فرزانه جناب آقای دکتر فرشاد به دلیل حمایت‌ها و راهنمایی‌های بی چشمداشتشان کمال تشکر و قدردانی را به جا آوریم.

در پایان امینواریم کلیه خوانندگان و دوستان محترم با تذکر کاستی‌ها و نقایص بر مؤلفین منت گذارده و بر بهبود و ارتقای مجموعه حاضر ما را یاری فرمایند.

با تشکر

مؤلفین

بهار ۱۳۹۷