



۱۳۰۷

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق-قدرت

مدلسازی جهت بهره برداری بهینه یک جمع کننده خودروهای قابل اتصال به شبکه در بازار رزرو

توسط:

حبیب الله خردمند خانکهدانی

استاد راهنما:

دکتر سید مسعود مقدس نفرشی

مهر 1391

الله الرحمن الرحيم

تأییدیه هیات داوران

(برای پایان نامه)

اعضای هیئت داوران، نسخه نهائی پایان نامه خانم / آقای:

حبیب اله خردمند خانکهدانی

را با عنوان:

مدلسازی جهت بهره برداری بهینه یک جمع کننده خودروهای قابل اتصال به شبکه در بازار رزرو
از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی / کارشناسی ارشد تأیید
می کند.

امضاء	رتبه علمی	نام و نام خانوادگی	اعضای هیئت داوران
			۱- استاد راهنما
			۲- استاد مشاور
			۳- استاد مشاور
			۴- استاد ممتحن
			۵- استاد ممتحن
			۶- نماینده تحصیلات تکمیلی

اظهارنامه دانشجو

موضوع پایان نامه: مدلسازی جهت بهره برداری بهینه یک جمع کننده خودروهایی قابل اتصال به

شبکه در بازار رزرو

استاد راهنما: دکتر سید مسعود مقدس تفرشی

نام دانشجو: حبیب اله خردمند خانکهدانی

شماره دانشجویی: 8903704

اینجانب حبیب اله خردمند خانکهدانی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق گرایش سیستم - های قدرت و فشار قوی دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان نامه توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تأیید است، و در موارد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان نامه چارچوب مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو:

تاریخ:

فرم حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

1- حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن است. هر گونه کپی برداری بصورت کل پایان نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز است.

2- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی است و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست. همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نیست.

تقدیم به

پدر، مادر و همسر

به پاس همه‌ی محبت‌ها و همدلی‌هایشان

تشکر و قدردانی

برخود لازم می دانم از استاد ارجمندم، جناب آقای دکتر تفرشی، بخاطر راهنمایی هایشان در تمام مراحل انجام پروژه تقدیر و تشکر نمایم، همچنین از جناب مهندس سلیمی نیز که در انجام این پروژه بنده را راهنمایی نمودند، تشکر می نمایم.

چکیده

در این پایان نامه مدلی جهت بهره برداری بهینه یک جمع کننده خودروهای قابل اتصال به شبکه در بازار خدمات رزرو ارائه می گردد، در حالیکه شیوه قیمت دهی در این بازار مبتنی بر تئوری بازی بر مبنای مدل کارنات می باشد. این بازار توسط مدیر شبکه توزیع تشکیل می گردد و قیمت انرژی و خدمات رزرو بازار بالادست (ISO) نیز جهت بدست آوردن کمترین قیمت ممکن در مدل پیشنهادی دیده می شود. در این مدل پیشنهادی ابتدا بازار انرژی تشکیل می گردد و پس از آن بازار خدمات رزرو در سطح شبکه توزیع تشکیل می شود. در این مدل پیشنهادی، پس از اعلام میزان انرژی و رزرو مورد نیاز شبکه توزیع توسط مدیر شبکه توزیع (DSO)، شرکت کنندگان در بازار، پیشنهادات خود را مطابق با الگوریتم تئوری بازی تا بدست آمدن میزان انرژی و یا رزرو مورد نظر DSO ارائه می دهند. در حالتی که میزان انرژی و یا ظرفیت رزرو قابل تامین در بازار DSO پایین تر از میزان مورد نیاز باشد و یا قیمت در بازار بالا دست پایین تر از قیمت بدست آمده از بازار DSO باشد، قیمت در بازار بالادست را به عنوان قیمت تسویه نهایی بازار اعلام می نماید. در ابتدا این قیمت به شرکت کنندگان در بازار شبکه توزیع اعلام می شود و براساس این قیمت تابع سود این شرکتها بهینه می شود و میزان پیشنهاد خود را با این قیمت اعلام شده به DSO ارائه می دهند. DSO موظف به پذیرش پیشنهادات این شرکت کنندگان در بازار شبکه توزیع می باشد و باید میزان کمبود انرژی و یا ظرفیت رزرو مورد نیاز خود را سپس از بازار بالادست تامین نماید. به این صورت هم حداکثرسازی رفاه اجتماعی با بدست آمدن کمترین قیمت ممکنه بدست می آید و هم حمایت از تولیدکنندگان کوچک در شبکه توزیع در مقابل تولیدکنندگان بزرگ حاصل می گردد. در این پایان نامه برای بهینه سازی تابع هدف از الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. نتایج شبیه سازی این مدل بهره برداری از جمع کننده خودروهای برقی نشان می دهد، که جمع کننده خودروهای برقی قادر به شرکت در بازار خدمات رزرو و رقابت با دیگر شرکت کنندگان در بازار خدمات رزرو می باشد.

کلمات کلیدی: جمع کننده خودروهای برقی، خودروهای برقی قابل اتصال به شبکه، تئوری بازی، بازار خدمات رزرو، رزرو بالا و پایین.

1	پیشگفتار
5	فصل اول) بیان مفاهیم اولیه بازار برق و خدمات رزرو
6	1-1) بازار برق
6	2-1) مدیر شبکه توزیع
7	3-1) انواع بازار
7	1-3-1) بازار انرژی
7	2-3-1) بازار خدمات رزرو
8	4-1) انواع روشهای تسویه بازار انرژی و خدمات رزرو
8	5-1) هزینههای پرداختی در بازار رزو
9	6-1) جمعبندی
10	فصل دو) بیان مفاهیم اولیه خودروهای برقی و جمعکننده خودروهای برقی
11	1-2) انواع خودروهای برقی
11	1-1-2) خودروهای برقی قابل اتصال (pev)
11	2-1-2) خودروهای هیبریدی (HEV)
12	3-1-2) خودروهای هیبریدی قابل اتصال به شبکه
12	2-2) دسته بندی خودروهای برقی براساس میزان کنترل پذیری
14	3-2) جمع کننده
16	4-2) اتصال خودروهای هیبریدی به شبکه (V2G)
18	1-4-2) ظرفیت های اقتصادی به وجود آمده بواسطه خودروهای قابل اتصال به شبکه
19	2-4-2) ظرفیت های فنی به وجود آمده بواسطه خودروهای قابل اتصال به شبکه
19	5-2) خدمات
25	6-2) مزیت های اقتصادی و اجتماعی جمع کننده خودروهای برق
25	1-6-2) از جهت اپراتور شبکه
25	2-6-2) از جهت صاحبان خودروهای برقی
25	3-6-2) از جهت زیست محیطی
26	7-2) جمع بندی
27	فصل سوم) مروری بر مطالعات پیشین
28	1-3) بررسی مراجع با موضوع حضور خودروهای برقی در بازار
34	2-3) بررسی مراجع با موضوع تئوری بازی
35	3-3) جمع بندی

37.....	فصل چهارم) مدل پیشنهادی از جمع کننده خودروهای برقی در بازار خدمات رزرو
38.....	1-4) ساختار کلی جمع کننده خودروهای برقی پیشنهادی
40.....	1-1-4) خودروهای برقی
45.....	2-1-4) ذخیره ساز انرژی
47.....	3-1-4) تجهیزات مخابراتی، زمین و لوازم شارژ و دشارژ خودروهای برقی و غیره
47.....	4-1-4) مرکز مدیریت جمع کننده خودروهای برقی
48.....	2-4) شرکت کنندگان در بازار خدمات رزرو
51.....	3-4) بازار انرژی روز جلوتر در شبکه توزیع
52.....	4-4) مدل بازار برق برای خدمات رزرو در شبکه توزیع
55.....	1-4-4) پیشنهاد توان در بازار رزرو
56.....	1-4-4) مدل تسویه بازار]
57.....	5-4) فلوچارت نحوه پیشنهاد دهی در بازار خدمات رزرو
61.....	6-4) فلوچارت نحوه پیشنهاددهی در بازار انرژی
62.....	7-4) حداکثر سازی سود با بهینه سازی تابع هدف
62.....	8-4) مدلسازی تابع هدف
65.....	1-8-4) قیود جمع کننده خودروهای برقی
68.....	2-8-4) قیود واحدهای حرارتی
69.....	9-4) جمع بندی
71.....	فصل پنجم) شبیه سازی مدل پیشنهادی و ارزیابی نتایج
72.....	1-5) اطلاعات اولیه شرکت کنندگان در بازار خدمات رزرو
79.....	2-5) نتایج شبیه سازی و ارزیابی نتایج تشکیل بازار انرژی در سطح شبکه توزیع
79.....	1-2-5) تعیین MCP اولیه برای بازار انرژی
79.....	2-2-5) تعیین MCP انرژی با توجه به مدل پیشنهادی مطابق شکل (4-10)
83.....	3-2-5) صحنه گذاری بر نتایج بدست آمده در بازار انرژی
84.....	3-5) نتایج شبیه سازی و ارزیابی نتایج تشکیل بازار خدمات رزرو
84.....	1-3-5) سناریو اول در بازار خدمات رزرو
92.....	2-3-5) سناریو دوم در بازار خدمات رزرو
102.....	فصل ششم) نتیجه گیری و پیشنهادات
103.....	1-6) نتایج
104.....	2-6) پیشنهادات
105.....	پیوست
111.....	مراجع

فهرست شکل‌ها

- شکل 2-1: عملکرد جمع‌کننده به عنوان واسطه بین خودروها شبکه [7]..... 15
- شکل 2-2: خودروهای هیبریدی قابلیت اتصال به شبکه را دارند (V2G) [7]..... 17
- شکل 2-3: مراحل اتلاف توان در خودرو با سوخت فسیلی [8]..... 18
- شکل 2-4: منحنی بار و قیمت توان [11]..... 20
- شکل 2-5: ارائه خدمات تنظیمی به شبکه همراه با قیمت آن را برای بازار PJM [11]..... 21
- شکل 4-1: تعاملات کلی جمع‌کننده خودروهای برقی پیشنهادی..... 39
- شکل 4-2: مکان اتصال خودروهای برقی به شبکه..... 41
- شکل 4-3: تغییرات انرژی ذخیره شده در ذخیره ساز انرژی..... 46
- شکل 4-4: شرکت کنندگان در بازار خدمات رزرو..... 48
- شکل 4-5: تعاملات بازار انرژی برای 24 ساعت آینده در شبکه توزیع..... 51
- شکل 4-6: مدل بازار خدمات رزرو پیشنهادی..... 53
- شکل 4-7: ساختار کلی بازار در مدل پیشنهادی بازار خدمات رزرو..... 54
- شکل 4-8: نحوه تسویه بازار..... 56
- شکل 4-9: فلوچارت تئوری بازی برای شرکت جمع‌کننده خودروهای برقی در بازار خدمات رزرو..... 60
- شکل 4-10: فلوچارت تئوری بازی برای بازار انرژی..... 61
- شکل 5-1: میزان ذخیره انرژی در دسترس جمع‌کننده خودروهای برقی در هر ساعت..... 74
- شکل 5-2: حالت میزان ظرفیت خالی باتری خودروها در هر ساعت از شبانه روز در دسترس جمع‌کننده خودروهای برقی..... 75
- شکل 5-3: انرژی مورد تقاضا در هر ساعت از شبانه روز..... 77
- شکل 5-4: قیمت نهایی انرژی در هر ساعت (\$/MWh) با توجه به قیمت انرژی در بازار بالادست و بازار DSO..... 81
- شکل 5-5: انرژی ذخیره شده در ذخیره ساز انرژی..... 89
- شکل 5-6: وضعیت 24 ساعت خودروهای برقی زیرمجموعه جمع‌کننده خودروهای برقی..... 90
- شکل 5-7: انرژی ذخیره شده در ذخیره ساز انرژی..... 98
- شکل 5-8: وضعیت خودروهای برقی در 24 ساعت بازار خدمات رزرو..... 99
- شکل 1: تکثیر دو نقطه‌های..... 107
- شکل 2: روند پیشنهاددهی یک GENCO با استفاده از GA..... 110

فهرست جداول

- جدول 2-1: فهرست مقالات بررسی شده 36
- جدول 5-1: مشخصات تجهیزات جمع کننده خودروهای برقی 72
- جدول 5-2: میزان درصد شارژ باتری خودروهای برقی (soc) در شبانه روز 73
- جدول 5-3: درصد اتصال خودروهای برقی به شبکه (sop) در هر ساعت از شبانه روز 73
- جدول 5-4: میزان ذخیره انرژی در دسترس جمع کننده خودروهای برقی در هر ساعت 73
- جدول 5-5: میزان ظرفیت خالی باتری خودروها در هر ساعت از شبانه روز در دسترس جمع کننده خودروهای برقی 74
- جدول 5-6: مشخصات واحد ذخیره ساز انرژی 75
- جدول 5-7: مشخصات واحدهای حرارتی Genco.1 76
- جدول 5-8: مشخصات واحدهای حرارتی Genco.2 76
- جدول 5-9: انرژی مورد تقاضا در هر ساعت از شبانه روز 76
- جدول 5-10: میزان رزرو مورد تقاضا در هر ساعت از شبانه روز 77
- جدول 5-11: قیمت انرژی در هر ساعت (\$/MWh) در بازار بالادست (ISO) 78
- جدول 5-12: قیمت خدمات رزرو بالا و پایین در بازار بالادست (ISO) 78
- جدول 5-13: پارامترهای الگوریتم ژنتیک 78
- جدول 5-14: MCP اولیه انرژی در هر ساعت (\$/MWh) 79
- جدول 5-15: قیمت نهایی انرژی در هر ساعت (\$/MWh) 80
- جدول 5-16: میزان تولید انرژی (MW) هرکدام از واحدهای حرارتی در شبکه DSO 81
- جدول 5-17: میزان انرژی خریداری شده (MW) از بازار بالادست (ISO) 82
- جدول 5-18: نسبت MCP نهایی به MCP اولیه در بازار انرژی 83
- جدول 5-19: MCP اولیه رزرو بالا (\$/MWh) با حضور جمع کننده خودروهای برقی در بازار خدمات رزرو در سناریو اول 84
- جدول 5-20: MCP اولیه رزرو پایین (\$/MWh) با حضور جمع کننده خودروهای برقی در بازار خدمات رزرو در سناریو اول 85
- جدول 5-21: MCP نهایی رزرو بالا (\$/MWh) با حضور جمع کننده خودروهای برقی در بازار خدمات رزرو در سناریو اول 86
- جدول 5-22: MCP نهایی رزرو پایین (\$/MWh) با حضور جمع کننده خودروهای برقی در بازار خدمات رزرو در سناریو اول 86
- جدول 5-23: میزان رزرو خریداری شده (MW) از بازار بالادست (ISO) در سناریو اول 86
- جدول 5-24: میزان ظرفیت رزرو بالا و پایین برنده شده (MW) در بازار خدمات رزرو برای شرکت کنندگان در بازار خدمات رزرو در شبکه توزیع در سناریو اول 87