بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

آقای سید نقی حسینی ایمنی پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان بهره برداری بهینه از پارکینگ خودروهای برقی به وسیله تولید همزمان برق و حرارت توسط خودروهای هیبریدی الکتریکی قابل اتصال به شبکه در تاریخ ۱۳۹۱/۲/۲۳ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده، پذیرش آنرا برای اخذ درجه کارشناسی ارشد قدرت پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر حسین سیفی	استاد	
استاد مشاور	دکتر محمدکاظم شیخ الاسلامی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر محسن پارسامقدم	استاد	
استاد ناظر	دکتر مسعود علی اکبرگلکار	استاد	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر محسن پارسامقدم	استاد	

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه/رساله مورد تائید است

امضای استاد راهنما:

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

دانشگاه تربیت مدرس

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین نامه های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۳- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ۱۳۸۳/۳/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می شود.

نام و نام خانوادگی: سید تقی حسینی ایمنی

۱۳۹۱/۳/۲۴

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده در رشته برق‌است که در سال ۱۳۹۱در دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر حسین سیفی، مشاوره جناب آقای دکتر محمدکاظم شیخ الاسلامی از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواندخسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده‌نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب سید نقی حسینی ایمنی دانشجوی رشته برق- قدرت مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: سید نقی حسینی ایمنی

تاریخ و امضا:

۱۳۹۱/۲/۲۳

دانشگاه تربیت مدرّس
دانشکده فنی و مهندسی

پایان‌نامه دوره‌ی کارشناسی ارشد مهندسی برق- قدرت

بهره‌برداری بهینه از پارکینگ خودروهای برقی به واسطه تولید همزمان برق و حرارت از خودروهای هیبریدی قابل اتصال به شبکه

سید نقی حسینی ایمنی

استاد راهنما:

دکتر حسین سیفی

استاد مشاور:

دکتر محمد کاظم شیخ‌الاسلامی

بهار ۱۳۹۱

تقدیم

تقدیم به روح پرفتوح آنانی که دیگر در کنارمان نیستند

همانند عموی عزیزم

شهید سید نقی حسینی ایمنی

نهال را باران باید تا بشوید غبار نشسته بر برگ‌هایش و سیرابش کند از آب حیات و

آفتاب باید تا بتاباند قدرت را در وجودش و محکم کند شاخه‌های تازه روییده را

و مهربانی می‌خواهد تا رشد خویش را به تکامل برساند

به نام پدر، بوسه‌ای باید زد دست‌هایی را که می‌تابانند نیرو را و محکم می‌کنند استواری پایه‌های زیستن را و

به نام مادر، بوسه‌ای باید زد دست‌هایی را که می‌شویند غبار خستگی روزگار را و سیراب می‌کنند روح تشنه را

تقدیم به پدر و مادرم

و همسر مهربانم

اگر در خور تقدیم باشد...

تشکر و قدردانی

ایستاده‌ام و می نگرم گذر زمان را

و به خاطر می آورم چه کسی ایستادن را به من آموخت

چه کسی آموخت که در تندبادها پایدار بمانم

و در بازار عمر زندگی خویش را به حراج نگذارم

بر خود می‌دانم که از استاد ارجمند، جناب آقای دکتر حسین سیفی، به خاطر راهنمایی های ارزنده‌شان و نیز انتقال تجارب گران‌قدرشان به اینجانب در طول دوران تحصیل، کمال تشکر و قدردانی را بجا آورم. همچنین وظیفه‌ی خویش می‌دانم تا از استاد مشاور خویش جناب آقای دکتر محمد کاظم شیخ الاسلامی به خاطر راهنمایی های مفیدشان کمال تشکر را به جای آورم.

سید تقی حسینی ایمنی

اردیبهشت ۱۳۹۱

چکیده

با توجه به رشد روز افزون مصرف انرژی و افزایش آلودگی در جهان، کشورهای صنعتی به سمت استفاده از ادوات و تجهیزات کارآمدتر و پربازده‌تر گرویده‌اند. با شکل گرفتن بازار برق و انرژی در بسیاری از کشورهای جهان، مسئله‌ی تأمین انرژی با قابلیت اطمینان مناسب ابعاد دیگری را نیز در برگرفته است. با توجه روز افزون به خودروهای برقی و هیبریدی مسائل زیادی در فناوری و بهره‌برداری از این ایجاد شده است. در این پایان‌نامه سعی شده است تا یک راهبرد برای بهره‌برداری خرده‌فروش از منابع مجتمع شده خودروهای برقی قابل اتصال به شبکه، به واسطه‌ی تولید هم‌زمان برق و حرارت، ارائه شود. از این رو، یک تابع هدف غیر خطی برای بیشینه‌سازی سود بهره‌بردار پارکینگ، بیان شده است. برای بدست آوردن تابع مذکور، از مدل ارتقاء یافته‌ی منابع تولید هم‌زمان برق و حرارت برای هر خودرو که در یک پارکینگ مجتمع شده است، استفاده می‌شود. راهبرد شرکت خرده‌فروش در بازار انرژی و میزان ارائه و دریافت انرژی از خودروها و شبکه، به واسطه‌ی حل تابع هدف، با توجه به قیود سیستم ارائه می‌شود. این قیود بر اساس توان مشترکین، قدرت و توانایی خودروها، شارژ و توانایی دشارژ باتری‌ها، میزان تقاضای انرژی و درآمد هر خودرو در ازای ارائه‌ی خدمات به بهره‌بردار، بیان شده است.

در پایان پایان‌نامه با ارائه‌ی یک شبیه‌سازی عددی برای یک پارکینگ و بار و قیمت انرژی فرضی، مقدار سود ناشی از بهره‌برداری، برنامه‌کاری تولید خودروها و روند کار آن‌ها در سیستم توسط خرده فروش بیان شده است.

کلید واژه: خودروهای هیبریدی، پارکینگ، بهره‌بردار سیستم، تولید هم‌زمان برق و حرارت (CHP).

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست علایم و نشانه‌ها ..... د
فهرست جدول‌ها ..... و
فهرست شکل‌ها ..... ز

فصل ۱- پیشگفتار ۱
۱-۱- مقدمه ۱
۱-۲- تعریف مسئله مورد تحقیق ۳
۱-۳- سرفصل‌های پایان‌نامه ۵

فصل ۲- مروری بر ادبیات خودروهای هیبریدی و منابع تولید هم‌زمان ۶
۲-۱- مقدمه ۶
۲-۲- خودروهای برقی و هیبریدی ۶
۲-۲-۱- جایگاه خودروی برقی (EV) و هیبریدی (PHEV) در سیستم‌های قدرت ۸
۲-۲-۲- فناوری اتصال به شبکه ۹
۲-۲-۳- ادبیات مرتبط با فناوری اتصال خودرو به شبکه در سیستم قدرت ۱۱
۲-۲-۴- بهره‌برداری از خودروهای برقی و تأثیر بر شبکه‌ی قدرت ۱۱
۲-۲-۵- تأثیر خودروهای برقی بر بازار انرژی و خدمات جانبی ۱۳
۲-۲-۶- فناوری‌های به کار رفته در خودروهای برقی و هیبریدی ۱۵
۲-۲-۷- روش حل مسائل در مراجع ۱۵
۲-۳- منابع تولید هم‌زمان ۱۷
۲-۴- سابقه‌ی تاریخی ۱۸
۲-۴-۱- خصوصیات گرمایش ناحیه‌ای ۱۹
۲-۴-۲- انواع فناوری‌های سیستم‌های تولید هم‌زمان برق و حرارت ۲۱
۲-۴-۳- بررسی نحوه عملکرد موتورهای رفت و برگشتی ۲۱
۲-۴-۴- تحقیقات در زمینه تولید هم زمان ۲۳
۲-۴-۴-۱- فناوری تولید هم‌زمان و ارتقاء آن ۲۳
۲-۴-۴-۲- بهره‌برداری از سیستم‌های تولید هم‌زمان و ارائه‌ی خدمات در محیط بازار و سنتی ۲۴
۲-۴-۴-۳ مسائل بهینه‌سازی با یک تابع هدف و یا توابع هدف چندگانه ۲۴
۲-۴-۴-۴- در نظر گرفتن محیط مقررات‌زدایی شده ۲۵
۲-۴-۴-۵- تأثیر متقابل منابع تولید هم‌زمان بر شبکه‌ی برق و محیط زیست ۲۵
۲-۵- نتیجه گیری ۲۷

فصل ۳- روش پیشنهادی ۲۹
۳-۱- مقدمه ۲۹
۳-۲- روش بهره‌برداری پیشنهادی ۲۹
۳-۳- مدل تولید هم‌زمان برق، حرارت و سرما به واسطه موتورهای درون‌سوز ۳۰
۳-۴- مدل CHP ۳۱
۳-۴-۱- مدل‌سازی بهره‌برداری از سیستم CHP ۳۴
۳-۴-۲- تابع هدف مدل CHP ۳۵
۳-۴-۳- قیود مدل CHP ۳۶
۳-۵- شباهت‌ها و تفاوت‌های مدل CHP با خودرو برقی ۳۸
۳-۶- بیان مدل و ساختار کلی سیستم ۳۹
۳-۷- بیان فرضیات در انجام حل مسئله ۴۱
۳-۷-۱- شین حرارتی ۴۱
۳-۷-۲- شین الکتریکی ۴۲
۳-۷-۳- شین باتری ۴۲
۳-۸- مدل‌سازی پارکینگ ۴۳
۳-۹- تابع هدف و قیود پارکینگ ۴۶
۳-۹-۱- تابع هدف مدل پیشنهادی ۴۶
۳-۹-۱-۱- درآمد حاصل از فروش برق به شبکه ۴۷
۳-۹-۱-۲- درآمد حاصل از فروش برق به بار الکتریکی ۴۸
۳-۹-۱-۳- درآمد حاصل از فروش حرارت به بار حرارتی ۴۸
۳-۹-۱-۴- درآمد حاصل از فروش سرما به بار سرمایی ۴۸
۳-۹-۱-۵- هزینه‌ی برق خریداری شده از شبکه ۴۹
۳-۹-۱-۶- هزینه‌ی تولید توان الکتریکی توسط خودروها ۴۹
۳-۹-۱-۷- هزینه‌ی تولید توان حرارتی توسط خودروهای برقی ۴۹
۳-۹-۱-۸- هزینه‌ی چیلر جذبی ۴۹
۳-۹-۱-۹- هزینه‌ی ثابت سیستم ۵۰
۳-۹-۱-۱۰- هزینه‌ی پرداختی به صاحبان خودرو ۵۰
۳-۹-۱-۱۱- هزینه‌ی تولید حرارت توسط بویلر ۵۱
۳-۹-۱-۱۲- هزینه‌ی ذخیره‌ی حرارت در مخزن حرارتی ۵۱
۳-۹-۲- قیود مدل پیشنهادی ۵۱
۳-۹-۲-۱- قیود ساعات کاری خودروها ۵۲
۳-۹-۲-۲- ذخیره‌ی حرارت ۵۲
۳-۹-۲-۳- باتری الکتریکی ۵۳
۳-۹-۲-۴- قیود تعادل ۵۴
۳-۹-۲-۵- قیود نسبت تولید برق و حرارت در خودروها ۵۴

۳-۹-۲-۶- قیود مربوط به رادیاتور ۵۴
۳-۹-۲-۷- قیود تعادلی در سیستم ۵۴
۳-۹-۲-۸- قیود مربوط به توان راکتیو ۵۵
۳-۹-۲-۹- قیود بویلر ۵۵
۳-۹-۲-۱۰- قیود کاری چیلر ۵۵
۳-۱۰- تحلیل حساسیت در سیستم ۵۵
۳-۱۰-۱- افزایش و کاهش تعداد خودروها در پارکینگ ۵۶
۳-۱۰-۲ افزایش و یا کاهش میزان بار الکتریکی، حرارتی و سرمایی کل سیستم ۵۶
۳-۱۰-۳- افزایش و کاهش میزان قیمت شبکه‌ی الکتریکی بالادست ۵۶
۳-۱۱- پیش‌بینی پاسخ سیستم ۵۷
۳-۱۲- نتیجه‌گیری ۵۷

فصل ۴- شبیه‌سازی و مطالعات عددی ۵۹
۴-۱- مقدمه ۵۹
۴-۲- نحوه اعتبار سنجی مدل ۵۹
۴-۳- اطلاعات اولیه‌ی پارکینگ مورد مطالعه ۶۰
۴-۴- مطالعه عددی ۶۴
۴-۴-۱- بهره‌برداری از سیستم با در نظر گرفتن منحنی ثابت بار و قیمت ۶۴
۴-۴-۱-۱- نتایج مثال عددی ۶۶
۴-۴-۱-۲- بررسی میزان سود ۷۲
۴-۴-۲- بهره‌برداری از سیستم با در نظر گرفتن تغییرات بار، قیمت و تعداد خودروها ۷۲
۴-۴-۲-۱- قیمت‌های حاشیه‌ای ۷۳
۴-۴-۲-۲- هزینه‌ی پرداختی به خودروها ۷۴
۴-۴-۲-۳- سود حاصله در سیستم ۷۵
۴-۴-۲-۴- تغییر در تعداد خودروها ۷۵
۴-۵- نتیجه‌گیری ۷۶

فصل ۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۷۷
۵-۱- نتیجه گیری ۷۷
۵-۲- پیشنهادات برای ادامه کار ۷۸

واژه نامه‌ی فارسی به انگلیسی ۸۴

واژه نامه‌ی انگلیسی به فارسی ۸۵

فهرست علایم و نشانه‌ها

عنوان	علامت اختصاری
شاخص شماره خودرو	i
شاخص زمان	k
بار حرارتی برحسب کیلو وات	$Hload$
بار الکتریکی برحسب کیلو وات	$Eload$
بار سرمایی برحسب کیلو وات	C
جریان انرژی دریافتی توسط باتری‌های الکتریکی	x_{rBT}
جریان انرژی ارسالی توسط باتری‌های الکتریکی	x_{sBT}
جریان انرژی الکتریکی خودرو	x_{iE}
جریان انرژی حرارتی خودرو	x_{iH}
جریان انرژی مسیر d که d=1,…,17	x_d
جریان انرژی راکتیو مسیر g	x_{rg}
ثابت تولید چیلر جذبی	$k_{chiller}$
ثابت تولید بویلر کمکی	$k_{Boiller}$
ثابت هزینه کل پارکینگ	k_{const}
ثابت تولید انرژی الکتریکی هر خودرو	kE_{car}
ثابت تولید انرژی حرارت هر خودرو	kH_{car}
ثابت هزینه باتری حرارتی	k_{ST}
حد کمینه تولید چیلر جذبی	$chiller_{\min}$
حد بیشینه تولید چیلر جذبی	$chiller_{\max}$
حد کمینه تولید بویلر کمکی	$boiller_{\min}$
حد بیشینه تولید بویلر کمکی	$boiller_{\max}$
حد کمینه تولید قدرت الکتریکی هر خودرو	$Car_{\min}$
حد بیشینه تولید قدرت الکتریکی هر خودرو	$Car_{\max}$
نسبت کمینه گرما به قدرت	E_l
نسبت بیشینه گرما به قدرت	E_h
راندمان فنی چیلر جذبی	β
راندمان تبدیلی چیلر جذبی	η
راندمان شارژ باتری‌های الکتریکی	ε_{BT}
راندمان دشارژ باتری‌های الکتریکی	δ_{BT}
راندمان شارژ باتری حرارتی	ε_{ST}
راندمان دشارژ باتری حرارتی	δ_{ST}
ظرفیت باتری خودرو	R_tBT
ظرفیت مخزن حرارتی	R_tST
حداقل شارژ باتری خودرو	$Y0BT$
حداقل شارژ باتری حرارتی	$Y0ST$

میزان شارژ باتری خودرو	BT
مقدار اولیه شارژ باتری حرارتی	$initst$
مقدار اولیه شارژ موجود در باتری	$initbt$
ضریب دشارژ باتری حرارتی در حالت عدم استفاده	μ_{ST}
ضریب دشارژ باتری الکتریکی در حالت عدم استفاده	μ_{BT}
ظرفیت شارژ باتری حرارتی	RST_{sh}
ظرفیت دشارژ باتری حرارتی	$RSTd_{sh}$
ظرفیت شارژ باتری الکتریکی خودرو	RBT_{sh}
ظرفیت دشارژ باتری الکتریکی خودرو	RBT_{dsh}
راندمان مسیر الکتریکی	γ_E
راندمان مسیر حرارتی	γ_H
راندمان مسیر سرمایی	γ_C
یک عدد باینری برای بیان وضعیت روشن و خاموش بودن خودرو	u
یک عدد باینری	a
یک عدد باینری	β
عدد باینری نشان دهنده وضعیت حضور خودرو در پارکینگ	$time$
هزینه پرداختی به خودرو بر حسب دلار	bid
میزان پول پرداختی به خودرو بر حسب دلار	pay
تعداد بار مجاز روشن نمودن خودرو	$number$
تعداد ساعات روشن بودن خودرو	$consant$
قیمت انرژی اکتیو فروخته شده به شبکه بر حسب دلار بر کیلو وات ساعت	P_s
قیمت انرژی راکتیو فروخته شده به شبکه بر حسب دلار بر کیلو وات ساعت	Q_s
قیمت انرژی اکتیو خریده شده از شبکه بر حسب دلار بر کیلو وات ساعت	P_b
قیمت انرژی راکتیو خریده شده از شبکه بر حسب دلار بر کیلو وات ساعت	Q_b
قیمت انرژی اکتیو فروخته شده به بار بر حسب دلار بر کیلو وات ساعت	P_{sl}
قیمت انرژی راکتیو فروخته شده به بار بر حسب دلار بر کیلو وات ساعت	Q_{sl}
قیمت انرژی حرارتی بر حسب دلار بر کیلو وات ساعت	P_h
قیمت انرژی سرمای بر حسب دلار بر کیلو وات ساعت	P_c

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول۲-۱: دسته بندی مراجع مرتبط با خودروهای هیبریدی **۱۶**

جدول ۲-۲:اطلاعات مربوط به ۱۰ کشور استفاده کننده‌ی عمده سیستم‌های تولید هم‌زمان **۱۹**

جدول۲-۳:دسته بندی مراجع در مورد منابع تولید هم‌زمان **۲۶**

جدول۴-۱: حضور خودروها در پارکینگ **۶۰**

جدول۴-۲: جدول ساعات کار پیشنهادی، قیمت پیشنهادی، ظرفیت کل باتری و تعداد بار روشن‌کردن برای هر خودرو **۶۱**

جدول۴-۳: جدول میزان ظرفیت تولید پلکانی برای خودروها **۶۲**

جدول۴-۴: ضرایب و ثابت‌های تولیدی برای هر گروه از ماشین‌ها **۶۳**

جدول۴-۵: جدول نسبت حرارت تولیدی به قدرت الکتریکی در سیستم **۶۳**

جدول۴-۶: جدول وضعیت باتری‌های موجود در سیستم پارکینگ **۶۴**

جدول۴-۷: جدول ضرایب ثابت در سیستم. **۶۴**

جدول۴-۸: سود سیستم با توجه به تغییرات بار و قیمت بر حسب دلار در روز **۷۵**

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل۱-۱: مقدمات و گام‌های اطلاعاتی لازم برای بیان موضوع پایان‌نامه ۴
شکل۲-۱:روند پیشرفت خودرو ۸
شکل ۲-۲: طرح‌واره ارتباط مخابراتی بین خودروی برق‌ده و شبکه‌ی قدرت ۱۰
شکل۲-۳: مقالات ارائه شده در زمینه خودروهای برقی و هیبریدی در نشریات IEEE ۱۱
شکل ۲-۴: تجهیزات بازیافت و انتقال حرارت ۱۸
شکل۲-۵: درصد استفاده از CHP برای تولید انرژی در کشورهای مختلف ۱۸
شکل ۲-۶: مقایسه بازده انرژی در نیروگاه‌های معمول و نیروگاه‌های تولید هم‌زمان ۲۰
شکل ۲-۷: بازیافت حرارت از موتورهای رفت و برگشتی ۲۲
شکل۲-۸: تعداد مقالات ارائه شده در زمینه منابع تولید هم‌زمان بر حسب سال ۲۳
شکل ۳-۱: روند نمای سیکل بالا و سیکل پایین ۳۱
شکل ۳-۲: جریان انرژی در یک CHP ۳۲
شکل ۳-۳: روند نمای جریان انرژی در سیستم CHP ۳۳
شکل۳-۴: مشخصه فضای کار شدنی CHP ۳۷
شکل۳-۵: روندنمای قدرت‌دهی خودرو هیبریدی ۳۸
شکل ۳-۶: پراب اتصال سیستم پارکینگ به خودرو ۴۱
شکل ۳-۷: شین حرارتی و مسیرهای انتقال انرژی در بخش حرارتی ۴۲
شکل ۳-۸: شین الکتریکی و مسیرهای انتقال انرژی در بخش برقی ۴۲
شکل ۳-۹: شین باتری و مسیرهای انتقال انرژی در شین باتری ۴۳
شکل ۳-۱۰: روند نمای انرژی در سیستم پارکینگ ۴۴
نمودار ۴-۱: منحنی قیمت بازار پیش‌بینی شده ۶۵
نمودار۴-۲: منحنی بار پیش‌بینی شده ۶۵
نمودار۴-۳: منحنی وضعیت تبادل شین باتری الکتریکی ۶۶
نمودار۴-۴: منحنی وضعیت تبادل باتری حرارتی ۶۶
نمودار۴-۵: منحنی تأمین بار الکتریکی در مدل پیشنهادی ۶۷
نمودار۴-۶: منحنی تأمین بار حرارتی در مدل پیشنهادی ۶۷
نمودار۴-۷: وضعیت بویلر کمکی ۶۸
نمودار۴-۸: وضعیت چیلر جذبی ۶۸
نمودار ۴-۹: خروجی شین الکتریکی ۷۰

نمودار ۴-۱۰: خروجی شین حرارتی **۷۰**
نمودار ۴-۱۱: وضعیت شبکه **۷۱**
نمودار ۴-۱۲: هزینه‌ی افزایشی سیستم **۷۱**
نمودار۴-۱۳: مقدار پرداختی به صاحبان خودروها..... **۷۲**
نمودار ۴-۱۴:منحنی بار الکتریکی روزانه مربوط به سه فصل تابستان، پاییز و زمستان **۷۳**
نمودار ۴-۱۵: منحنی قیمت انرژی الکتریکی در شبکه بالادست مربوط به سه فصل تابستان، پاییز و زمستان..... **۷۳**
نمودار ۴-۱۶: منحنی قیمت قرارداد انرژی الکتریکی با بار الکتریکی مربوط به سه فصل تابستان، پاییز و زمستان..... **۷۳**
نمودار۴-۱۷: منحنی هزینه‌ی افزایشی شین الکتریکی با توجه به بار سه فصل تابستان، پاییز و زمستان و با فرض ثابت بودن تعداد خودروها..... **۷۳**
نمودار ۴-۱۸: منحنی هزینه‌ی افزایشی شین حرارتی با توجه به این سه بار بار سه فصل تابستان، پاییز و زمستان و با فرض ثابت بودن تعداد خودروها..... **۷۴**
نمودار ۴-۱۹: منحنی هزینه‌ی پرداختی به خودروها با توجه به تغییر قیمت انرژی..... **۷۴**
نمودار ۴-۲۰: منحنی سود سیستم با تغییر تعداد خودروها..... **۷۶**

فصل ۱- پیشگفتار

۱-۱- مقدمه

انرژی یکی از ابتدایی‌ترین نیازهای بشر در طول تاریخ بوده است. در ابتدا بشر از انرژی‌های موجود در طبیعت (باد، آب و...) برای انجام امور خویش بهره می‌برد تا اینکه در قرن هجدهم میلادی موتورهای بخار و الکتریکی وارد دنیای در حال پیشرفت شدند. پس از آن پیشرفت در صنایع و حمل و نقل، تنها به ساخت موتورهای پرقدرت‌تر و فرایندهای سریع‌تر مربوط می‌گشت. در دوران جنگ‌های جهانی اول و دوم بشر به دنبال استفاده‌ی هر چه بیشتر منابع برای دست‌یابی به قدرت تبدیلی بیشتر بدون توجه به راندمان و هزینه‌ی سوخت بود و این امر سبب افزایش افسار گسیخته میزان مصرف سوخت از یک‌سو و وابستگی زیاد این کشورها به منابع فسیلی بود. از سویی دیگر افزایش میزان مصرف سوخت فسیلی سبب ایجاد آلودگی زیادی در جهان شد که این دو موضوع کشورهای جهان به خصوص کشورهای صنعتی، را تا حدودی نگران ساخت.

با ایجاد بحران نفتی در دهه‌ی ۷۰ میلادی و رخ دادن جنگ خلیج فارس، نگرانی کشورهای صنعتی به خاطر وابستگی بسیار به سوخت به حداکثر میزان ممکنه رسید و این کشورها تصمیم در کاهش میزان مصرف سوخت و همچنین افزایش کارایی و راندمان ادوات و تجهیزات مصرف‌کننده گرفتند. با تحقیقات انجام شده در زمینه‌ی مصرف سوخت، عوامل عمده‌ی مصرف مشخص شده و برنامه‌هایی برای کنترل این میزان مصرف و همچنین افزایش کارایی از سوخت فسیلی پیاده‌سازی شد. از جمله‌ی این موارد می‌توان به برنامه‌هایی همچون افزایش کارایی خودروهای موجود در ناوگان حمل و نقل و مبدل‌های حرارتی و نیروگاه‌های تولید پراکنده اشاره کرد.

خودروهای موجود در کشورها به سبب استفاده از موتورهای درون‌سوز و استفاده از سوخت‌های فسیلی، دارای میزان تولید آلودگی زیاد و همچنین راندمان کاری پایینی هستند. بر همین اساس دولت‌ها با تشویق تولیدکنندگان خودرو و حمایت از آن‌ها در عرصه‌ی ساخت خودروهای با راندمان بیشتر، سعی در افزایش کارایی و راندمان خودروها نمودند. در این زمینه کمپانی‌هایی مانند تویوتا، دایملرکرایسلر، جنرال موتور و... اقدام به ساخت خودروهای برقی[1] و هیبریدی[2] نمودند. مشکل عمده‌ی این خودروها روند و برنامه شارژ و کنترل این خودروها در مسافت‌های گوناگون بود [۱].

[1] Electrical Vehicls (EV)
[2] Hybrid Electrical Vehicls(HEV)

با پیشرفت فناوری و استفاده از باتری‌های پیشرفته‌تر و همچنین تولید موتورهای درون‌سوز و الکتریکی کارآمدتر، این خودروها با حل بخشی از مشکلات، روانه بازار شدند. با به وجود آمدن درایوهای الکتریکی چند جهته، امکان شارژ و دشارژ این خودروها از طریقه شبکه برق به وجود آمد که منتهی به تولید خودروهایی با فناوری اتصال به شبکه[1] شد. این خودروها دارای توانایی و راندمان کاری بیشتری از خودروهای سنتی بودند که در نتیجه، علاقه‌مندان زیادی در دنیا پیدا نمود.

با افزایش سطح حضور منابع تولید پراکنده از جمله خودروهای برق‌ده، در فرآیند محاسبات مربوط به قابلیت اطمینان باید تغییراتی را ایجاد نمود. همچنین با افزایش ظرفیت خودروهای برق‌ده موجود در شبکه‌ی قدرت و فراهم آوردن امکان تبادل انرژی با شبکه برای آن‌ها، می‌بایست چارچوب مناسبی را برای مبادلات اقتصادی در این زمینه با در نظر گرفتن امنیت و قابلیت اطمینان شبکه تدوین نمود. این امر از آن‌رو دارای اهمیت است که حضور قابل توجه خودروهای الکتریکی با قابلیت اتصال به شبکه، می‌تواند موجب تغییرات اساسی در منحنی بار شود که این خود بر چگونگی بهره‌برداری از شبکه تأثیرگذار خواهد بود. اتصال خودروی برق‌ده به شبکه‌ی قدرت سبب ایجاد نوعی بار با تعریف جدید می‌شود، بدین ترتیب که این خودروها می‌توانند در هنگام شارژ به صورت مصرف‌کننده‌ی توان الکتریکی و هنگام دشارژ به عنوان نوعی تولیدکننده‌ی (مولد) توان الکتریکی برای شبکه‌ی قدرت محسوب شوند [۲]. از سویی دیگر اگر موتور درون‌سوز خودروهای هیبریدی روشن شود و توان الکتریکی ژنراتور نیز مورد استحصال شود میزان تولید انرژی الکتریکی خودروها بسیار زیاد می‌شود.

با توجه به انعطاف‌پذیری این فناوری، طراحی مدلی مناسب با توجه به ویژگی‌های خودروی هیبریدی برای مطالعات مربوط به شبکه‌ی قدرت ضروری به نظر می‌رسد. از سوی دیگر بر اساس تعاریف مراجع معتبر از شبکه‌های هوشمند[2]، مفهوم خودرو-به-شبکه[3] از اجزای جداناپذیر این تعاریف به حساب می‌آید [۱-۳]. با توجه به موضوعات اشاره شده، خودروی هیبریدی می‌تواند نقش مهمی در بهره‌برداری از سیستم قدرت، قابلیت اطمینان سیستم و همچنین تأثیر در قیمت بازار انرژی ایفا کند.

از سویی دیگر با به وجود آمدن بازار برق و انرژی در بسیاری از کشورها، کاهش میزان مصرف انرژی جایگاه خود را به بهره‌برداری بهینه از منابع اولیه واگذار نمود و بر این اساس، بسیاری از شرکت‌ها تلاش خود را در تولید و مصرف بهینه انرژی متمرکز کردند و ارائه‌ی انرژی مازاد خود به بازار برق را در برنامه‌ی کاری خود قرار دادند. از سویی دیگر با توجه به کوچکی برخی از تولیدکنندگان مانند خودروها برای تولید انرژی، برخی از شرکت‌ها سعی در جمع‌آوری منابع و هماهنگی بین آن‌ها برای ارائه‌ی خدمات به شبکه

[1] Plug in Hybrid Electrical Vehicls (PHEV)
[2] Smart grids
[3] Vehicle-to-Grid (V2G)

برق نمودند. این شرکت‌ها در سیستم قدرت به عنوان تجمیع‌کننده[1] خود را معرفی و خدمات گوناگونی را به شبکه برق و مشتریان انرژی ارائه می‌دادند. از جمله‌ی این تجمیع‌کنندگان، می‌توان پارکینگ‌های عمومی را نام برد که این توان را دارند که خودروهای ورودی را با یک برنامه خاص، مورد شارژ و دشارژ هوشمند قرار دهند و خودرو هنگام خروج از پارکینگ بنا به قرارداد بهره‌بردار با صاحب خودرو در ظرفیتی از شارژ بهینه به سر برد. این پارکینگ‌ها همچنین در برنامه‌ریزی مشارکت واحدها با هدف کاهش هزینه و آلودگی با حضور خودرو-به-شبکه استفاده شده‌اند [۴]. با استفاده‌ی روزافزون از منابع تجدیدپذیر انرژی برای تولید برق و ویژگی غیرقابل پیش‌بینی بودن این منابع، خودروی برق‌ده، به عنوان راه‌حلی مناسب برای برطرف نمودن مشکلات ناشی از تصادفی بودن طبیعت منابعی همچون باد و انرژی خورشید مطرح شده‌اند [۵].

از سویی دیگر هنگامی که این خودروها در یک مکان مانند پارکینگ عمومی جمع‌آوری می‌شوند این امکان به وجود می‌آید که بتوانند توان زیادی را با شبکه برق مبادله و یا در خود ذخیره‌سازی نمایند [۶].

یکی دیگر از مصرف‌کنندگان عمده سوخت در کشورهای جهان، منابع تولید پراکنده و نیروگاه‌ها بوده که برای تولید برق ایجاد شده است. این منابع به علت پایین بودن میزان راندمان کاری در حالت کلی سود اقتصادی زیادی نداشته و بخش زیادی از انرژی حاصله از سوخت را به هدر می‌دهند. برای جبران این موضوع، در این کشورها استفاده از منابع تولید هم‌زمان برق و حرارت[2] در دستور کار قرار گرفت و دولت‌ها با تشویق تولیدکنندگان و سوق دادن آن‌ها به سمت تولید هم‌زمان سعی در بالا بردن میزان راندمان کاری واحدهای تولیدی نمودند. حرارت ایجاد شده از این منابع صرف مصارف حرارتی مورد نیاز می‌گشت و بدین شکل نیاز به تولید حرارت از طریق سوزاندن منابع فسیلی کمتر شد [۷].

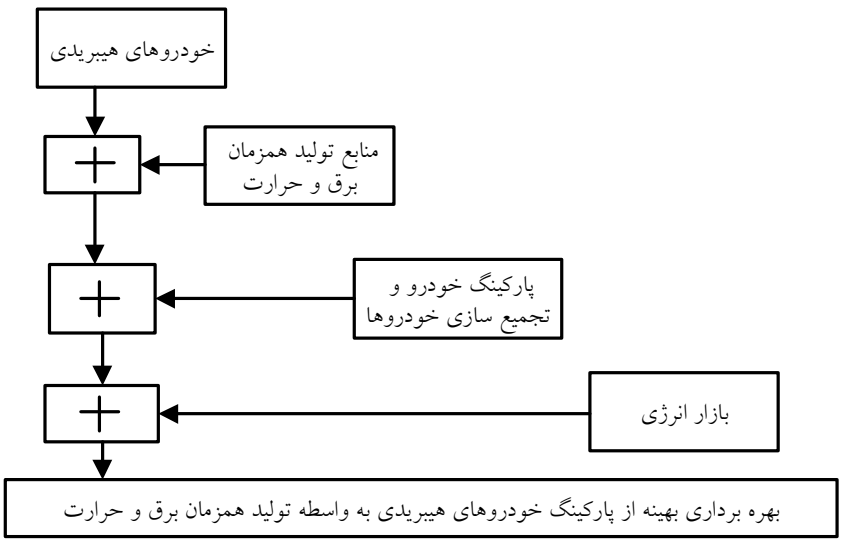
۱-۲- تعریف مسئله مورد تحقیق

براساس پیشرفت‌های انجام شده در زمینه خودروهای برقی، صنایع خودروسازی و بهره‌برداری از پارکینگ خودروهای برقی، در این پایان‌نامه فرض شده است که یک خودروی هیبریدی این توانایی را دارا می‌باشد که بتواند به طور هم‌زمان توان الکتریکی و حرارتی را ارائه دهد. برای این منظور در این پایان‌نامه فرض شده است که یک پارکینگ با تجهیزات خاص جمع‌آوری انرژی وجود دارد. خودروهای هیبریدی موجود در این پارکینگ این توانایی کاری را دارند که به واسطه‌ی دستور بهره‌بردار پارکینگ، موتور درون‌سوز خود را روشن بنمایند. با روشن نمودن موتور درون‌سوز، خودروها سوخت ورودی به

[1] Aggregator
[2] Combine Heat and Power (CHP)

سیستم خود را سوزانده و به خاطر ادوات و تجهیزات موجود در خودرو می‌توانند برق و حرارت تولید نمایند. برق تولیدی بنا به برنامه‌ریزی بهره‌بردار پارکینگ از خودرو استحصال‌شده و مصرف می‌شود. حرارت تولیدی از خودرو نیز توسط یک جریان آب از خودرو دریافت و صرف بار حرارتی می‌شود. از آنجا که توان تولیدی یک خودرو بسیار اندک می‌باشد در این پایان‌نامه از یک تجمیع‌کننده (پارکینگ) برای افزایش میزان تولید مجموعه استفاده شده است. بهره‌بردار پارکینگ با استفاده از منحنی بارهای حرارتی و الکتریکی که در اختیار دارد، یک برنامه‌ریزی برای تولید انرژی از خودروهای موجود در پارکینگ ارائه می‌دهد. این برنامه‌ریزی شامل روشن و خاموش کردن خودروها، میزان تولید هر خودرو، میزان استفاده از منابع کمکی (مانند بویلر کمکی، چیلر جذبی، باتری حرارتی و شبکه بالادست) با توجه به برنامه ورود و خروج خودروها می‌باشد. هدف بهره‌بردار از این برنامه‌ریزی خودروها، حداکثرسازی میزان سود حاصله از سیستم پارکینگ به واسطه فروش انرژی الکتریکی و حرارتی می‌باشد. برای این مقصود بهره‌بردار باید فرضیات و قیودی را در مسئله‌ی خویش رعایت نماید تا حدود فیزیکی و قراردادی خود با صاحبان خودرو و بارها را نقض ننماید.

به طور خلاصه برای انجام این پایان‌نامه باید مطالبی شامل خودروهای برقی، سیستم‌های تولید هم‌زمان برق و حرارت، بازار برق و تجمیع‌کننده مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفته و همان طور که در شکل (۱-۱) نشان داده شده است نتیجه کار ترکیبی از این موارد است که بر اساس آن فصول این پایان‌نامه به وجود آمده‌اند.



شکل ۱-۱: مقدمات و گام‌های اطلاعاتی لازم برای بیان موضوع پایان‌نامه

بر اساس روند ارائه شده در شکل (۱-۱)، در ابتدا، با توجه به مرجع [۱ و ۸] فرض می‌شود که خودروهای هیبریدی توانایی ارائه برق و حرارت را دارند. بر این اساس، یک مدل ارتقاء یافته از منابع تولید هم‌زمان برق و حرارت برای هر خودرو ارائه شده است. این مدل به علت دارا بودن منابع ذخیره