





دانشکده مهندسی برق و رباتیک

گروه قدرت

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت

هماهنگ سازی بهینه شارژ خودروهای برقی متصل به شبکه

خانگی در شبکه هوشمند با هدف کاهش تلفات شبکه

نگارش:

محمد رضا کیخاونی

استاد راهنما :

جناب آقای دکتر حاجی زاده

استاد مشاور:

جناب آقای دکتر بانژاد

بهمن ۹۲



مدیریت تحصیلات تکمیلی
فرم شماره (۶)

بسمه تعالی

شماره ۱۱۳۷/آ.ت.ب

تاریخ: ۹۲/۱۱/۲۹

ویرایش: -----

فرم صورتجلسه دفاع پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خاتم / آقای:

محمد رضا گیخاونی رشته: برق گرایش: قدرت

تحت عنوان: هماهنگ سازی بهینه شارژ خودروهای برقی متصل به شبکه خانگی در شبکه هوشمند با هدف کاهش تلفات شبکه
که در تاریخ ۹۲/۱۱/۲۹ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح زیر است:

قبول (با درجه بسیار خوب امتیاز ۱۸-۱۸) دفاع مجدد مردود

۱- عالی (۲۰ - ۱۹) ۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹ - ۱۸)

۳- خوب (۱۷/۹۹ - ۱۶) ۴- قابل قبول (۱۵/۹۹ - ۱۴)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	امیرحاج زاده	استاد	
۲- استاد مشاور	صهوی باقرزاد	استادیار	
۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	مرتضی رحیمی	استادیار	
۴- استاد امتحن	محسن اصیلی	استادیار	
۵- استاد امتحن	جهانگیر آقا	استادیار	

رئیس دانشکده:

تقدیم

به پدرم مهربانم دکتر کیخاونی که در هر لحظه و هر جا که باشم سایه سار زندگیم است و
مادر عزیزم و خانواده‌ای پر مهر و محبتم.

تشکر و قدردانی

سپاس بیکران ایزد یکتا را که مهربانیش، یادش و همراهی پیوسته‌اش، همراه انگیزه من برای حرکت به سوی هدف بوده است.

ارج می‌نهم زحمات بی دریغ استاد راهنمای بزرگوارم، جناب آقای دکتر امین حاجی‌زاده گسستج، که بدون راهنمایی‌های دلسوزانه ایشان این اثر به نتیجه نمی‌رسید. ایشان با داشتن پیشینه علمی غنی در حوزه‌ی شبکه‌های هوشمند و انرژی‌های نو، ایده‌ها، نظرات و پیشنهادهای موثری در طول تحقیق به من ارائه نمودند.

همچنین از استاد مشاور گرانقدر خود جناب آقای دکتر مهدی بانژاد، بخاطر کمک‌های ارزشمند و راهنمای‌های مفید و موثر ایشان در زمینه اجرای پایان‌نامه کمال تشکر را دارم.

از تمامی اساتید گروه برق قدرت دانشگاه صنعتی شاهرود نیز سپاسگزاری و تشکر نموده و برای همه این بزرگواران آرزوی موفقیت و سلامتی را دارم.

همچنین از تمامی همکارهای دوستانه و صمیمانه شرکت برق توزیع استان ایلام کمال تشکر و قدردانی را دارم.

تعهد نامه

اینجانب مجتبی رضا کجاویز دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی برق قدرت دانشکده برق و مخابرات دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه حفاظت سازه بهینه کارر خوردهای برق متصل به شبکه خانگی با هدف کاهش تلفات تحت راهنمایی دکتر امین حسینی زاده متعهد می شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و با « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ ۹۳/۲/۱۱

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

با حضور خودروهای برقی در شبکه‌های توزیع، اهمیت اثرات مثبت و منفی آنها بر پارامترهای مختلف شبکه اهمیت زیادی پیدا کرده است. بنابراین در این پایان‌نامه روشی بر پایه یک الگوریتم با شروطی در محدوده توان مصرفی و پروفیل ولتاژ و با استفاده از آنالیز حساسیت برای مدیریت شارژ باتری خودروها ارائه شده است. بدین منظور برای نمونه، یک قسمت از شبکه‌ی توزیع متعادل، با حضور تصادفی خودروهای برقی برای دریافت و انتقال شارژ باتری‌ها در منازل، در نرم افزار Digsilent شبیه‌سازی شده است. الگوریتم پیشنهادی جهت هماهنگ‌سازی دریافت و انتقال شارژ باتری خودروهای برقی بکار رفته است که اثرات مثبت قابل توجهی بر کاهش توان مصرفی و کاهش تلفات و بهبود پروفیل ولتاژ شبکه دارد. نتایج شبیه‌سازی نشان از عملکرد مناسب این الگوریتم مدیریتی است. همچنین با توجه به اهمیت موضوع تلفات شبکه توزیع، اثر تغییر پارامترهای مقاومت و راکتانس خطوط شبکه توزیع در حضور خودروهای برقی بررسی شده و نتایج آن بدست آمده است. در نهایت جهت جامع بودن این پژوهش، خودروهای برقی برای دریافت شارژ در حالت عدم تعادل شبکه توزیع حضور یافته‌اند. نتایج خروجی پارامترهای شبکه در فازهای مختلف محاسبه شده و اثر منفی حضور آنها در حالت عدم تعادل شبکه، بررسی شده است. نتایج ارائه شده نشان می‌دهد که روش پیشنهادی حضور خودروهای برقی (با هر سطح شارژی) چه در حال دریافت یا انتقال شارژ در تمام حالت‌های شبکه را مدیریت و برنامه‌ریزی می‌کند.

کلید واژه: خودروهای برقی، شبکه‌های توزیع هوشمند، هماهنگ‌سازی شارژ خودروهای برقی، تلفات شبکه‌های توزیع، پروفیل ولتاژ

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل ۱- مقدمه
۲	۱-۱- پیشگفتار
۳	۲-۱- اهداف پایان نامه
۳	۳-۱- ساختار پایان نامه
۵	فصل ۲- خودروهای برقی و حضور در شبکه توزیع
۶	۱-۲- مقدمه
۷	۲-۲- خودروهای برقی
۷	۱-۲-۲- خودروهای صرفا الکتریکی
۸	۲-۲-۲- خودروهای هیبریدی
۹	۳-۲- شارژ خودروهای برقی
۱۲	۴-۲- اثرات کلی حضور خودروهای برقی
۱۲	۱-۴-۲- حوزه اقتصادی
۱۳	۲-۴-۲- حوزه فنی
۱۵	۵-۲- نحوه ورود خودروهای برقی به شبکه توزیع
۱۵	۱-۵-۲- شبکه توزیع و الگوی بارگذاری بدون حضور خودروهای برقی
۱۷	۲-۵-۲- ورود خودروهای برقی به شبکه توزیع
۲۲	۶-۲- اثرات حضور خودروهای برقی بر شبکه توزیع
۲۳	۱-۶-۲- اثرات حضور خودروهای برقی بر ترانسفورماتورهای شبکه توزیع
۲۵	۷-۲- مروری بر پژوهش‌های قبلی در زمینه حضور خودروهای برقی در شبکه توزیع
۲۷	فصل ۳- شبیه‌سازی شبکه توزیع و حضور خودروهای برقی
۲۸	۱-۳- شبیه‌سازی شبکه توزیع
۳۰	۲-۳- شبیه‌سازی خودروهای برقی
۳۲	۳-۳- ورود خودروهای برقی به شبکه توزیع شبیه‌سازی شده
۳۴	۱-۳-۳- حالت‌های مختلف ورود خودروهای برقی به شبکه
۳۴	۱-۱-۳-۳- ورود خودروهای برقی به شبکه در حالت اول
۳۹	۲-۱-۳-۳- ورود خودروهای برقی به شبکه در حالت دوم
۴۳	۳-۱-۳-۳- ورود خودروهای برقی به شبکه در حالت سوم
۴۷	۴-۳- نتیجه‌گیری کلی فصل

فصل ۴ - مدیریت حضور خودروهای برقی با استفاده از الگوریتم پیشنهادی	۴۹
۱-۴ - الگوریتم پیشنهادی مدیریت شارژ باتری خودروهای برقی	۵۰
۱-۱-۴ - شارژ خودروهای برقی برای در حالت اول تحت الگوریتم پیشنهادی	۵۵
۲-۱-۴ - شارژ خودروهای برقی برای در حالت دوم تحت الگوریتم پیشنهادی	۵۹
۳-۱-۴ - شارژ خودروهای برقی برای در حالت سوم تحت الگوریتم پیشنهادی	۶۳
۴-۱-۴ - مقایسه‌ی پارامترهای شبکه توزیع بعد و قبل از اعمال الگوریتم پیشنهادی	۶۸
۲-۴ - مدیریت خودروهای برقی برای دریافت و انتقال شارژ به شبکه توسط الگوریتم	۷۲
۱-۲-۴ - مدیریت خودروهای برقی توسط الگوریتم پیشنهادی در حالت اول	۷۴
۳-۴ - تاثیر تغییر پارامترهای خطوط شبکه توزیع بر الگوریتم مدیریت شارژ	۹۳
۴-۴ - جمع‌بندی و نتیجه‌گیری فصل	۹۷
فصل ۵ - مدیریت شارژ خودروهای برقی در حالت عدم تعادل شبکه توزیع	۹۹
۱-۵ - مقدمه	۱۰۰
۲-۵ - نتایج پارامترهای شبکه توزیع در حالت عدم تعادل	۱۰۱
۳-۵ - جمع‌بندی و نتیجه‌گیری فصل	۱۱۳
فصل ۶ - نتیجه‌گیری و پیشنهادات	۱۱۵
۱-۶ - نتیجه‌گیری	۱۱۶
۲-۶ - پیشنهادات	۱۱۷
فهرست مراجع	۱۲۰

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول (۱-۲): مشخصات باتری‌های بکار برده شده در خودروهای الکتریکی.....	۱۰
جدول (۲-۲): تعداد هر نوع خودروها بر حسب درصدی از جمعیت کل خودروها.....	۱۶
جدول (۳-۲): مسافت طی شده توسط رانندگان سیاتل بر حسب درصد تعداد آنها.....	۲۱
جدول (۱-۳): مشخصات فیدهای مسکونی.....	۳۰
جدول (۲-۳): مشخصات فیدهای تجاری.....	۳۰
جدول (۳-۳): مشخصات درصدهای حضور خودروهای برقی در شبکه توزیع.....	۳۳
جدول (۴-۳): مشخصات حالت‌های مختلف حضور خودروهای برقی در شبکه.....	۳۴
جدول (۵-۳): هیستوگرام تصادفی درصد حضور خودروها در حالت اول.....	۳۴
جدول (۶-۳): هیستوگرام تصادفی درصد حضور خودروها در حالت دوم.....	۳۴
جدول (۷-۳): هیستوگرام تصادفی درصد حضور خودروها در حالت سوم.....	۳۵
جدول (۱-۴): شرایط شبکه برای مدیریت و هماهنگ‌سازی شارژ خودروها در حالت‌های مختلف.....	۵۱
جدول (۲-۴): میزان توان اکتیو متوسط مصرفی در ۳ حالت در طول زمان ورود خودروهای برقی.....	۶۷
جدول (۳-۴): میزان توان راکتیو متوسط مصرفی در ۳ حالت در طول زمان ورود خودروهای برقی.....	۶۸
جدول (۴-۴): میزان تلفات اکتیو متوسط خطوط در ۳ حالت در طول زمان ورود خودروهای برقی.....	۶۹
جدول (۵-۴): میزان تلفات راکتیو متوسط خطوط در ۳ حالت در طول زمان ورود خودروهای برقی.....	۶۹
جدول (۶-۴): میزان تلفات اکتیو متوسط ترانسفورماتورها در ۳ حالت در طول زمان ورود خودروهای برقی.....	۷۰
جدول (۷-۴): میزان تلفات راکتیو متوسط ترانسفورماتورها در ۳ حالت در طول زمان ورود خودروهای برقی.....	۷۰
جدول (۸-۴): پروفیل ولتاژ بدترین فیدر شبکه در ۳ حالت در طول زمان ورود خودروهای برقی.....	۷۱
جدول (۹-۴): درصدهای حضور خودروهای برقی بصورت همزمان در ۳ حالت.....	۷۲

- جدول (۴-۱۰): توان اکتیو متوسط مصرفی شبکه در حالت اول..... ۷۴
- جدول (۴-۱۱): توان راکتیو متوسط مصرفی شبکه در حالت اول..... ۷۷
- جدول (۴-۱۲): تلفات اکتیو متوسط خطوط شبکه در حالت اول..... ۸۰
- جدول (۴-۱۳): تلفات راکتیو متوسط خطوط شبکه در حالت اول..... ۸۳
- جدول (۴-۱۴): تلفات اکتیو متوسط ترانسفورماتورهای شبکه در حالت اول..... ۸۷
- جدول (۴-۱۵): پروفیل ولتاژ متوسط بدترین شبکه در حالت اول..... ۹۰
- جدول (۴-۱۶): هیستوگرام تصادفی ورود خودروهای برقی به شبکه در اولویت زمانی اول..... ۹۱
- جدول (۴-۱۷): هیستوگرام تصادفی ورود خودروهای برقی به شبکه در اولویت زمانی اول..... ۹۱
- جدول (۴-۱۸): میزان متوسط پارامترهای شبکه توزیع در ۳ حالت..... ۹۵
- جدول (۵-۱): مشخصات فیدرهای مسکونی در حالت عدم تعادل..... ۹۸
- جدول (۵-۲): هیستوگرام تصادفی ورود خودروهای برقی به شبکه در اولویت زمانی اول..... ۹۹
- جدول (۵-۳): مشخصات فیدرهای تجاری در حالت عدم تعادل..... ۹۹
- جدول (۵-۴): مقادیر اختلاف ۳ تا فاز در پارامترهای شبکه توزیع..... ۱۱۲
- جدول (۵-۵): میزان درصد اختلاف فازهای پارامترهای شبکه در حالت عدم تعادل شبکه توزیع..... ۱۱۲

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل (۱-۲): سهم انرژی‌های مصرفی جهان.....	۵
شکل (۲-۲): نمودار افزایش قیمت نفت.....	۵
شکل (۳-۲): عوامل مختلف در ایجاد گازهای گلخانه.....	۶
شکل (۴-۲): شکل مقایسه خودرو الکتریکی و سوختی فسیل.....	۶
شکل (۵-۲): شمای کلی خودروی هیبریدی.....	۷
شکل (۶-۲): یک سیستم شارژ خانگی ساخت الپیک و یک سیستم اندازه‌گیری شارژر برای شارژ خانگی...۹	۹
شکل (۷-۲): نمای یک ایستگاه شارژ سریع با هشت سیستم شارژ.....	۱۰
شکل (۸-۲): نمای یک سیستم شارژ سریع.....	۱۰
شکل (۹-۲): اجزای کلی شبکه از تولید به مصرف.....	۱۴
شکل (۱۰-۲): شمای کلی یک شبکه توزیع.....	۱۵
شکل (۱۱-۲): درصد حضور خودروها در جایگاه‌های سوختگیری براساس زمان ورود آنها.....	۱۷
شکل (۱۲-۲): فلوجارت کلی برای محاسبه اثرات خودروها در شبکه.....	۱۸
شکل (۱۳-۲): نمودار زمان رسیدن خودروها به منزل و به محل کار در شبانه‌روز.....	۲۰
شکل (۱۴-۲): مدار معادل ترانسفورماتور توزیع بصورت تک فاز.....	۲۴
شکل (۱۵-۲): مدار معادل ترانسفورماتور سه فاز.....	۲۴
شکل (۱۶-۲): مدار مغناطیسی ترانسفورماتور توزیع سه فاز.....	۲۴
شکل (۱-۳): شمای کلی شبکه توزیع شبیه‌سازی شده.....	۲۹
شکل (۲-۳): الگوی تغییرات شبانه‌روزی بار مسکونی.....	۳۰
شکل (۳-۳): الگوی تغییرات شبانه‌روزی بار تجاری.....	۳۰

- شکل (۳-۴): شمای کلی فیدرهای ۴۰۰ ولتی شبکه توزیع..... ۳۲
- شکل (۳-۵): توان مصرفی اکتیو شبکه در حضور خودروها در ورود به شبکه بدون هماهنگی..... ۳۴
- شکل (۳-۶): توان مصرفی راکتیو شبکه در حضور خودروها در ورود به شبکه بدون هماهنگی..... ۳۴
- شکل (۳-۷): تلفات اکتیو خطوط شبکه در خودروها در حالت بدون هماهنگی..... ۳۷
- شکل (۳-۸): تلفات راکتیو خطوط شبکه در حضور خودروها در حالت بدون هماهنگی..... ۳۷
- شکل (۳-۹): تلفات اکتیو ترانسفورماتورهای در حضور خودروها در حالت بدون هماهنگی..... ۳۸
- شکل (۳-۱۰): تلفات راکتیو ترانسفورماتورهای در حضور خودروها در حالت بدون هماهنگی..... ۳۸
- شکل (۳-۱۱): پروفیل ولتاژ بدترین فیدر شبکه در حضور خودروها در حالت بدون هماهنگی..... ۳۹
- شکل (۳-۱۲): توان مصرفی اکتیو شبکه در حضور خودروها در حالت بدون هماهنگی..... ۴۰
- شکل (۳-۱۳): توان مصرفی راکتیو شبکه در حضور خودروها در حالت بدون هماهنگی..... ۴۰
- شکل (۳-۱۴): تلفات اکتیو خطوط شبکه در حضور خودروها در حالت بدون هماهنگی..... ۴۱
- شکل (۳-۱۵): تلفات راکتیو خطوط شبکه در حضور خودروها در حالت بدون هماهنگی..... ۴۱
- شکل (۳-۱۶): تلفات اکتیو ترانسفورماتورهای در حضور خودروها در حالت بدون هماهنگی..... ۴۲
- شکل (۳-۱۷): تلفات راکتیو ترانسفورماتورهای در حضور خودروها در حالت بدون هماهنگی..... ۴۲
- شکل (۳-۱۸): پروفیل ولتاژ بدترین فیدر شبکه در حضور خودروها در حالت بدون هماهنگی..... ۴۳
- شکل (۳-۱۹): توان مصرفی اکتیو شبکه در حضور خودروها در حالت بدون هماهنگی..... ۴۴
- شکل (۳-۲۰): توان مصرفی راکتیو شبکه در حضور خودروها در حالت بدون هماهنگی..... ۴۴
- شکل (۳-۲۱): تلفات اکتیو خطوط شبکه در حضور خودروها در حالت بدون هماهنگی..... ۴۵
- شکل (۳-۲۲): تلفات راکتیو خطوط شبکه در حضور خودروها در حالت بدون هماهنگی..... ۴۵
- شکل (۳-۲۳): تلفات اکتیو ترانسفورماتورهای در حضور خودروها در حالت بدون هماهنگی..... ۴۶
- شکل (۳-۲۴): تلفات راکتیو ترانسفورماتورهای در حضور خودروها در حالت بدون هماهنگی..... ۴۶

- شکل (۳-۲۵): پروفیل ولتاژ بدترین فیدر شبکه در حضور خودروها در حالت بدون هماهنگی.....۴۷
- شکل (۴-۱):فلوچارت روش پیشنهادی برای هماهنگ سازی و مدیریت دریافت یا انتقال شارژ۵۱
- شکل (۴-۲): توان مصرفی اکتیو شبکه در حالت هماهنگ سازی شارژ خودروها.....۵۴
- شکل (۴-۳): توان مصرفی راکتیو شبکه در حالت هماهنگ سازی شارژ خودروها.....۵۵
- شکل (۴-۴): تلفات اکتیو خطوط شبکه در حالت هماهنگ سازی شارژ خودروها.....۵۵
- شکل (۴-۵): تلفات راکتیو خطوط شبکه در حالت هماهنگ سازی شارژ خودروها.....۵۶
- شکل (۴-۶): تلفات اکتیو ترانسفورماتورها در حالت هماهنگ سازی شارژ خودروها.....۵۶
- شکل (۴-۷): تلفات راکتیو ترانسفورماتورها در حالت هماهنگ سازی شارژ خودروها.....۵۷
- شکل (۴-۸): پروفیل ولتاژ بدترین فیدر شبکه در حالت هماهنگ سازی شارژ خودروها.....۵۷
- شکل (۴-۹): توان مصرفی اکتیو شبکه در حالت هماهنگ سازی شارژ خودروها.....۵۹
- شکل (۴-۱۰): توان مصرفی راکتیو شبکه در حضور خودروها در حالت هماهنگ سازی شارژ خودروها.....۵۹
- شکل (۴-۱۱): تلفات اکتیو خطوط شبکه در حالت هماهنگ سازی شارژ خودروها.....۶۰
- شکل (۴-۱۲): تلفات راکتیو خطوط شبکه در حالت هماهنگ سازی شارژ خودروها.....۶۰
- شکل (۴-۱۳): تلفات اکتیو ترانسفورماتورها در حالت هماهنگ سازی شارژ خودروها.....۶۱
- شکل (۴-۱۴): تلفات راکتیو ترانسفورماتورها در حالت هماهنگ سازی شارژ خودروها.....۶۱
- شکل (۴-۱۵): پروفیل ولتاژ بدترین فیدر شبکه در حالت هماهنگ سازی شارژ خودروها.....۶۲
- شکل (۴-۱۶): توان مصرفی اکتیو شبکه در حالت هماهنگ سازی شارژ خودروها.....۶۳
- شکل (۴-۱۷): توان مصرفی راکتیو شبکه در حالت هماهنگ سازی شارژ خودروها.....۶۴
- شکل (۴-۱۸): تلفات اکتیو خطوط شبکه در حالت هماهنگ سازی شارژ خودروها.....۶۴
- شکل (۴-۱۹): تلفات راکتیو خطوط شبکه در حالت هماهنگ سازی شارژ خودروها.....۶۴
- شکل (۴-۲۰): تلفات اکتیو ترانسفورماتورها در حالت هماهنگ سازی شارژ خودروها.....۶۵

- شکل (۴-۲۱): تلفات راکتیو ترانسفورماتورها در حالت هماهنگ سازی شارژ خودروها..... ۶۶
- شکل (۴-۲۲): پروفیل ولتاژ بدترین فیدر شبکه در حالت هماهنگ سازی شارژ خودروها..... ۶۶
- شکل (۴-۲۳): توان اکتیو شبکه در جدول (۵-۹) در هماهنگ سازی شارژ خودروها..... ۷۴
- شکل (۴-۲۴): توان راکتیو شبکه در جدول (۵-۹) در هماهنگ سازی شارژ خودروها..... ۷۷
- شکل (۴-۲۵): تلفات اکتیو خطوط شبکه در جدول (۵-۹) در هماهنگ سازی شارژ ۸۰
- شکل (۴-۲۶): تلفات راکتیو خطوط شبکه در جدول (۵-۹) در هماهنگ سازی شارژ ۸۳
- شکل (۴-۲۷): تلفات اکتیو ترانسفورماتورها در جدول (۵-۹) در هماهنگ سازی شارژ..... ۸۶
- شکل (۴-۲۸): پروفیل ولتاژ بدترین فیدر در جدول (۵-۹) در هماهنگ سازی شارژ ۸۹
- شکل (۴-۲۹): توان اکتیو شبکه در ۳ حالت (افزایش ۱۰٪، ثابت، کاهش ۱۰٪)..... ۹۱
- شکل (۴-۳۰): توان راکتیو شبکه در ۳ حالت (افزایش ۱۰٪، ثابت، کاهش ۱۰٪)..... ۹۱
- شکل (۴-۳۱): تلفات اکتیو خطوط در ۳ حالت (افزایش ۱۰٪، ثابت، کاهش ۱۰٪)..... ۹۲
- شکل (۴-۳۲): تلفات راکتیو خطوط در ۳ حالت (افزایش ۱۰٪، ثابت، کاهش ۱۰٪)..... ۹۲
- شکل (۴-۳۳): تلفات اکتیو ترانسفورماتورها در ۳ حالت (افزایش ۱۰٪، ثابت، کاهش ۱۰٪)..... ۹۳
- شکل (۴-۳۴): تلفات راکتیو ترانسفورماتورها در ۳ حالت (افزایش ۱۰٪، ثابت، کاهش ۱۰٪)..... ۹۳
- شکل (۴-۳۵): پروفیل ولتاژ بدترین فیدر در ۳ حالت (افزایش ۱۰٪، ثابت، کاهش ۱۰٪)..... ۹۴
- شکل (۵-۱): توان اکتیو مصرفی شبکه در ۳ حالت..... ۱۰۰
- شکل (۵-۲): توان راکتیو مصرفی شبکه در ۳ حالت..... ۱۰۲
- شکل (۵-۳): تلفات اکتیو خطوط شبکه در ۳ حالت..... ۱۰۴
- شکل (۵-۴): تلفات راکتیو خطوط شبکه در ۳ حالت..... ۱۰۶
- شکل (۵-۵): تلفات اکتیو ترانسفورماتورهای شبکه در ۳ حالت..... ۱۰۷
- شکل (۵-۶): تلفات اکتیو ترانسفورماتورهای شبکه در ۳ حالت..... ۱۰۹

فصل اول :

مقدمه

۱-۱- پیشگفتار

با توجه به پیشرفت روز افزون جامعه بشری و اینکه وسایل نقلیه رکن جدایی ناپذیر از زندگی امروزه بشریت هستند، لذا وجود راهکارهایی برای کاهش اثرات منفی این وسایل بر تمام جنبه‌های زندگی بشری حائز اهمیت است. از آنجایی که اکثر وسایل نقلیه انرژی خود را از منابع سوخت‌های فسیلی تأمین می‌کنند، قطعاً دارای مشکلات عدیده‌ای نیز هستند، که در مواردی از جمله نوسان قیمت بالای آنها، تجدید ناپذیری، روبه‌پایان بودن آنها هست.

هم‌کنون با پیشرفت علم و از طرفی جدی بودن مشکل سوخت‌های فسیلی روش‌های برای حل این مشکل ارائه شده که یکی از این راهکارها خودروهایی هستند، که از منبع انرژی الکتریسیته استفاده می‌کنند. که در اصطلاح به آنها خودروهای الکتریکی^۱ گفته می‌شود، که به دو نوع هیبریدی^۲ و صرفاً الکتریکی^۳ تقسیم می‌شوند.

با مطرح شدن بحث شبکه‌های هوشمند در سیستم‌های قدرت، ایجاد سازگاری بین شبکه و حضور این خودروها بعنوان یک پدیده جدید که دارای پیامدهای مختلف مثبت و منفی است، بسیار حیاتی می‌باشد. در این راستا شبکه‌های هوشمند بدلیل داشتن توانایی اندازه‌گیری و مشاهده لحظه‌ای و عملکرد خودکار کمک زیادی برای مدیریت خودروهای برقی در شبکه ارائه می‌کنند. چون حضور آنی و تصادفی خودروهای برقی، تصمیم و عملکرد سریعی را می‌طلبد. در این صورت قابلیت انعطاف زیادی برای شبکه برای بهره‌برداری مناسب در حضور خودروهای برقی نیاز است. از جانبی دیگر بدلیل اینکه قسمت اعظمی از شارژ این خودروها در منازل صورت می‌گیرد. لذا هوشمندسازی تجهیزات برقی منازل و ایجاد یک ارتباط مستمر با یک مرکز کنترل در شبکه، یک ضرورت بنظر می‌رسد. که در جهت صرفه‌جویی مصرف برق و ارائه خدماتی مانند شارژ باتری خودروها در ساعات کم‌باری با تعرفه پایین یا ارائه شارژ خودروها به شبکه بصورت بلعکس در راستای خدمات جانبی به شبکه صورت می‌گیرد. بنابراین پژوهش در این زمینه می‌تواند کمک شایان‌ذکری به کاهش موانع اتصال این خودروها به شبکه انجام دهد.

¹ Electric vehicles

² PHEV(plug in hybrid electric vehicles)

³ PEV(plug in electric vehicles)

۱-۲- اهداف پایان نامه

این پایان نامه در واقع در جهت رفع قسمتی از موانع اتصال خودروها به شبکه صورت گرفته است. با توجه اینکه حضور خودروهای برقی در شبکه امر جدیدی محسوب می شود، بنابراین ارائه برنامه‌ای برای عملکرد، مناسب شبکه هوشمند حائز اهمیت است. اهداف اصلی در این پایان نامه در اولویت اول بعد از بررسی حضور تصادفی خودروهای برقی در شبکه برای دریافت شارژ و مشاهده اثرات منفی و مضر این حضور بر شبکه، ارائه الگوریتمی است، که علاوه بر حفظ شرایط شبکه در حالت قابل قبول، بتواند تعداد قابل توجهی از خودروهای برقی را در زمان محدودی با حفظ اولویت‌های مورد نظر شارژ کند. اثرات مثبت الگوریتم پیشنهادی بر پارامترهایی مانند توان‌های اکتیو و راکتیو مصرفی شبکه و تلفات خطوط و ترانسفورماتورهای شبکه و پروفیل ولتاژ فیدرها در مقایسه با حالت قبلی که الگوی مدیریتی وجود ندارد، مشاهده شود. همچنین بتواند بصورت سریع برای حضور خودروهای برقی برای انتقال شارژ به شبکه بطور همزمان تصمیم‌گیری کند، چون شبکه در ارائه خدمات به مشترکین، حتی در حوزه شارژ یا تخلیه شارژ باتری خودروهای برقی متعهد است.

در اولویت دوم این پژوهش الگوریتم پیشنهادی، در حالت عدم تعادل بارهای شبکه عمل می‌کند و اثرات آن بر پارامترهای شبکه در فازهای مختلف بصورت مجزا بررسی می‌شود. در واقع می‌خواهد نشان دهد، که الگوریتم شارژی که در حالت تعادل شبکه عملکرد مناسبی دارد، در این حالت چه تاثیری بر عدم تعادل فازهای مختلف در پارامترهای گوناگون شبکه دارد. شایان ذکر است، در حقیقت اکثر شبکه‌های توزیع بدلیل اینکه تعداد مشترکین روی فازهای مختلف برابر نیستند، در نتیجه همیشه به نوعی دچار عدم تعادل هستند.

۱-۳- ساختار پایان نامه

پس از مقدمه، در فصل دوم به معرفی خود خودروهای برقی و انواع آن و انواع روش‌های شارژ باتری آنها و همچنین اثرات اقتصادی و فنی حضور آنها در شبکه پرداخته می‌شود. حضور خودروهای برقی در شبکه توزیع همراه بارگذاری شبکه در طول یک شبانه‌روز و اثراتی که بر عناصر شبکه از جمله ترانسفورماتورها و تلفات هارمونیک‌ها دارد، بررسی شده است. در نهایت بررسی بر کارهای گذشته در زمینه حضور خودروهای برقی در شبکه توزیع صورت گرفته است.

در فصل سوم ابتدا شبکه توزیع بدون خودروهای برقی شبیه‌سازی شده است. سپس حضور خودروها در شبکه شبیه‌سازی شده و بصورت تصادفی در قالب سناریوهایی مشخص حضور پیدا می‌کرده‌اند و اثرات آنها بر پارامترهای شبکه توزیع محاسبه شده است.

فصل چهارم با توجه به نتایج فصل سوم الگوریتم پیشنهادی مطرح شده است. همچنین برای مدیریت شبکه در حضور خودروهای برقی در هر ماهیتی در قالب سناریوهای مشخص بکار رفته است. نتایج شامل پارامترهای شبکه توزیع در هر سناریو محاسبه شده است و اثرات مثبت و منفی بررسی شده است. در آخرین قسمت این فصل میزان تاثیر تغییر پارامترهای خطوط شبکه بر الگوریتم مدیریت شارژ و دیگر پارامترهای شبکه بررسی شده است.

در فصل پنجم شبکه در حالت عدم تعادل در نظر گرفته شده است. ابتدا خودروهای برقی بصورت تصادفی در شبکه حضور می‌یابند و اثرات مثبت و منفی آنها بر عدم تعادل فازها در طول ۲۴ ساعت مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. سپس الگوریتم پیشنهادی مورد استفاده قرار می‌گیرد و عملکرد آن در حالت عدم تعادل بر پارامترهای شبکه بررسی شده است.

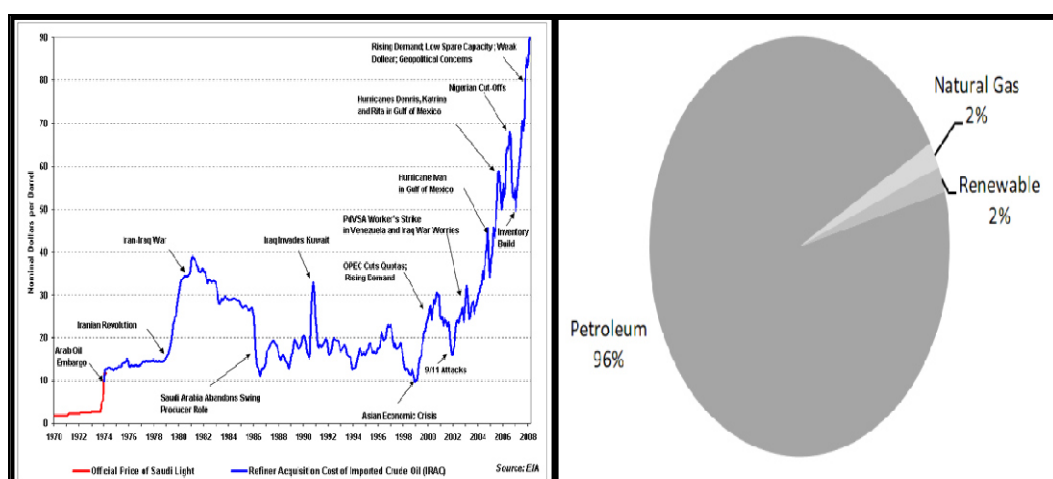
در فصل ششم نتیجه‌گیری و جمع‌بندی کلی نسبت به نتایج و خروجی‌های در حالت‌های مختلف و عملکرد الگوریتم پیشنهادی صورت گرفته است. با توجه به نتایج و اطلاعات موجود پیشنهاداتی در زمینه بهبود و ادامه پژوهش در این حوزه ارائه شده است.

فصل دوم:

خودروهای برقی و حضور در شبکه توزیع

۱-۲ - مقدمه

همانطور که در قسمت قبل هم اشاره شد، سوخت‌های فسیلی سازگاری خود را با دنیای امروزه به آرامی از دست می‌دهند، چون مسائل جدیدی همچون گازهای گلخانه‌ای، گرم شدن زمین و آلودگی-های زیست محیطی و هزینه‌های سرسام آور انرژی دغدغه فعلی جهان می‌باشد. و سوخت‌های فسیلی چه در نیروگاه‌ها و چه در خودروها و در دیگر صنایع و مصارف بیشترین سهم را در این مشکلات دارند، در شکل (۱-۲) میزان سهم انرژی‌های مصرفی جهان نشان داده شده است. که انرژی‌های تجدید پذیر سهمی اندکی در حد ۲٪ در کل جهان را دارند [۱]. از طرفی در شکل (۲-۲) نوسان قیمت نفت در جهان را در یک دوره در حدود ۴۰ ساله که رشد بسیار سریعی بر اثر حوادث مختلفی را داشته ، نشان می‌دهد [۲]. لذا نیاز به رویکرد جدیدی بسمت انرژی‌های پاک و تجدید پذیر احساس می‌شود.

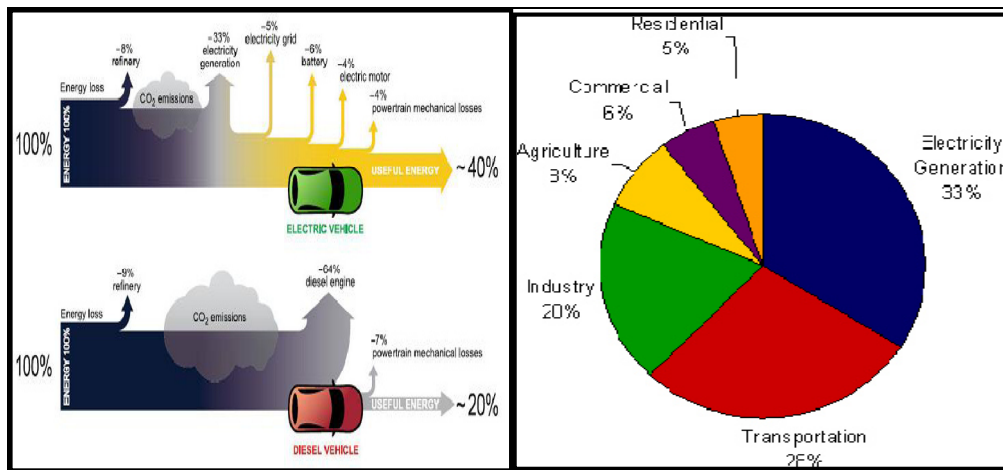


شکل (۱-۲): سهم انرژی‌های مصرفی جهان [۱] شکل (۲-۲): نمودار افزایش قیمت نفت [۲]

در بحث تولید انرژی و نیروگاه‌ها نگاه آینده بسمت انرژی‌های بادی، خورشیدی، آبی، بیوگاز، و غیره می‌باشد. که ضمن سازگاری با محیط زیست ، هزینه استفاده از آنها هم بسیار ناچیز است. بخش حمل و نقل و وسایل نقلیه سهم بزرگی در ایجاد گازهای گلخانه ای و آلودگی‌های زیست محیطی دارند، همانطور که در شکل (۲-۳) که سهم هر یک از عوامل مختلف در تولید گاز گلخانه در ایالات متحده را بصورت یک الگو به نمایش گذاشته است، که سهم حمل و نقل حدود ۲۸٪ است [۳] ، که مقدار بسیار زیادی می‌باشد. پس ارائه راهکاری در جهت کاهش این مقدار ضروری بنظر می‌رسد.

تعدادی راه حل برای مسئله پیشنهاد شده است، که از جمله: بالابردن قیمت سوخت، استفاده از اتانول، بهره‌گیری از خودروهای الکتریکی می‌باشد [۴]. که البته هر یک از راه حل‌ها محاسن و معایب

خاص خود را دارد. اما در این میان خودروهای الکتریکی چه از لحاظ فنی و چه از لحاظ تامین انرژی مورد نیاز برای حرکت راهکار عملی تری نسبت به بقیه بنظر می‌رسد. البته سوخت‌های مثل پیل‌های سوختی و سوخت‌های زیستی و گاز طبیعی بکار رفته ولی هیچکدام بعنوان راه‌حل نهایی شناخته نشده است، و قابل قیاس با انرژی الکتریسیته نیست. چنانچه که از شکل (۲-۴) برمی‌آید اتلاف در این مدل خودرو بسیار نسبت به مدل سوخت فسیلی آن کمتر است و دو برابر خودروهای با سوخت فسیلی انرژی مفید را برای حرکت استفاده می‌کند [۴].



شکل (۲-۳): عوامل مختلف در ایجاد گازهای گلخانه [۳] شکل (۲-۴): مقایسه خودرو الکتریکی و سوختی

۲-۲- خودروهای برقی

خودروهای الکتریکی بطور کلی تفاوت ساختاری زیادی با دیگر وسایل نقلیه ندارند، بطور ساده در این خودروها گشتاور لازم برای حرکت توسط موتور الکتریکی تامین می‌شود و دارای یک باتری بعنوان منبع تامین انرژی می‌باشد و این مدل صرفاً الکتریکی می‌باشد، همچنین در مدل دیگری این سیستم با یک موتور احتراقی ترکیب می‌شود، که به آن مدل هیبریدی گفته می‌شود [۴]. البته در مدل‌های دیگر بجای سوخت فسیلی از سوخت‌های دیگر مانند اتانول استفاده می‌شود.

۲-۲-۱- خودروهای صرفاً الکتریکی

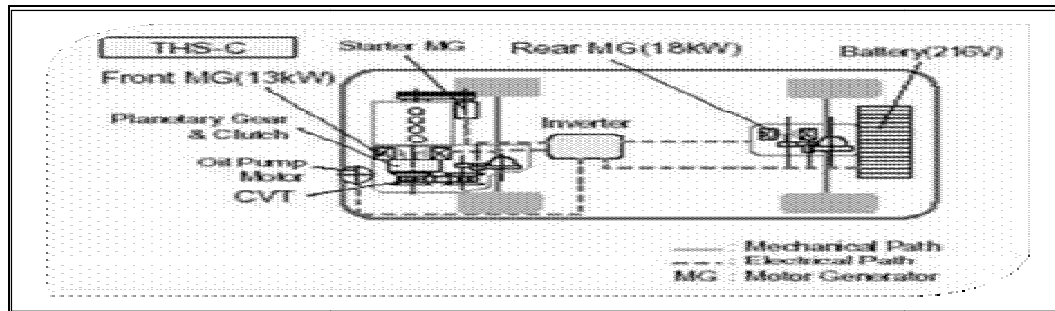
در این مدل همانطور که در قسمت بالا اشاره شد، فقط یک موتور و یک باتری بکار می‌رود، این خودروها به این صورت عمل می‌کنند، که با هر بار شارژ، با توجه به میزان شارژ و همچنین ظرفیت باتری بکار رفته در خودرو و سرعت خودرو، مسافتی را طی کند، معمولاً ظرفیت باتری این مدل خودروها بین ۲۵ تا ۳۵ کیلووات ساعت می‌باشد و بازه حرکتی بین ۶۰ تا ۳۰۰ مایل طی می‌کنند [۴].

البته مدل های مختلف از خودروها توسط شرکت های مختلف روانه بازار مصرف شده است. این خودروها انرژی کمتری نسبت به خودروهای احتراقی مصرف می کنند، برای مثال شرکت نیسان یک مدل خودرو الکتریکی بنام لیف تولید کرده که ۱۲۲۷ کیلو ژول بر کیلومتر مصرف می کند، در حالی در مدلی احتراقی با همان ظرفیت بنام میکرا ۲۴۹۱ کیلو ژول بر کیلومتر مصرف دارد [۴].

۲-۲-۲- خودروهای هیبریدی

در این خودروها علاوه بر یک موتور الکتریکی و یک باتری از یک موتور احتراقی و یک باک سوخت هم استفاده می شود، در خودروهای هیبریدی بدلیل وجود موتور احتراقی و متعلقات آن معمولاً باتری کوچکتر نسبت به خودروهای صرفاً الکتریکی دارد، ظرفیت باتری آنها حدود ۵ تا ۲۲ کیلو وات ساعت می باشد [۶]، و به این شکل است که در زمان استفاده از موتور احتراقی اقدام به شارژ باتری برای موتور الکتریکی هم می شود [۶]، در شکل (۲-۵) شمای ساده از اجزای تشکیل دهنده خودرو هیبریدی نشان داده شده است. البته هر شرکت تولید کننده مدل خاص خود را دارد. خودروهای برقی گرچه به عنوان اولین راهکار برای کاهش میزان آلودگی معرفی گردیده اند. اما به علت آنکه در سیکلهای رانشی طولانی با مشکل روبرو می شوند. ایده خودروهای هیبرید به علت استفاده از دو منبع انرژی در تولید سیستم محرکه رانشی نه تنها مشکل آلودگی و مصرف خودروهای هیبریدی به علت استفاده از دو منبع انرژی در تولید سیستم محرکه رانشی نه تنها مشکل آلودگی و مصرف سوخت را به حداقل رسانده است، بلکه مشکلات ناشی از خودروهای برقی خالص را حل نموده است. و این مزیت خودروهای هیبرید برقی نسبت به خودروهای برقی خالص می باشد [۶]. تویوتا پریوس یک مدل از این خودروها می باشد. لازم به ذکر است که نوع دیگری نیز از مدل هیبریدی وجود دارد که به آنها خودروهای برقی با دامنه گسترده^۴ گفته می شود، به این معنی که ظرفیت باتری های آن بزرگتر شده و در محدوده ۱۶ تا ۲۷ کیلو وات ساعت تعریف شده است. موتور احتراقی به همراه باتری ها دامنه حرکتی بسیار زیادی را برای خودرو فراهم نموده است. شورلت مدل اور از این نوع می باشد [۶].

^۴ EREVs(Extended Range Electric Vehicles)



شکل (۲-۵): شمای کلی خودروی هیبریدی [۶]

۲-۳- شارژ خودروهای برقی

شارژ خودروهای برقی چندین معیار طبقه‌بندی دارد، که در یکی از معیارها به دو نوع خانگی یا خصوصی^۵ و تجاری^۶ یا متمرکز تقسیم می‌شود، که هر کدام از اینها هم با توجه به سیستم و تجهیزات بکار رفته و سرعت شارژ به چند نوع تقسیم می‌شوند، چون در نوع شارژ تجاری با توجه اینکه شبیه به جایگاه‌های سوخت‌گیری سوخت‌های فسیلی می‌باشد، لذا سرعت شارژ عامل مهمی برای عملکرد اقتصادی و سرویس‌دهی به موقعه آن به خودروها محسوب می‌شود، ولی در شارژ خانگی بدلیل اینکه تنها یک مالکیت وجود دارد، سرعت شارژ می‌تواند عامل مهمی نباشد [۷]. یکی دیگر از معیارهای طبقه‌بندی شارژرها شارژ بصورت یکسو^۷ یا بصورت شارژ متناوب^۸ است، مدل‌های شارژ متناوب معمولاً برای سیستم‌های شارژ خانگی یا کند کاربرد دارند، باتری بدون تجهیزات اضافی با برق شبکه شارژ می‌کند. ولی در شارژهای یکسو از ادوات الکترونیک قدرت برای یکسو سازی جریان متناوب استفاده می‌شود. این نوع از سیستم‌ها برای شارژهای سریع یا شارژهای تجاری یا متمرکز کاربرد دارند [۷].

۱- شارژ خانگی یا خصوصی

در این مدل همانطور که در بالا اشاره شد، سرعت شارژ عامل مهمی محسوب نمی‌شود، ولی می‌توان با بکارگیری تجهیزات اضافی سرعت شارژ را افزایش داد. البته این مسئله تابع شبکه توزیعی است که خودرو به آن متصل می‌شود، که آیا ظرفیت شبکه اجازه نصب تجهیزات اضافی شارژ در منزل را می‌دهد. سیستم شارژ بکار رفته در منزل هم باید معیارهای شبکه توزیع هماهنگی داشته باشد [۷]. به فرض مثال در بعضی از کشورهای اروپایی، آلمانی زبان سیستم شبکه توزیع سه فاز و در بعضی دیگر

⁵ Residential

⁶ comical

⁷ DC

⁸ AC

شبهه فرانسه سیستم توزیع تک فاز در منازل برقرار است، در نتیجه در سیستم سه فاز با داشتن جریانی بین ۲۵ تا ۴۰ آمپر و ولتاژ ۲۲۰ ولت توانی در حدود ۲۲ کیلو وات در منازل برای مصارف مختلف می توان داشت، در حالی در سیستم توزیع تک فاز با جریان ۱۶ تا ۲۰ تنها ۳ تا ۴ کیلو وات برای شارژ در دسترس است. با فرض این محاسبات در سیستم سه فاز بصورت ۳ تا ۱۶ آمپر و ولتاژ ۲۳۰ ولت می توان ۱۱ کیلو وات انرژی برای شارژ داشت، یا در سیستم ۳۲ آمپر و ولتاژ فاز ۲۳۰ ولت توانی در حدود ۷.۴ کیلو وات می توان برای شارژ داشت [۷]. در نتیجه در سیستم های سه فاز خانگی می توان شارژر سریع نصب نمود، اما علاوه بر ظرفیت شبکه معیار مهم دیگر هزینه سرسام آوری است که بر مشترک خانگی تحمیل می کند [۷]، بخصوص اگر ساعت اتصال به شبکه با ساعات پیک شبکه همراه باشد، آن موقع بدلیل تعرفه بالاتر هزینه ها بسیار افزایش می یابند. در شکل (۲-۶) یک سیستم شارژ خانگی را نشان داده است.



شکل (۲-۶): یک سیستم شارژ خانگی ۳.۳ کیلو وات ساعتی ساخته شرکت الپیک و یک سیستم اندازه گیری شارژر برای شارژ خانگی [۸]

در حالت کلی که شارژ خانگی که در گاراژ منازل صورت می گیرد، بین ۲/۳ تا ۳/۷ کیلووات ساعت با جریانی بین ۱۰ تا ۱۶ آمپر و ولتاژ ۲۳۰ ولت می باشد.

۲- شارژ تجاری یا متمرکز

در این مدل از سیستم های شارژ خانگی با توجه به اینکه ماهیت تجاری دارد، عمل شارژ خودروها باید با سرعت و در تعداد قابل توجهی از خودروها بصورت همزمان صورت گیرد، تا صرفه اقتصادی خود را توجیه نماید. معمولاً زمان شارژ به ظرفیت باتری و سطح شارژ^۹ باقیمانده آن خودرو بستگی

^۹ SOC (State of Charge)

دارد، ولی در بعضی مدل‌های جدید زمان شارژ بطور متوسط کمتر از ۱۰ دقیقه می‌باشد. این سیستم‌های شارژ همانند جایگاه‌های سوخت‌گیری هستند، و در محل‌های مشخص و بعضی شرکت‌ها و سازمان‌ها قرار داده می‌شوند [۷]. این سیستم‌ها با توجه به اینکه بصورت شارژ سریع و متشکل از چندین دستگاه شارژ سریع هستند نیاز به تجهیزاتی مانند ترانسفورماتور مجزا برای ایستگاه شارژ و همچنین ادوات الکترونیک قدرت شبیه یکسوسازها و فیلترها در حجم بزرگ دارند [۷]. از طرفی باید محل استقرار ایستگاه شارژ با شبکه توزیع هماهنگ شود، چون معمولاً بخاطر ماهیتش بار بسیار زیادی به شبکه اعمال می‌کند، و باید در محلی باشد که شبکه‌ی توزیع توانایی تحمل آن را داشته باشد. همانطور که در بالا اشاره شد، این سیستم‌ها جز شارژ یکسو محسوب می‌شوند، و معمولاً سیستم‌های شارژ سریع یکسو برای تقاضای توان ۱۰۰ کیلو وات به بالا استفاده می‌شود. یکی از مشکلات عمده در ایستگاه‌های شارژ متمرکز پرش بار به علت توان بسیار بالای هر کدام از دستگاه شارژ در ایستگاه می‌باشد [۷]، به فرض مثال در شکل (۲-۷) که ۸ دستگاه شارژ سریع با ظرفیت ۲۵۰ کیلو وات توان وجود دارد، و در مجموع ۲ مگاوات ظرفیت توان کل ایستگاه می‌باشد [۹]، حالا اگر همه‌ی ۸ دستگاه در یک زمان و ساعت به شبکه توزیع وصل شوند، این جهش ناگهانی می‌تواند تاثیر بسیار زیادی منفی روی ولتاژ آن باس و تجهیزات آن قسمت از شبکه بگذارد. البته از تجهیزاتی همانند ذخیره‌سازهای انرژی و غیره برای کاهش این اثرات استفاده می‌شود، اما این ادوات تاثیر محدودی دارند.



شکل (۲-۷): نمای یک ایستگاه شارژ سریع با هشت سیستم شارژ [۹] شکل (۲-۸): نمای یک سیستم شارژ سریع [۸]

در شکل (۲-۸) یک سیستم شارژ سریع ساخت شرکت پروسکار را نشان می‌دهد، یک باتری بطور معمولی از یک الکترولیت و دو الکترود مثبت و منفی و یک عایق جداکننده (عایق جدا کننده) تشکیل شده است. با توجه به نوع خودرو برقی فناوری‌های مختلفی برای ساخت باتری وجود دارد، که برای

توان و انرژی‌های بالا از باتری‌های لیتیوم یون^{۱۰} و نیکل متال هیدرید^{۱۱} و توان‌های پایین از باتری اسید سرب^{۱۲} استفاده می‌شود [۱۰]. از جمله مهم‌ترین ویژگی‌های یک باتری برای خودروی الکتریکی، عمر باتری، توان ویژه، انرژی ویژه، قیمت، ایمنی فناوری باتری است. در جدول (۱-۲) مشخصات تعدادی از این نوع از باتری‌ها نشان داده شده است.

جدول (۱-۲): مشخصات باتری‌های بکار برده شده در خودروهای الکتریکی [۱۰]

	Specific energy ^a (Wh/kg)	Specific density ^a (Wh/l)	Specific power ^b (W/kg)	Cycle life ^b (cycles)	Projected cost (US\$/kWh)
VRLA	30-45	60-90	200-300	400-600	150
Ni-Cd	40-60	80-110	150-350	600-1200	300
Ni-MH	60-70	130-170	150-300	600-1200	200-350
Li-ion	90-130	140-200	250-450	800-1200	>200
Li-Polymer	155	220	315	600	Not Available

^a at C/3 rate ^b at 80% depth of discharge

۲-۴- اثرات کلی حضور خودروهای برقی

از آنجایی که خودروهای برقی یک پدیده‌ی جدید هم در شبکه توزیع و هم بعنوان یک وسیله نقلیه هستند، لذا مجموعه‌ی از اثرات اقتصادی و چالش‌های تکنولوژیک برای ساخت و راه‌اندازی آنها وجود دارد. پس اهمیت شناسایی این اثرات پیش از پیش مهم می‌باشد. همانطور که در بخش‌های قبل اشاره شد، ایجاد سازگاری بین خودروهای برقی و شبکه توزیع می‌تواند کمک شایانی به شناخت بهتر ظرفیت‌های مثبت این خودروها بکند. حال تعدادی از این اثرات در حوزه‌های اقتصادی و فنی در قسمت پایین مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۴-۱- حوزه اقتصادی

با توجه به اینکه خودروهای برقی یک فناوری جدید محسوب می‌شوند، و زمان شارژ نسبتاً طولانی دارند، لذا هزینه‌های خرید اولیه و جانبی آنها به نسبت دیگر خودروها بالا می‌باشد، پس باید توجهی-های اقتصادی و مشوق‌های مالی وجود داشته باشد، تا رغبت به خرید این خودروها در جوامع مختلف افزایش یابد، برای مثال در ایالات متحده، دولت فدرال برای خرید این خودروها اعتبار مالی خوبی به خریداران ارائه می‌دهد [۱۲]. در نتیجه این اقدامات اقبال به خودروهای برقی برای مشتریان جذاب تر می‌شود، و طبیعتاً درصد حضور این خودروها در شبکه توزیع افزایش می‌یابد. در مجموعه پژوهش‌های

¹⁰ Li-ion

¹¹ NiMH

¹² valve-regulated lead-acid(VRLA)

که در ایالات متحده صورت گرفته، برای صاحبان خودروهای صرفاً برقی که بطور متوسط برای هر ۳۰ مایل یک بار شارژ انجام می‌دهند، بین ۱۱۹۰۰ دلار تا ۱۳۲۵۰ و برای خودروهای هیبریدی بین ۴۴۲۵ تا ۶۱۰۰ نسبت به خودروهای با سوخت فسیلی در هزینه‌های کاربردی صرفه جویی دارند [۱۲].

در ساختمان‌های تجاری برای کاهش هزینه‌های برق مصرفی، صاحبان خودروهای می‌توانند باتری خودروها را در ساعت غیر از پیک بار شارژ نموده، و در ساعت پیک از ذخیره‌سازها استفاده نمایند. همچنین در جاهای تجاری می‌توان از خودروهای برقی پارک شده در جهت خدمات ذخیره‌سازی استفاده نمود، و مجموع این اقدامات ذخیره‌سازی بطور موثر می‌تواند بین ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ دلار در ماه و ۱.۵ مگاوات توان در پیک تقاضا را برای ۵۰ خودروی برقی تامین کند [۱۲].

۲-۴-۲- حوزه فنی

با افزایش تعداد خودروهای برقی در شبکه اثرات مثبت و منفی آنها در حوزه‌های مختلف نمود بیشتری خواهد کرد، برای مثال در تحقیقاتی که توسط وزارت حمل و نقل آمریکا در سال ۲۰۱۰ صورت گرفته، اگر برای هر فرد ۳۰ مایل در روز تعریف شود، یعنی ۱۲ کیلو وات ساعت برای هر خودرو است، و اگر ۱۰٪ از کل خودروها برقی باشند، یعنی در حدود ۳۰۰ گیگا وات ساعت در روز انرژی مصرف می‌کنند [۱۲]، و این تقاضای بسیار زیادی است که بر کل شبکه از جهات مختلف تاثیر می‌گذارد. اکنون در این قسمت تعدادی از اثرات را بررسی شده است.

تلفات شبکه

با تجمع خودروهای برقی در شبکه، تقاضا در سیستم افزایش می‌یابد، که این جریان شبکه را افزایش می‌دهد. لذا تلفات هم به آن میزان افزایش می‌یابد. این اثر در شبکه‌های توزیع بدلیل جریان بالاتر و ولتاژ پایین‌تر و فقدان ارتباط بیشتر خواهد بود [۱۳].

کیفیت توان

شبکه‌های ولتاژ پایین جریان بالاتری را حمل می‌کنند، و معمولاً دارای پیکر بندی شعاعی هستند. وقتی تقاضا توسط خودروهای الکتریکی افزایش می‌یابد. جریان‌های بیشتر سقوط^{۱۳} ولتاژ بزرگتری ایجاد می‌کنند، بخصوص در انتهای فیدر تاثیر بیشتری نشان می‌دهد. علاوه بر این با تجمع

¹³ drop

خودروهای برقی در شبکه باعث ازدحام خطوط در شبکه و عدم تعادل بار در باس پست برق می‌شود، که اینها همه بر ولتاژ شبکه اثر مستقیم دارد [۱۳].

پروفیل تولید

معمولا پیک بار در زمانی رخ می‌دهد، که مردم به خانه یا محل کار می‌رسند، این همزمان با اتصال خودروهای الکتریکی به شبکه است که کنترلی هم روی آن وجود ندارد. بنابراین پیک بار افزایش می‌یابد. در نتیجه نیاز به تجهیزات تکرار کننده و تاخیر دهنده پیک تولید است. پس این تولید مشخصه‌ی هزینه‌های افزایشی دارد، و طبیعتا انتظار می‌رود هزینه‌ی عملیاتی بیشتری نیز در سیستم تحمیل - کند. همچنین از طرفی ممکن است که مجموع ظرفیت سیستم توانایی پذیرش تعداد کمی خودروی برقی داشته باشد، که ممکن است زمان پیک بار سیستم با ورود خودروها به شبکه همزمان باشد [۱۱].

انتشار گاز دی اکسید کربن^{۱۴}

خودروهای صرفا برقی انتشار دی اکسید کربن در جاده را صفر می‌کند. در خودروهای هیبریدی این مقدار انتشار کاهش می‌یابد. البته این مسئله به نکته‌ی دیگری بستگی دارد، که آیا انرژی الکتریسیته خودروهای برقی از منابع انرژی تجدید پذیر بدست آمده یا از منابع سوخت‌های فسیلی، چون با اتصال خودروها به شبکه نیاز به تولید انرژی برق بیشتری هست. اما معمولا با حضور خودروهای برقی در یک منطقه انتشار گازهای گلخانه‌ی در آن منطقه کاهش می‌یابد [۱۱].

تکنولوژی اتصال خودرو به شبکه^{۱۵}

به این معنی، زمانی که نیاز به استفاده از خودروی الکتریکی نیست، می‌توان انرژی آن را به شبکه تزریق نمود، هرچند این عمل سود برای مالکان خودرو و شبکه دارد، اما هنوز چند مانع اجرایی دارد، یکی اینکه ارتباط بین جمع آوری اطلاعات مشتریان ارائه این نوع سرویس هنوز یک چالش است. دوم اینکه هنوز مدل مناسب تجاری برای این کار وجود ندارد [۱۳]. از طرفی در مقطع فعلی تکنولوژی باتری‌ها برای شارژ و تخلیه دو طرفه به دفعات مناسب نیست.

¹⁴ Co2

¹⁵ V2G(Vehicle-to-Grid Technology)

۲-۵- نحوه ورود خودروهای برقی به شبکه توزیع

همانطور که در بخش قبل اشاره شد، تمام اثرات اقتصادی و تکنولوژیک خودروهای برقی براساس یک سری فرض‌ها و پیش‌بینی‌ها صورت گرفته، و برای اینکه بتوان به نتایج دقیق‌تری دست یافت باید مدلسازی دقیقی براساس عوامل مهم و مختلفی که بر حضور این خودروها در شبکه موثر است، وجود داشته باشد، تا بر پایه آن بتوان رفتار نزدیک به واقعیت این خودروها را بررسی کرد، و راهکارهای عملی در جهت کاهش اثرات منفی آنها پیشنهاد داد.

بدین منظور ابتدا باید الگوهای بارگذاری یک شبکه بدون حضور خودروهای برقی در یک دوره زمانی مشخص که می‌تواند شامل هفته، ماه، سال یا غیره است، بعنوان نمونه در دسترس باشد. هر چه این دوره زمانی طولانی‌تر باشد، پدیده‌های متفاوت‌تری مشاهده شده و به این صورت دقت روش بیشتر می‌شود.

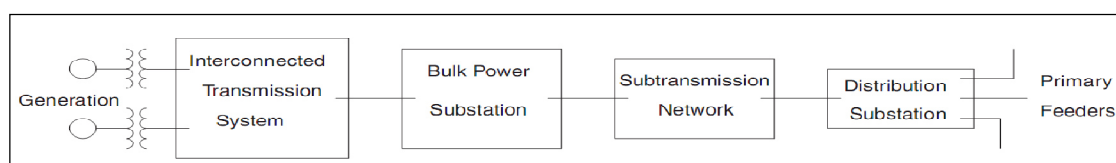
اکنون عوامل مختلف و مهم در حضور خودروها باید بررسی شود، که شامل چند بخش است، برای مثال در بخش شارژ و دشارژ خودروها فاکتورهای مانند سطح شارژ فعلی، الگوی رانندگی برای تخمین میزان مسافت طی شده در یک روز و ظرفیت باتری و نوع شارژر استفاده شده و غیره مهم است [۱۱]. البته با توجه به هدف و دقت روش تعداد این عوامل زیاد و کم می‌شود. علاوه بر این باید در پژوهش نوع شارژر مبنی بر اینکه شارژ خانگی یا شارژ تجاری یا ترکیبی از هر دو تحت بررسی است. باید مشخص شود. فاکتورهای مهم دیگر مانند تعداد خودروها یا به اصطلاح^{۱۶} خودروها در جاهای مختلف شبکه گفته می‌شود [۱۱]، و همچنین نوع خودروها و زمان اتصال به شبکه در میزان باری که از طرف خودروهای برقی به شبکه تحمیل می‌شود، بسیار موثر است. اکنون با جمع‌بندی بار اتصال خودروها به شبکه در زمان‌های مختلف و الگوی بارگذاری شبکه بدون خودروها می‌توان الگوهای بار شبکه با حضور خودروهای الکتریکی را بدست آورد و در نتیجه اثرات خودروها بر ادوات و تجهیزات مختلف شبکه معلوم می‌شود.

۲-۵-۱- شبکه‌ی توزیع و الگوی بارگذاری بدون حضور خودروهای برقی

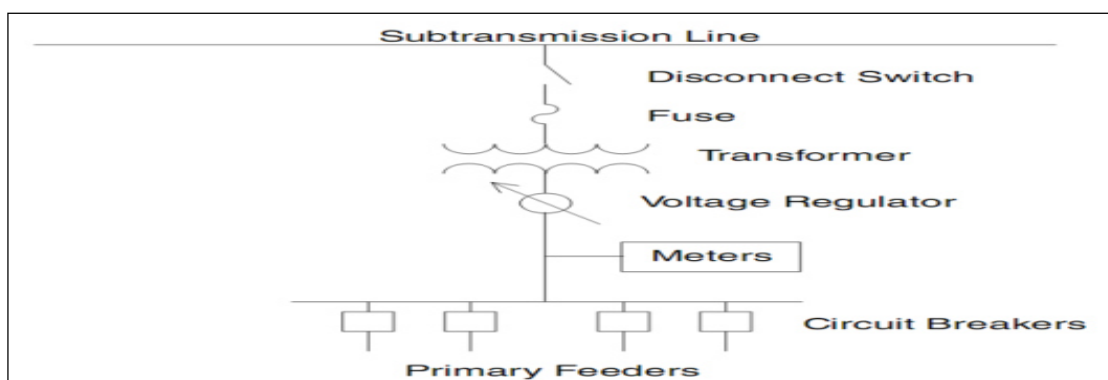
شبکه‌ی توزیع همانطور که در شکل (۲-۹) نشان داده شده است، بعنوان نزدیکترین قسمت از شبکه برق‌رسانی به مصرف‌کننده‌ها و خودروهای برقی، مهم‌ترین اثرات را خودروها متحمل می‌شوند. لذا داشتن الگوی کامل از رفتارهای شبکه توزیع در یک دوره زمانی بسیار حائز اهمیت است. سیستم

¹⁶ Pev penetration

توزیع به طور معمول با پست توزیع شروع می‌شود، که در آن با یک یا چند خط انتقال فرعی تغذیه همانطور که در شکل (۲-۱۰) نشان داده شده است شروع می‌شود. در برخی موارد، پست توزیع بطور مستقیم از یک خط انتقال با ولتاژ بالا تغذیه می‌شود. هر یک از پست توزیع یک یا چند فیدر اولیه را پوشش می‌دهند، البته فیدرها معمولاً شعاعی هستند، به این معنی که تنها یک راه برای شارش توان از پست توزیع به مصرف کننده وجود دارد [۷].



شکل (۲-۹): اجزای کلی شبکه از تولید به مصرف [۷]



شکل (۲-۱۰): شمای کلی یک شبکه توزیع [۷]

هر شبکه توزیع برای تامین الزامات خاص منطقه‌ای که در آن هست، طراحی شده است، در مرحله طراحی تلاش می‌شود، تعادل بار برای اطمینان از عملکرد کارآمد رعایت شود. با این حال، بار بر روی یک شبکه، ذاتاً به دلیل حضور نابرابر بارهای تک فاز نامتعادل است. بنابراین، یک شمای تک فاز به طور معمول مفید برای تجزیه و تحلیل سیستم های توزیع نیست، و باید در فضای سه فاز تجزیه و تحلیل کامل انجام می‌گیرد. وقتی بار بر روی شبکه نامتعادل است، در سیم خنثی افزایش تلفات ایجاد می‌شود. برای مشتریان متصل به ثانویه ترانسفورماتور سه فاز، ولتاژ نامتعادل می‌تواند باعث عملکرد نادرست موتورهای القایی سه فاز شود [۹]. همانطور که در مقدمه اشاره شد، با طولانی بودن دوره تحت مطالعه پدیده‌های بیشتری مشاهده می‌شود. چون شامل فصل‌ها و زمانهای بیشتری می‌شود، رفتارهای دینامیکی دقیق‌تری از بارگذاری‌های شبکه در اثر شرایط مختلف مانند آب و هوا، شروع دوره‌های مانند مدارس و دانشگاه‌ها، آخر هفته‌ها و روزهای تعطیل، روزهای خاص و غیره در اختیار خواهد بود. برای مثال در شبانه‌روز پیک بار بیشتر در زمانی شروع می‌شود، که افراد به خانه یا محل کار می‌رسند، بخصوص در ساعات ۶ عصر به بعد که به منزل می‌رسند، پیک بار بشدت افزایش

می‌یابد. البته شروع ساعت پیک هم به فصل‌های سال و آب‌وهوا بستگی دارد [۹]. در روزها آخر هفته چون زمان حضور افراد در محل کار و منزل نسبت به بقیه‌ی روزهای هفته متفاوت است، لذا الگوی مصرف تغییر می‌کند. همچنین با تغییر فصل و شروع دوره‌های مانند مدارس بدلیل آب‌وهوا و دیگر عوامل، الگوهای مصرف دستخوش تغییر می‌شوند. حال باید برای مدل شبکه توزیع مورد نظر مجموع اطلاعاتی دقیقی از شبکه مانند طول خط در هر زمان، متوسط توان اکتیو^{۱۷} و راکتیو^{۱۸} مصرفی هر باس، امپدانس هر خط، ولتاژ منبع، نوع بار هر باس مانند تجاری یا خانگی، وغیره در دسترس باشد [۷]. با داشتن این اطلاعات معمولاً در بیشتر پژوهش‌ها از نرم‌افزارهای مانند دیگسایلنت^{۱۹} یا ایتپ^{۲۰} برای تحلیل شبکه و پخش بار استفاده می‌شود.

۲-۵-۲- ورود خودروهای برقی به شبکه توزیع

بطور کلی ماهیت حضور این خودروها در شبکه بصورت تصادفی بوده، به این معنی که بسیاری از پارامترهای موثر در حضور خودروها تصادفی هستند، مانند مسافت طی شده توسط خودرو که به الگوی رانندگی بستگی دارد، یا سطح شارژ خودرو و غیره. اما هر چه عوامل موثر را دقیق‌تر مدل کرده، میزان بار و زمان اعمال این بار از طرف خودروها به واقعیت شبکه نزدیکتر است. یکی از پارامترهای مهم نوع و تعداد این خودروها در شبکه توزیع است، در یک جامعه تعدادی از هر نوع مدل خودرو می‌باشد، مانند سواری، وانت، استیشن را در نظر گرفت، چون هر کدام از اینها در هر تعدادی می‌تواند حضور داشته باشد. یکی دیگر از این عوامل مهم در واقع تعداد و محل این خودروها در شبکه مورد نظر است، که اصطلاحاً به این درصد نفوذ خودروها گفته می‌شود. از دیگر فاکتورهای مهم میزان ظرفیت باتری خودروها و سطح شارژ آن می‌باشد، که این به نوع خودرو و الگوی رانندگی خودروها که از منابعی مانند آژانس رانندگی متروپلیتن شیکاگو^{۲۱} که دارای مجموعه‌ای بالغ بر رفتار ۳۴۰۰۰ راننده است [۱۱]، دریافت می‌شود و مسافت طی شده در روز و شارژ باقیمانده از روز قبل دارد، و اینکه ظرفیت باتری به نوع خودرو و شرکت سازنده آن بستگی دارد.

از آنجایی که در یک محدوده مشخص، افراد جامعه از مدل‌ها مختلفی از خودروها استفاده می‌کنند، بنابراین در پژوهش‌ها برای هر نوع از خودروهای الکتریکی یک تعدادی را در نظر می‌گیرند، و به این

¹⁷ Active(W)

¹⁸ Ractive(VAR)

¹⁹ Digsilent

²⁰ Etap

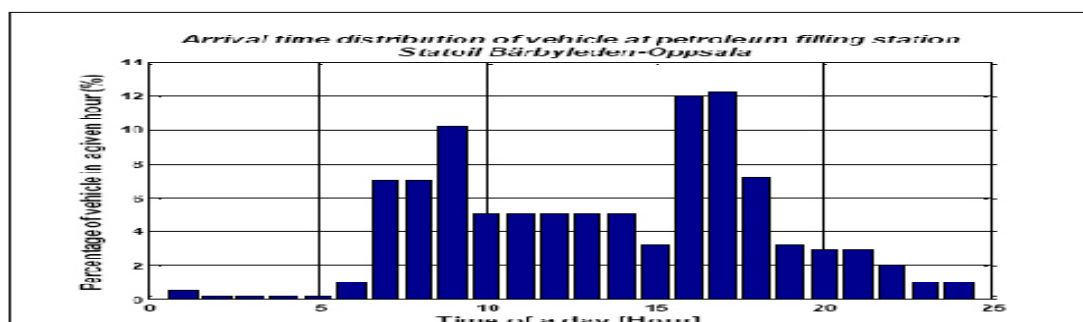
²¹ CMAP

صورت که درصدی از تعداد کل خودروها به هر نوع اختصاص می‌یابد. در جدول (۲-۲) یک نوع از این توزیع جمعیت خودروها نشان داده شده است [۱۱].

جدول (۲-۲): تعداد هر نوع خودروها بر حسب درصدی از جمعیت کل خودروها [۱۱]

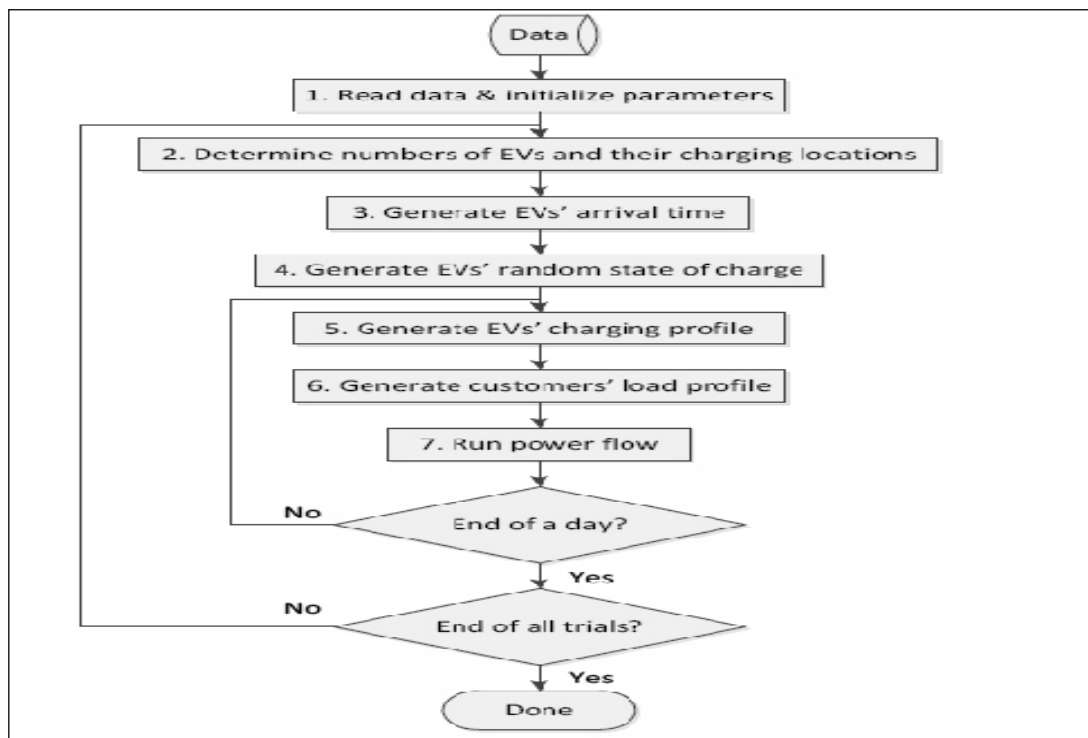
Vehicle class	Description	% of PEV
1	Compact passenger cars	P1
2	Full size passenger cars	P2
3	Medium size SUV and pick-up trucks	P3
4	Large size SUV and pick-up trucks	P3

معمولا در بسیاری از پژوهش‌ها براینکه درصد نفوذها در قسمت‌های مختلف شبکه متفاوت باشد، در چند مرحله به فیدرهای مختلف درصد نفوذهای متفاوتی داده می‌شود، تا هر قسمت از شبکه شاهدسخت‌ترین تا آسان‌ترین بارگذاری باشد. اکنون برای محاسبه اثرات خودروها در شبکه از یکسری برنامه‌نویسی‌ها استفاده می‌شود، که با توجه به نوع شارژر که تجاری یا خانگی باشد به چند نوع تقسیم می‌شوند. برنامه‌ها بدین صورت هستند که یک تعداد ورودی مانند ظرفیت باتری‌ها، سطح شارژ روزانه، تعداد خودروها در هر نوع و غیره را در هر نوع می‌گیرند، و هم یک تعداد قید مکانی و زمانی به آنها وارد می‌شود. شایان ذکر است که هیچ سناریو کنترل شده برای زمان شارژ و مکان شارژ خودروها وجود ندارد. در بخش شارژ خانگی فرض بر این است که ورود خودرو به منزل در هر زمانی به شبکه متصل شده و با هر سطح شارژی که دارد، تا زمانی که کامل شارژ شود، به شبکه متصل است. در شارژ تجاری هم زمان ورود خودروها به ایستگاه شارژ کاملا تصادفی است، و میزان شارژ دریافتی تابع سطح شارژ آنها می‌باشد [۱۱]. معمولا برای تخمین زمان و میزان ورود خودروها به ایستگاه‌های شارژ تجاری از الگوی زمانی ورود خودروهای سوخت فسیلی به جایگاه‌های سوخت‌گیری استفاده می‌شود. همانطور که در شکل (۲-۱۱) این الگوی زمانی نشان داده شده است.



شکل (۲-۱۱): درصد حضور خودروها در جایگاه‌های سوخت‌گیری براساس زمان ورود آنها [۹]

همانطور که از شکل (۲-۱۱) معلوم است، بیشترین زمان مراجعه خودروها به جایگاهها در ساعت روز و بخصوص در ساعات پایانی روز می باشد، که افراد به منازل خود باز می گردند. پس این نشان می دهد، که در صورتی که این الگو برای شارژ تجاری فرض شود، با بسیار از ساعات پیک شبکه در بخش قبل محاسبه شد، تلاقی دارد، و بدین شکل بیشترین تاثیر خود را بر شبکه و اجزای آن خواهد گذاشت. در محاسبه اثرات خودروهای برقی در شبکه لازم است، پخش بار^{۲۲} در شبکه انجام شود، و برای این کار باید ولتاژ و جریان هر قسمت از خطوط شبکه و باسبار محاسبه بشود. روش های معمول برای این کار روش های تکرار نیوتن رافسون و گوس سایدل و غیره می باشد. در این روش های تکرار، معیار توقف شبیه سازی میزان همگرایی مورد نظر است [۱۴]، به این شکل که جواب های خروجی تفاوت محسوسی با همدیگر نداشته باشند. در هر شبیه سازی یک روز کامل شامل ۲۴ ساعت را شامل می شود، که در بازه های یک ساعته تقسیم شده و هر بازه یک ساعته از تعدادی وقفه زمانی است. در شکل (۲-۱۲) یک فلوچارت کلی برای محاسبه اثرات خودروها در شبکه نشان داده شده است [۱۱].



شکل (۲-۱۲): فلوچارت کلی برای محاسبه اثرات خودروها در شبکه [۱۱]

در شکل (۲-۱۲) فلوچارت از چندین مرحله تشکیل شده است، که در چند قسمت با داشتن یک شرط بصورت یک حلقه تکرار است، به فرض تکرار هر ساعت تا پایان یک روز یا تکرار هر وقفه‌ی زمانی تا پایان یک ساعت می باشد. مراحل فلوچارت را تشکیل می دهند، هر کدام تحت شرایطی که

²² power flow

ورودی‌ها و قیدها و خروجی‌های مورد نظر اعمال می‌کنند می‌توانند تغییر کنند. در این قسمت هر یک از این مراحل معرفی شده‌اند. در بعضی از مراحل بدلیل ماهیت تصادفی که بعضی از پارامترها دارند، از شبیه‌سازهای تصادفی مانند مونت کارلو^{۲۳} استفاده می‌شود [۱۱].

۱- پردازش و خواندن داده‌ها

از آنجایی که در این برنامه‌ها از شبیه‌سازهای تصادفی مانند مونت کارلو استفاده می‌شود، بنابراین در مرحله اول پارامترهای مانند اطلاعات خودروهای برقی شامل ظرفیت باتری، مصرف انرژی و غیره داده می‌شود، همچنین از طرفی رفتار تصادفی که راننده‌ها دارند، و اطلاعات هادی‌های خط و متوسط بار در باس و پروفیل بارها براساس نوع بارها در این مرحله به برنامه داده می‌شود. این اطلاعات ورودی برای ساختن تابع توزیع تجمعی از زمان ورود خواهد بود [۱۱]، که در مرحله سوم بکار می‌رود. با توجه به نوع مسئله تعریف شده می‌توان هر تعداد از رفتارهای موجود در بانک‌ها اطلاعاتی رانندگان را استفاده کرد، چون در بانک اطلاعاتی مانند آژانس رانندگی شیگاکو اطلاعات ۳۴۰۰۰ راننده در حالت‌های مختلف است، به فرض مثال در بعضی پژوهش‌ها فقط رفتار راننده بین محل کار و منزلش مهم است، ولی در بعضی دیگر، رفت و آمدهای دیگر مانند مسافرت‌ها و غیره می‌تواند مد نظر باشد.

۲- نفوذ خودروها و نقاط شارژ

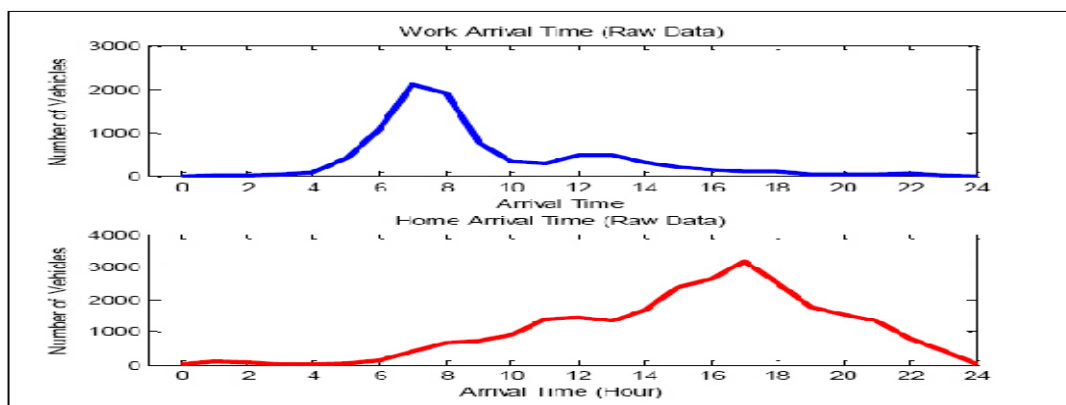
در مرحله دوم همانطور که در مقدمه این فصل گفته شد، باید مقادیر نفوذ خودروها که در جاهای مختلف شبکه می‌توانند، باید تعیین کرد. یکی دیگر از نکات مهم در مسئله محل شارژ است، که این به رفتار راننده‌ها بستگی دارد، که خودروی خود را در محل‌های تجاری یا در منزل خود یا ترکیبی از این دو حالت می‌تواند باشد، بدین صورت که تقریباً یک سوم رانندگان در بانک‌های اطلاعاتی در طول شب به سفرهای اضافی پس از کار می‌روند و امکان دارد، در آن سفر از شارژ تجاری استفاده کنند، بنابراین این افراد هم از شارژ تجاری و هم از شارژ خانگی استفاده کرده‌اند. دو سوم دیگر هم از رانندگان از شارژ تجاری یا شارژ خانگی استفاده کرده‌اند [۱۵].

۳- زمان رسیدن خودروهای برقی

در این فلوچارت کلی همانطور که اشاره شد، هیچ هماهنگی و کنترلی برای شارژ خودروها وجود ندارد. چنانچه که تمامی راننده‌ها با رسیدن به هر محل شارژی اعم از تجاری یا مسکونی یا ترکیبی از این دو

²³ Monte Carlo simulation

در هر زمانی خودرو خود را به شبکه متصل نمود، و تا کامل شدن شارژ ادامه می‌دهند [۱۱]. تخمین زمان ورود خودرو به محل شارژ بسیار حائز اهمیت است، چون پروفیل شارژ را تعیین می‌کند. هر چند که در اکثر شبیه‌سازی‌ها مسافت بین محل کار و محل منزل مهم است، ولی چون الگوی رانندگان متفاوت است، روز به روز می‌تواند تغییر کند، در نتیجه باعث ایجاد عدم قطعیت در پروفیل شارژ خودروی برقی می‌شود. اکنون با توجه به این عدم قطعیت، باید روشی برای تولید تصادفی پروفیل شارژ خودروها بکار برد. بطور معمول در پژوهش‌ها از بانک‌های اطلاعاتی مانند آژانس رانندگی متروپلیتن شیکاگو استفاده می‌شود، که زمان‌های ورود به منزل و یا محل کار براساس داده‌های موجود خود، بصورت تصادفی محاسبه کرده اند [۱۱]. در شکل (۲-۱۳) نمودار ورود تعداد خودروهای که در زمان‌های مختلف در یک شبانه‌روز وارد خانه یا محل کار می‌شوند.



شکل (۲-۱۳): نمودار زمان رسیدن خودروها به منزل (در شکل پایین) و به محل کار (در شکل بالا) در یک شبانه-

روز [۱۱]

در شکل (۲-۱۳) اوج زمان رسیدن به منزل در حدود ساعت ۱۷ و زمانی که بیشترین خودروها به محل کار می‌رسند، حدود بین ساعت ۷ تا ۸ صبح می‌باشد. از طرفی زمان ورود به منزل به مراتب تنوع بیشتری نسبت به زمان ورود به محل کار دارد، بطوریکه در مورد زمان ورود به منزل ۲۵۴۵۲ راننده مورد مطالعه قرار گرفته است، در مقابل درباره زمان ورود به محل کار ۸۹۹۹ راننده مورد مطالعه قرار گرفته است، که البته مورد انتظار هم هست [۱۱]، چون زمان ورود به کار از یک قانون خاص خود کار تبعیت می‌کند، ولی در مورد منزل، راننده می‌تواند هر وقت بخواهد به منزل برود.

۴- سطح شارژ باتری خودروهای برقی

سطح شارژ باتری یکی از فاکتورهای مهم در پروفیل ولتاژ خودروهای برقی می‌باشد، البته می‌توان سطح شارژ را از روی مسافت طی کرده خودروهای برقی، رفتار راننده، شرایط ترافیک، آب و هوا و اولویتهای راننده مانند کنترل دمای داخلی تخمین زد. بعضی از عوامل موثر در سطح شارژ خودروها

قابل پیش بینی است مانند مسافت طی شده، ولی بعضی دیگر از آنها مانند ترافیک یا آب وهوا بصورت روزانه می‌تواند تغییر می‌کند، که این باعث عدم قطعیت در محاسبه سطح شارژ می‌شود [۱۱]. اکنون برای حل این عدم قطعیت می‌توان تعدادی از عوامل موثر را ثابت گرفت و برای بعضی‌های دیگر از آنها می‌توان از آمارگیری‌های مختلف از رانندگان استفاده نمود. برای مثال در تخمین مسافت طی شده توسط یک راننده در طول یک شبانه‌روز از نظر سنجی که از ۷۹۵۳ شهروند شهر سیاتل ایالات متحده صورت گرفته می‌توان استفاده کرد. نتایج این نظر سنجی در جدول (۲-۳) نشان داده شده است، که هر درصدی کل راننده‌ها در یک بازه مسافتی قرار می‌گیرد [۱۱].

جدول (۲-۳): مسافت طی شده توسط رانندگان سیاتل بر حسب درصد تعداد آنها [۱۱]

Commute distance (miles)	Percentage (%)
0 – 4.0	19.19
4.1 – 8.0	22.95
8.1 – 12.0	16.67
12.1 – 16.0	13.77
16.1 – 20.6	9.37
20.1 – 24.0	6.07
24.1 – 28.0	4.59
28.1 – 32.0	2.69
32.1 +	4.70

۵- پروفیل شارژ خودروهای برقی

پروفیل شارژ هر خودرو بصورت جداگانه براساس زمان رسیدن، انرژی موردنیاز، نوع شارژ بکار رفته شده محاسبه می‌شود. کل پروفیل شارژ خودروهای برقی در یک شبکه از تجمیع پروفیل شارژ تک تک خودروها بدست می‌آید.

۲-۶- اثرات حضور خودروهای برقی بر شبکه توزیع

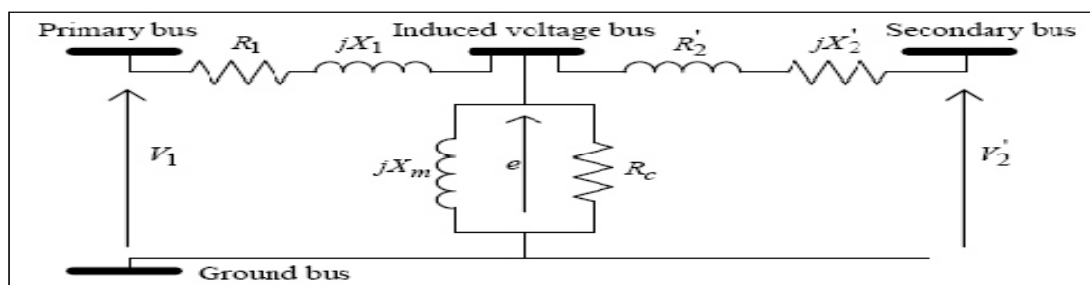
در قسمت‌های قبل با قرارگیری خودروهای برقی در شبکه توزیع، در نهایت پروفیل بار آنها محاسبه شد، که این پروفیل بصورت یک دوره زمانی دوره زمانی به شبکه‌ی توزیع اعمال می‌شود، در نتیجه بر شبکه‌ی توزیع و تجهیزات آن در این دوره زمانی شارژ اثر می‌گذارد. شناسایی این اثرات و میزان تاثیر گذاری آنها بسیار مهم است، چون امکان دارد آنقدر به شبکه و عناصرش آسیب بزنند، که بقیه فواید مثبت آنها تحت الشعاع دیگر مسائل قرار بگیرد، برای مثال در بحث ترانسفورماتورها، خودروهای برقی

می‌توانند باعث کاهش عمر مفید ترانس شوند یا تلفات خط را بسیار زیاد کنند، و در ساعات پیک بار باعث قطعی برق در شبکه توزیع شوند. همچنین با تخریب پروفیل ولتاژ می‌توانند به باعث آسیب رسیدن به وسایل برقی منازل شوند [۱۶]. پس شناخت این اثرات و پیدا کردن راهی برای تعدیل آنها بسیار مهم می‌باشد. البته این اثرات بستگی به میزان نفوذ خودروهای برقی و همچنین زمان اتصال آنها به شبکه دارد، چون در هر سناریو که در مورد خودروها برقی مبنی بر تعداد و زمان شارژ و دیگر پارامترهای تصادفی بر پروفیل شارژ خودروها بسیار موثر هستند [۱۶]. و مجموع همین پروفیل شارژ با پروفیل بار پایه شبکه، پروفیل بار شبکه در حالت حضور خودروها را ایجاد می‌کنند.

۲-۶-۱- اثرات حضور خودروهای برقی بر ترانسفورماتورهای توزیع

ترانسفورماتورهای توزیع یکی از بخش‌های حیاتی در شبکه توزیع، که وظیفه تبدیل ولتاژ در قسمت‌های مختلف را برعهده دارند، شناخته می‌شوند. از آنجایی که خودروهای برقی شارژ خود را مستقیماً از شبکه می‌کند، پس این بار اضافه بر روی عملکرد ترانسفورماتور تاثیر زیادی دارد [۱۷].

بطور معمول تلفات مسی را بصورت مقاوت اولیه و ثانویه مدل کرده، و تلفات هسته شامل جریان گردابی و پسماند از طریق شاخه مغناطیس کنندگی مدل می‌شود. پارامترهای مانند امپدانس اولیه و ثانویه و مقاومت و سلف ترانسفورماتورها از طریق آزمایش اتصال کوتاه و مدار باز محاسبه می‌شود. در این قسمت در شکل (۲-۱۴) یک مدل ترانسفورماتور بصورت تک فاز نشان داده شده است [۱۹].

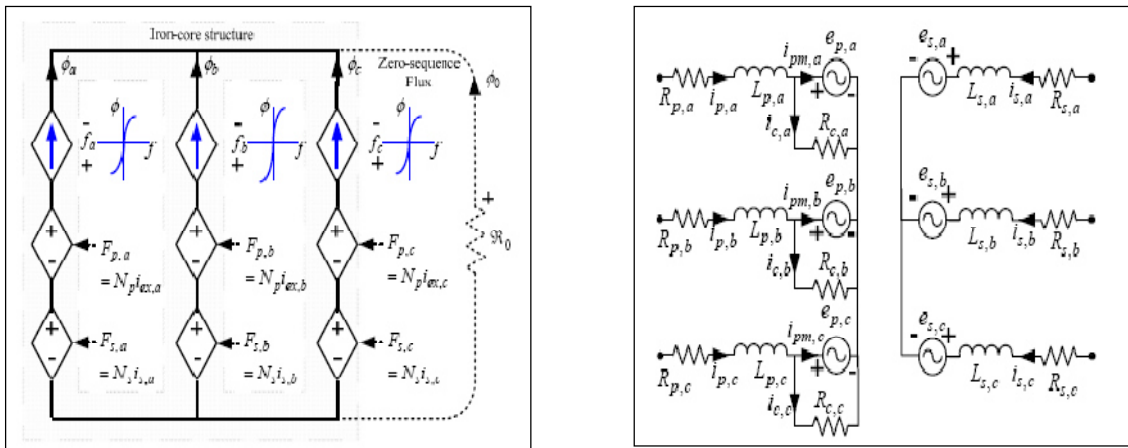


شکل (۲-۱۴): مدار معادل ترانسفورماتور توزیع بصورت تک فاز [۱۹]

همچنین یکی از مشکلاتی که برای ترانسفورماتورها در طول زمان حضور خودروهای برقی در شبکه- ایجاد می‌شود، تلفات ناشی از هارمونیک و استرس‌های غیر خطی است، که ناشی از ادوات الکترونیک قدرت تجهیزات شارژرهای سریع در شبکه توزیع می‌باشد. بطور کلی شارژرهای سریعی که چه در ایستگاه‌های شارژ تجاری یا در منازل بکار می‌روند، بدلیل اینکه شارژ خودرو در زمانی کوتاه و بصورت جریان یکسو انجام می‌شود، نیاز به تجهیزات الکترونیک قدرت دارند، که عمل یکسو سازی توان

متناب را انجام دهد [۲۰]. در ایستگاه‌های شارژ تجاری بدلیل اینکه توان بالای در مدت زمان‌های محدودی از شبکه تقاضا می‌کند، بنابراین باید از سطح ولتاژ توزیع یا فوق توزیع شبکه از طریق یک ترانسفورماتور مخصوص بخود استفاده کند [۲۴].

ایستگاه‌های شارژ بخاطر استفاده تجهیزات الکترونیک قدرت، بارهای غیرخطی بزرگی محسوب می‌شوند [۲۰]، که با ایجاد جریان‌های هارمونیکی باعث عملکرد غیر طبیعی ترانسفورماتور ایستگاه شارژ می‌شوند. در نتیجه این عملکرد مشکلاتی مانند تلفات اضافی، کاهش بهره‌وری، افزایش درجه حررات ترانسفورماتور و کاهش عمر مفید سیم‌پیچ و عایق‌ها می‌شود [۲۴].



شکل (۲-۱۶): مدار مغناطیسی ترانسفورماتور [۲۱] شکل (۲-۱۵): مدار معادل ترانسفورماتور سه فاز [۲۱]

اکنون با توجه به ماهیت غیر خطی این مشکل، باید یک مدل از ترانسفورماتورها استفاده شود، که بتواند، این رفتار و تلفات غیر خطی را محاسبه کند. باید مدل غیر خطی هسته ترانسفورماتور اثراتی مانند هیستریزس اشباع و جریان گردابی را شامل شود. در شکل (۲-۱۵) مدل مدار الکتریکی سه فاز و در شکل (۲-۱۶) مدل مدار مغناطیسی سه فاز ترانسفورماتور توزیع (ستاره-ستاره) نشان داده شده است [۲۱]. در شکل (۲-۱۵) مقاومت و سلف اولیه و ثانویه قابل مشاهده است، که معادل تلفات مسی سیم پیچ‌ها و شار نشتی می‌باشد. مقاومت موازی منبع ولتاژ القایی اولیه و ثانویه تلفات هسته شامل جریان گردابی و هیستریزس را مدل می‌کند [۲۱]. در شکل (۲-۱۶) شار سه پایه هسته می‌باشند. ϕ_0 شاری است که در هوا یا تانک ترانسفورماتور مسیر خود را می‌بندد، و R_0 رلوکتانس مسیر هوایی است. در هر شاخه هر فاز از مدار شکل (۲-۱۶) مشخصه هیستریزس $\lambda-i$ آن معلوم است. همچنین ویژگی‌های غیرخطی هر پایه هر فاز بصورت جداگانه اندازه‌گیری مغناطیسی می‌شود [۳۹]، [۲۱].

۲-۷- مروری بر پژوهش‌های قبلی در زمینه حضور خودروهای برقی در شبکه توزیع

در این قسمت پژوهش‌های گذشته در مورد حضور خودروهای برقی در شبکه توزیع تحت بررسی قرار گرفته است که نقاط قوت و ضعف این پژوهش‌ها آشکار شود. و میزان متمایز بودن و نوآوری و جامع بودن الگوریتم مدیریتی این پایان‌نامه مشخص شود. شایان ذکر است، که در این زمینه با هدف‌های کاهش تلفات و بهبود پروفیل ولتاژ کارهای زیادی صورت گرفته است، که هر کدام به جنبه خاصی پرداخته شده و عمومیتی برای حالت‌های مختلف شبکه توزیع با حضور خودروهای برقی ندارند.

برای مثال در بسیاری از پژوهش‌های فقط به مقوله‌ی دریافت شارژ خودروهای برقی پرداخته شده است. بشکلی که در یکی از این پژوهش‌ها هماهنگ‌سازی شارژ خودروهای برقی بر پایه روابط تلفات فیدرها و ضریب قدرت بارها و واریانس بارها تعریف شده است. با استفاده از این روابط روشی را هماهنگ‌سازی دریافت شارژ خودروها که زمان کمتر برای محاسبه می‌برد. در واقع ضریب قدرت بار و واریانس بارها را بعنوان هدف قرار داده است، تعریف کرده است [۳۸]، [۳۰]. ولی به بحث انتقال شارژ خودروها به شبکه و بحث تعادل شبکه و تلفات عناصر شبکه پرداخته است.

همچنین در پژوهشی دیگر، که با این هدف صورت گرفته است، برای هماهنگ‌سازی شارژ باتری خودروهای برقی از مفهوم عملکرد غیر تعاونی استفاده نموده است. به شکلی که برای این امر هدف حداقل کردن هزینه برق، مشترک برق خانگی توسط برنامه‌ریزی تقاضای خودروهای برقی می‌باشد، در این روش از یک الگوریتم محاسباتی غیر متمرکز که همگرا به تعادل نش شده، استفاده شده است. این روش در زمانی مفید واقع می‌شود، که ارتباط مستمری با خودروهای برقی امکان پذیر نیست [۳۷]، [۲۸]. ولی این پژوهش فقط بر پایه محاسبات بازار برق برای شارژ باتری خودروهای برقی بوده [۴۰]، و توجهی به کاهش تلفات و بهبود پروفیل ولتاژ و ورود خودروهای برقی در حالت عدم تعادل و برای تزریق شارژ به شبکه ندارد.

در بعضی دیگر از تحقیقات در مورد هماهنگ‌سازی شارژ خودروهای برقی، از منابع ذخیره‌ساز انرژی و انرژی‌های نو برای تامین شارژ باتری خودروهای برقی در زمان‌های بحرانی شبکه استفاده شده است و باعث کاهش تلفات می‌شود [۴۸]، [۳۵]، [۳۱]، ولی بطور کلی راه حل جامعی برای مشکل، بدلیل محدودیت‌های موجود در زمینه تامین ذخیره‌سازها و هماهنگی با شبکه توزیع هوشمند، محسوب نمی‌شود. فقط از بعد شارژ خودروها به این مسئله نگریسته شده است، و به شرایط شبکه تعادل یا عدم تعادل شبکه توزیع شبکه توجه نشده است.

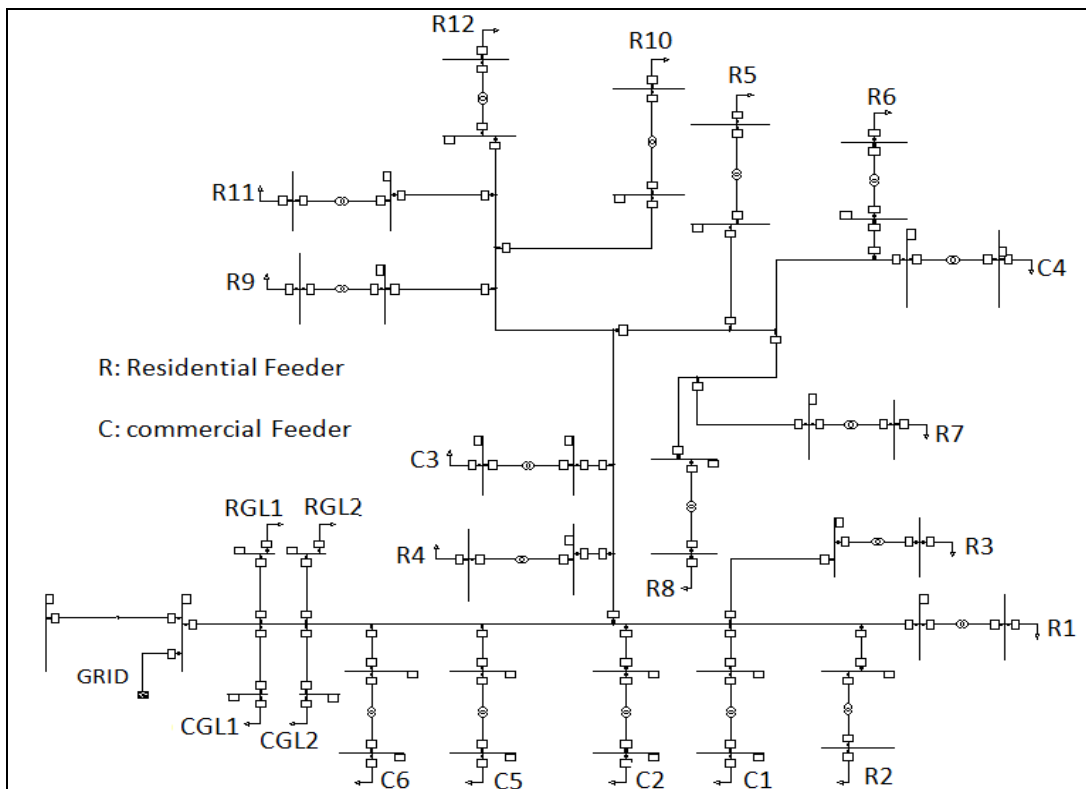
در پژوهشی دیگر که با هدف کاهش تلفات صورت گرفته است. الگوریتمی برای مدیریت شارژ خودروهای برقی ارائه شده، که علاوه بر کاهش تلفات در ساعات پیک مصرف شبکه، بر میزان هزینه برقی مشترکین خانگی تاثیر می‌گذارد. با استفاده از آنالیز حساسیتی ولتاژ متوسط شبکه به تغییرات توان مصرفی خودروها، شارژ خودروهای برقی توسط الگوریتم مدیریت می‌شود [۲۶]. ولی در این تحقیق فقط به جنبه شارژ باتری خودروها و کاهش هزینه شارژ آنها بدون در نظر گرفتن شرایط شبکه از نظر تعادل و تزریق شارژ خودروها پرداخته شده است. نکته دیگری که در این پژوهش و دیگر پژوهش‌ها در زمینه مدیریت شارژ خودروها با هدف کاهش تلفات، وجود دارد، این است، که شبکه‌های توزیع فشار ضعیف که محل اتصال خودروهای برقی می‌باشند، بطور مجزا شبیه‌سازی نشده است. فقط معادل‌سازی شده و به این صورت میزان دقت محاسبات کاهش یافته است. همچنین اجزای مانند ترانسفورماتورها که عنصر حیاتی در شبکه توزیع می‌باشند، با پارامترهای خطوط شبکه معادل شده‌اند و بصورت مجزا به آنها پرداخته نشده است. همچنین رفتارهای مختلف ترانسفورماتورها با توجه به ماهیت متفاوتی که در ساعات مختلف حضور خودروهای برقی در بار گذاری شبکه توزیع از خود بروز می‌دهند، بررسی نشده است. میزان سهم این عنصر در ایجاد تلفات جداگانه بررسی نشده است. با وجود اینکه در بعضی پژوهش‌ها به مقوله انتقال شارژ باتری خودروها بعنوان خدمات جانبی اشاره شده [۴۷]، ولی حضور همزمان خودروهای برقی در هر دو ماهیت و تاثیری که روی تلفات خطوط و ترانسفورماتورها و پروفیل ولتاژ شبکه در طول زمان‌های مختلف دارند، بررسی نشده است. همچنین شرایط شبکه از تعادل یکی فاکتورهای مهم و تعیین کننده برای مدیریت شارژ خودروها می‌باشند، که در اکثر پژوهش‌ها توجه خاصی به این موضوع نشده است. چنانچه که اکثر شبکه‌های توزیع به نوعی دچار عدم تعادل بارهای مسکونی و تجاری هستند. یکی دیگر از مسائل مهم در روش‌های مدیریت و هماهنگ‌سازی شارژ خودروهای برقی سرعت و آنی بودن تصمیم‌گیری مرکز کنترل شبکه هوشمند می‌باشد، چنانچه که در بسیاری از پژوهش‌ها وجود این تصمیم‌گیری بصورت غیر آنی و کند می‌باشد و در واقع از قبل یک روش به شبکه اعمال شده و با توجه به شرایط خودروهای برقی و شبکه سرعت و انعطاف‌پذیری کمی دارند [۴۵]، [۴۲]. اکنون با توجه نتایج پژوهش‌های قبلی و نیازمندی‌های جدید در زمینه مدیریت شارژ خودروهای برقی، بنظر می‌رسد، در جهت ادامه و تکمیل این پژوهش‌ها ضروریست، ارائه روش یا الگوریتمی بصورت جامع، که علاوه بر مدیریت شارژ و تخلیه شارژ انواع خودروهای برقی با هر شرایطی، توانایی شبیه‌سازی کردن شبکه و شرایط آن و دیگر فاکتورهای مهم در شارژ خودروها را داشته باشد. همچنین این روش باید بتواند بصورت سریع در زمان واقعی شبکه برای حضور خودروهای برقی تصمیم‌گیری کند.

فصل سوم:

شبیه‌سازی شبکه توزیع و حضور خودروهای برقی

۳-۱- شبیه‌سازی شبکه توزیع برق

شبکه مورد نظر که در شکل (۳-۱) نمایش داده شده، یک قسمت از فیدر شماره‌ی یک شبکه توزیع شهر ایلام بنام فیدر دانشگاه می‌باشد [۲۹]. که این قسمت از شبکه توزیع بصورت شعاعی بوده و از قسمتی که بنام GRID در شکل (۳-۱) نامگذاری شده، تغذیه می‌شود. و شامل سطح ولتاژ متوسط ۲۰ کیلوولت و سطح ولتاژ ضعیف ۴۰۰ ولت است. شبکه بطور کلی ۱۲ فیدر ۲۰ کیلوولت مسکونی دارد، که توسط ترانسفورماتورهای ۲۰ کیلوولت به ۴۰۰ ولت با سطح توان‌های مختلف به شبکه ضعیف ۴۰۰ ولت متصل می‌شوند. در همین فیدرهای ولتاژ ضعیف که مشترکین مسکونی وجود دارند، خودروهای برقی به شبکه متصل می‌شوند. همچنین شبکه دارای ۶ فیدر تجاری و چندین بار تجاری و مسکونی عمومی (RGL1, RGL2, CGL1, CGL2) می‌باشد. جدول (۳-۱) شامل مشخصات فیدرهای مسکونی می‌باشد. به همین صورت جدول (۳-۲) مشخصات فیدرهای تجاری شبکه توزیع را نشان می‌دهد. در جداول (۳-۱) و (۳-۲)، ستون چهارم حداکثر میزان توان بارهای تجاری و مسکونی را نشان می‌دهند. در شکل (۳-۱) طبق راهنمای جدول فیدرهای مسکونی با حرف R و فیدرهای تجاری با حرف C مشخص شده است.



شکل (۳-۱): شمای کلی شبکه توزیع شبیه‌سازی شده

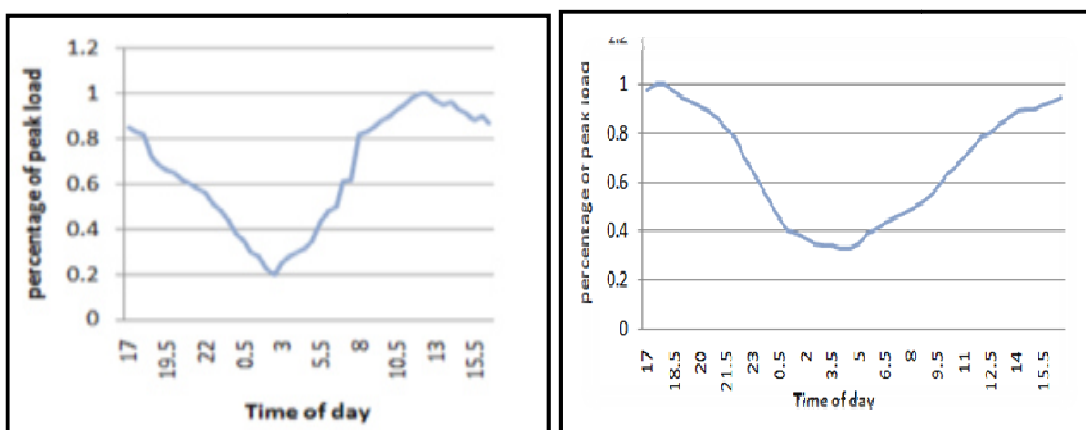
جدول (۳-۱): مشخصات فیدرهای مسکونی [۲۹]

شماره	اسم فیدر	ظرفیت ترانس (KVA)	حداکثر بار (KVA)	حداکثر بار اکتیو (KW)	تعداد مشترکین
۱	خیابان فتح المبین ۱	۴۰۰	۲۶۹	۲۴۲	۱۱۶
۲	خیابان فتح المبین ۲	۵۰۰	۱۴۸/۵	۱۳۴	۸۳
۳	خیابان هفت تیر	۳۱۵	۱۸۵	۱۶۶/۶	۸۰
۴	انبار دارویی	۳۱۵	۱۴۱/۷	۱۲۷/۶	۶۲
۵	خیابان استاد معین	۴۰۰	۲۵۴/۱	۲۲۸/۷	۱۱۰
۶	شهرک شمالی هانیوان	۲۰۰	۶۴/۱	۵۷/۷	۲۸
۷	اول خاتم الانبیا	۲۰۰	۳۳/۳	۳۰	۱۴
۸	آخر خاتم الانبیا	۲۰۰	۳۳/۳	۳۰	۱۴
۹	خیابان آوینی ۲	۳۱۵	۱۰۹	۹۸	۴۷
۱۰	خیابان دهخدا	۳۱۵	۱۴۰	۱۲۶	۶۰
۱۱	خیابان آوینی ۱	۲۰۰	۱۲۷/۲	۱۱۴/۵	۵۵
۱۲	خیابان جابر ابن حیان	۵۰۰	۲۳۵/۶	۲۱۲/۱	۱۰۲

جدول (۳-۲): مشخصات فیدرهای تجاری [۲۹]

شماره	اسم فیدر	ظرفیت ترانس (KVA)	حداکثر بار (KVA)	حداکثر بار اکتیو (KW)
۱	میدان انقلاب	۳۱۵	۱۷۲/۲	۱۵۶
۲	روبروی تامین اجتماعی	۳۱۵	۱۰۰/۵	۹۰/۵
۳	مجمع امام علی (ع)	۱۰۰	۷۴	۶۶/۶
۴	کارخانه نمک پددار	۱۰۰	۷۰	۶۳
۵	برق توزیع استان	۳۱۵	۱۱۰/۹	۹۹/۸
۶	محیط زیست	۳۱۵	۱۱۰/۹	۹۹/۸

شکل‌های (۳-۲) و (۳-۳) الگوی تغییرات بارهای مسکونی و تجاری در یک شبانه‌روز برحسب درصد را نشان می‌دهند. بارهای مسکونی و تجاری فیدرها شبکه همگام با این الگوهای بارگذاری در مدت زمان مطالعه تغییر می‌کنند. در بارگذاری تجاری برخلاف بارگذاری مسکونی مصرف توان از ساعت ۷ به بعد با سرعت بیشتری ادامه پیدا می‌کند، همچنین در ساعات ۲۴ نیمه شب تا ۷ صبح الگوی بارگذاری تجاری با سرعت بیشتری نسبت به بارگذاری مسکونی کاهش می‌یابد.



شکل (۳-۲): الگوی تغییرات شبانه‌روزی بار مسکونی [۲۶] شکل (۳-۳): الگوی تغییرات شبانه‌روزی بار تجاری [۱۱]

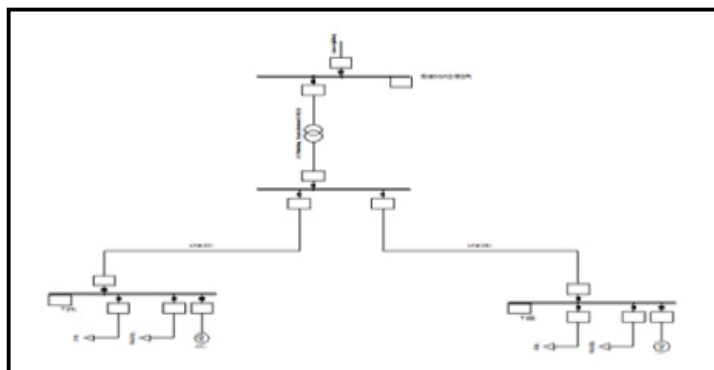
۳-۲- شبیه‌سازی خودروهای برقی

از دید شبکه توزیع خودروهای برقی دارای دو ماهیت متفاوت هستند، که یکی بعنوان بار متغیر و دیگری بعنوان یک منبع تولید توان متغیر با شرایط خودرو و شبکه محسوب می‌شوند [۲۲]. در ماهیت اول که در شبکه توزیع پر رنگ‌تر است، خودروی برقی برای شارژ باتری، توسط مشترک به شبکه متصل می‌گردد ($G2V^{24}$). که با توجه به فاکتورهایی مانند سطح شارژ فعلی باتری خودرو، ظرفیت باتری، نوع شارژر مورد استفاده و شرایط شبکه از نظر پرباری و کم باری اقدام به دریافت شارژ از شبکه می‌کند [۷]. در این پایان نامه شارژ خانگی کند که از یک پریز برق ۱۰ آمپر و ۲۳۱ ولت و ضریب قدرت ۰/۹ تغذیه می‌شود، مد نظر است. در این شارژرها از ادوات الکترونیک قدرت برای بالا بردن سرعت شارژ استفاده نمی‌شود. ظرفیت باتری خودروهای برقی دارای انواع مختلفی هستند. شرکت‌های خودروسازی مانند جنرال موتورز، فورد و میتسوبیسی در زمینه خودروهای برقی و هیبریدی محصولات متنوع و با کیفیتی ارائه نموده‌اند، که از نظر چند فاکتور ظرفیت باتری، رنج حرکتی، مصرف انرژی و مدت زمان شارژ دسته‌بندی می‌شوند. همچنین در هر بار شارژ خودروها با توجه به سطح شارژ موجودش، ولی تا حداکثر، ۸۰ تا ۹۰ درصد ظرفیت خود را شارژ می‌شوند، که این مقدار برای بهبود عمر باتری و ماندگاری عملکرد آن توصیه شده است [۲۸]. لذا برای مدلسازی واقعی خودرو و اثر آن بر شرایط واقعی شبکه، در این پایان‌نامه یک مدل خودرو برقی با ظرفیت باتری ۱۷ کیلووات‌ساعت، که مشخصات خودروی میتسوبیسی مدل (i-MiEV) می‌باشد انتخاب شده [۲۵]. که در بازارهای خودروی برقی جهان بدلیل مزایای بالا، دارای محبوبیت زیادی می‌باشد. این خودرو در شبکه توزیع حضور دارد و حداکثر تا ۸۵ درصد شارژ را در مدت ۷ ساعت دریافت می‌کند. خود خودرو دارای ۵ درصد شارژ اولیه می‌باشد و با دریافت این مقدار شارژ از شبکه، سطح شارژ باتری خودرو به ۹۰ درصد می‌رسد، که این مقدار مطلوبی است. ماهیت دوم خودروهای برقی، عکس ماهیت اول می‌باشد، بدین صورت که خودروها مانند منابع تولید پراکنده، شارژ باتری خود را به شبکه تحویل می‌دهند ($V2G^{25}$). عمل تخلیه شارژ باتری خودروها با توجه به شرایط باتری خودرو و تمایل مالک خودرو یا مشترک خانگی صورت می‌گیرد [۳۴]. در این پایان‌نامه تحویل شارژ باتری خودروها مشابه شارژ شدن آنها بوده و ضریب قدرت ۰/۹ در نظر گرفته شده است. مقدار شارژی که به شبکه تحویل می‌دهند، برابر همان مقدار شارژی است، که از شبکه دریافت نموده‌اند، یا همان ۸۵ درصد است.

²⁴ Grid to Vehicle

²⁵ Vehicle to Grid

ورود خودروها به شبکه در هر ماهیتی، در منازل یا همان شبکه ضعیف ۴۰۰ ولت صورت می‌گیرد. پیکربندی این قسمت از شبکه توزیع در هر فیدر با توجه به وضعیت جغرافیایی محل هر فیدر متفاوت می‌باشد و امکان دسترسی و شبیه‌سازی همه آنها وجود ندارد. لذا برای شبیه‌سازی تمام فیدرهای ۴۰۰ ولتی با انتخاب یکی از فیدرها بصورت استاندارد و ساده سازی و تجمیع سری، موازی خطوط آن، به بقیه فیدرها تعمیم داده می‌شود و در انتهای هر فیدر ۴۰۰ ولتی بار مسکونی همان فیدر تجمیع می‌شود. در شکل (۳-۱) شکل استاندارد تمامی فیدرهای ۴۰۰ ولتی از قسمت ۲۰ کیلوولت به بعد قابل مشاهده است. در این پژوهش زمان شروع فعالیت خودروهای برقی در هر ماهیتی از ساعت ۱۷ عصر هر روز آغاز می‌گردد، چون بطور متوسط در این ساعت مالکان با خودروهایشان به منازل بر می‌گردند و آنها را به شبکه متصل می‌کنند. حضور خودروها تا ۷ صبح روز بعد، که از منازل خارج می‌شوند، ادامه دارد [۱۱]. تا زمانی که شارژ باتری خودروهای برقی کامل نشود، تا قبل از ساعت ۷ صبح از شبکه خارج نمی‌شوند. اکنون برای حضور خودروها در شبکه به هر شکلی دو بازه زمانی بصورت دو اولویت زمانی وجود دارد [۴۳]، که اولویت زمانی اول از ساعت ۱۷ تا ۲۴ نیمه شب را، در بر می‌گیرد. شارژ خودروها در این اولویت با هزینه بالاتری نسبت به زمان‌های دیگر صورت می‌گیرد، چون این اولویت با پرباری شبکه همزمان است. همچنین اگر خودروها شارژ خود را در این اولویت به شبکه تحویل دهند، سود مالی بیشتری، نسبت به زمان‌های دیگر، کسب می‌کنند، چون این خدمات در پرباری به شبکه ارائه می‌شود [۲۸]. اولویت زمانی دوم از ساعت ۲۴ نیمه شب تا ۷ صبح را شامل می‌شوند. قاعدتا تعرفه شارژ در این اولویت نسبت به اولویت اول کمتر بوده و تحویل شارژ به شبکه هم سود مالی کمتری برای مشترک دارد [۲۸]. چون این اولویت با کم باری تلاقی دارد. اکنون با توجه به این دو اولویت زمانی، هر فیدر ۴۰۰ ولتی که در شکل (۳-۴) نشان داده شده، دارای دو بخش است، که یکی برای فعالیت خودروها در اولویت اول و دیگری برای فعالیت در اولویت دوم است [۲۶].



شکل (۳-۴): شمای کلی فیدرهای ۴۰۰ ولتی شبکه توزیع

در شکل (۳-۴) بعد از ترانسفورماتورهای ۲۰ کیلوولت به ۴۰۰ ولت، شبکه و خطوط تجمیع شده آن، برای دو اولویت زمانی، به دو قسمت برابر تقسیم شده‌اند. در هر بخش یک المان بار برای بار پایه مشترکین مسکونی بدون حضور خودروها با توجه به تعداد مشترکین وجود دارد. یک المان بار دیگر برای مدل کردن بار شارژ کردن باتری خودروها در هر بخش اولویت وجود دارد، همچنین در هر دو بخش، یک المان منبع توان برای تحویل شارژ خودروها به شبکه در نظر گرفته شده است.

۳-۳- ورود خودروهای برقی به شبکه شبیه‌سازی شده

زمان ورود، تعداد و محل حضور خودروهای برقی در شبکه توزیع در طول دو اولویت زمانی برای شبیه‌سازی واقعی شبکه با حضور خودروها، بصورت تصادفی می‌باشد. برای بررسی حضور حداکثر و جامع خودروها به هر مشترک مسکونی یک خودروی برقی اختصاص داده می‌شود، بنابراین طبق ستون ششم جدول (۳-۱) باید در حالت کلی ۷۷۱ خودرو در شبکه وجود داشته باشد، بدین شکل که در هریک از ۱۲ فیدر مسکونی با توجه به تعداد مشترکین در آن فیدر خودروی برقی وجود دارد. از جهت دیگر برای کسب نتایج جامع و مستند، طبق جدول (۳-۳) خودروها در درصدهای حضور مختلف در هر دو ماهیتشان در حالت‌های مختلف در شبکه ظاهر می‌شوند. همچنین برای حضور خودروهای برقی در اولویت‌های زمانی شبکه ۳ حالت کلی وجود دارد [۲۶]، که در جدول (۳-۴) بطور کامل بیان شده است. در حالت اول خودروها فقط در اولویت زمانی اول با هر درصد حضوری وارد شبکه می‌شوند. در حالت دوم خودروها در هر دو اولویت اول و دوم وارد شبکه می‌شوند و در حالت سوم فقط در اولویت دوم وارد شبکه می‌شوند. لازم بذکر است، که خودروهای برقی ابتدا بصورت بدون الگوریتم هماهنگی سازی و سپس الگوریتم هماهنگ‌سازی برای خودروها در بخش‌های بعد استفاده می‌گردد. در شکل‌های (۳-۵) و (۳-۶) و (۳-۷) هیستوگرام تصادفی درصد حضور خودروهای برقی در ساعات هریک از اولویت‌ها نمایش داده شده است. شایان ذکر است، که اعداد جداول هیستوگرام‌های تصادفی ورود خودروهای برقی توسط تابع $fRand$ که از توزیع آماری یکنواخت^{۲۶} تبعیت کرده [۴۶]، [۲۶]. بازه-های زمانی حضور خودروها در شبکه نیم ساعت در نظر گرفته شده است، چون مقادیر الگوی بارگذاری شکل‌های (۳-۲) و (۳-۳) در هر نیم ساعت فقط وجود داشته‌اند. در حالت‌های مختلف جدول (۳-۴) برای همه درصدهای حضور چه در حال دریافت شارژ و چه در حال انتقال شارژ از همین جداول تصادفی (۳-۵) و (۳-۶) و (۳-۷) استفاده می‌شود.

²⁶ Uniform Distribution

جدول (۳-۳): مشخصات درصد‌های حضور خودروهای برقی در هر دو حالت دریافت و انتقال شارژ از شبکه

اتصال خودرو به شبکه برای تزریق شارژ به شبکه (V2G)						اتصال خودرو به شبکه برای دریافت شارژ (G2V)						انواع حالت حضور
۱۰۰%	۷۹%	۶۳%	۴۷%	۳۲%	۱۶%	۱۰۰%	۷۹%	۶۳%	۴۷%	۳۲%	۱۶%	
-	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	حضور خودروها هم بصورت نامنظم و هم بصورت هماهنگ سازی شده و یک طرفه (G2V)
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	حضور خودروها هم بصورت نامنظم و هم بصورت هماهنگ سازی شده و دو طرفه (G2V), (V2G)

جدول (۳-۴): مشخصات حالت‌های مختلف حضور خودروهای برقی در شبکه

حالت های شارژ	بازه زمانی شارژ نیم ساعت می‌باشد.
حالت اول	در این حالت خودروها با درصد‌های حضور ۱۰۰٪ و ۷۹٪ و ۶۳٪ و ۴۷٪ و ۳۲٪ و ۱۶٪ بصورت تصادفی از نظر تعداد و محل حضور بین ساعت ۱۷ تا ۲۴ نیمه شب بصورت نا هماهنگ وارد شبکه می‌شوند. و در قسمت بعد با توجه به شروط شبکه، شارژ خودروها مدیریت می‌شود.
حالت دوم	در این حالت خودروها با درصد‌های حضور ۱۰۰٪ و ۷۹٪ و ۶۳٪ و ۴۷٪ و ۳۲٪ و ۱۶٪ بصورت تصادفی از نظر تعداد و محل حضور بین ساعت ۱۷ تا ۷ صبح روز بعد بصورت نا هماهنگ وارد شبکه می‌شوند. و در قسمت بعد با توجه به شروط شبکه، شارژ خودروها مدیریت می‌شود.
حالت سوم	در این حالت خودروها با درصد‌های حضور ۱۰۰٪ و ۷۹٪ و ۶۳٪ و ۴۷٪ و ۳۲٪ و ۱۶٪ بصورت تصادفی از نظر تعداد و محل حضور بین ساعت ۲۴ نیمه شب تا ۷ صبح روز بعد بصورت نا هماهنگ وارد شبکه می‌شوند. و در قسمت بعد با توجه به شروط شبکه، شارژ خودروها مدیریت می‌شود.

جدول (۳-۵): هیستوگرام تصادفی درصد حضور خودروها در حالت اول

PL	17	17:30	18	18:30	19	19:30	20	20:30	21	21:30	22	22:30	23	23:30
100%	543	131	80	9	1	0	1	4	2	0	0	0	0	0
79%	77	230	115	90	65	2	18	0	7	1	3	0	0	1
63%	229	165	68	9	15	7	6	1	4	0	0	0	0	0
47%	114	227	3	5	4	2	1	1	1	0	4	0	0	0
32%	105	40	37	49	3	2	1	1	2	0	1	0	0	0
16%	38	69	5	1	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0

جدول (۳-۶): هیستوگرام تصادفی درصد حضور خودروها در حالت دوم

PL	17	17:30	18	18:30	19	19:30	20	20:30	21	21:30	22	22:30	23	23:30
100%	87	106	70	57	16	16	1	1	0	0	0	0	0	0
79%	87	291	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63%	3	127	34	58	62	2	5	14	1	5	1	0	0	0
47%	207	3	5	11	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0
32%	115	22	9	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16%	29	14	27	4	1	1	4	0	0	0	0	0	0	1

PL	00	00:30	1	1:30	2	2:30	3	3:30	4	4:30	5	5:30	6	6:30
100%	91	45	12	1	62	38	8	8	3	1	0	0	0	0
79%	131	43	16	1	6	10	3	1	0	0	0	0	0	0
63%	69	51	9	16	10	3	3	3	2	1	1	0	0	0
47%	104	14	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
32%	33	44	3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
16%	11	2	15	8	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0

جدول (۳-۷): هیستوگرام تصادفی درصد حضور خودروها در حالت سوم

PL	00	00:30	1	1:30	2	2:30	3	3:30	4	4:30	5	5:30	6	6:30
100%	376	225	21	32	11	48	25	2	0	1	0	0	0	1
79%	77	230	115	90	65	2	18	0	7	1	3	0	0	1
63%	229	165	68	9	15	7	4	1	4	0	0	0	2	0
47%	129	40	170	6	2	5	2	4	0	1	3	0	0	0
32%	89	60	55	20	3	4	7	2	0	2	0	0	1	2
16%	49	2	36	16	6	4	0	3	4	0	0	0	0	2

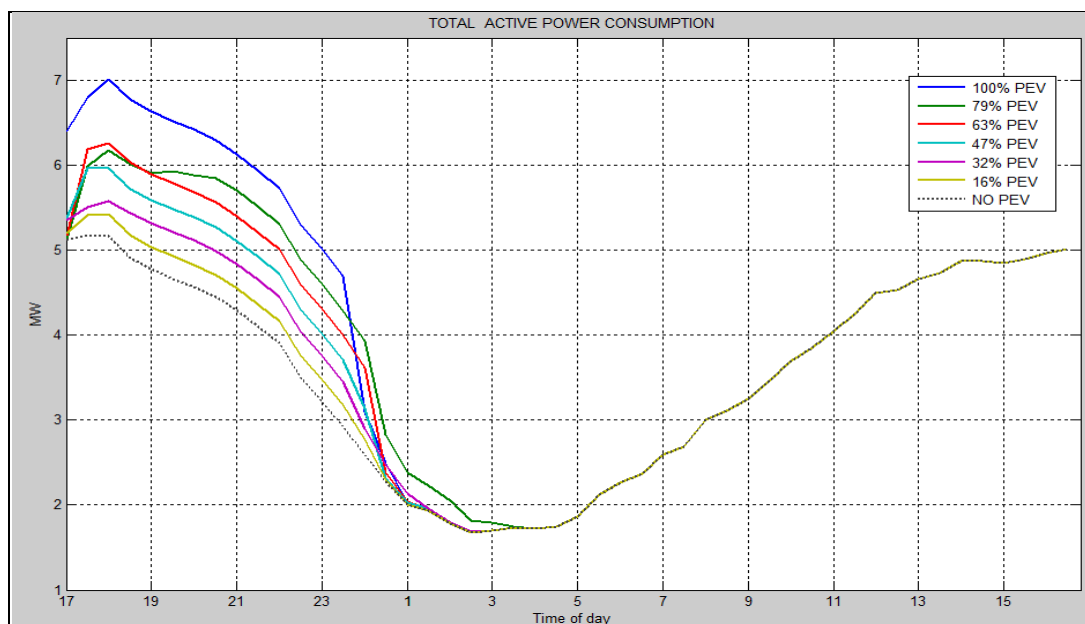
۳-۳-۱- حالت‌های مختلف ورود خودروهای برقی به شبکه

شایان ذکر است، که اکثر شبکه‌های توزیع بدلیل اینکه تعداد مشترکین در فیدرهای مختلف برابر نیستند، دچار عدم تعادل هستند [۲۱]. با حضور بی‌نظم خودروها این عدم تعادل بیشتر نیز می‌شود. ولی در این قسمت پایان‌نامه تمام حالت‌های شبکه توزیع با و بدون خودروهای برقی، در حال تعادل در نظر گرفته شده است. براساس جدول (۳-۴) سناریوهای ورود خودروها به شبکه به ۳ حالت کلی تقسیم می‌شود، که در ۳ حالت خودروها ابتدا بصورت نامنظم و بدون هماهنگی برای شارژ باتری‌ها در شبکه ظاهر می‌شوند. این می‌تواند هم با ساعات پرباری شبکه همزمان بوده و هم با ساعات کم باری تلاقی داشته باشد. البته اکثر مشترکان متمایل‌اند خودروهای خود را زمانی که از محل کار به منزل می‌رسند، به شارژ متصل کنند و برای روز بعد یا چند ساعت بعد شارژ شود. در نتیجه بی‌نظمی بدین صورت است، که زمان شروع و پایان شارژ خودروها توسط مشترک تعیین شده و اولویت‌های زمانی شارژ رعایت نمی‌شود، که این می‌تواند باعث استرس و آسیب قابل توجهی به شبکه توزیع برق و افزایش احتمالی خاموشی به علت اضافه بار شبکه شود [۴۷]، [۱۹]. البته در هر بازه‌ی نیم ساعت وضعیت شبکه توزیع بستگی به تعداد خودروهای ورودی و خروجی و بارگذاری بارهای مسکونی و تجاری پایه‌ی شبکه توزیع دارد.

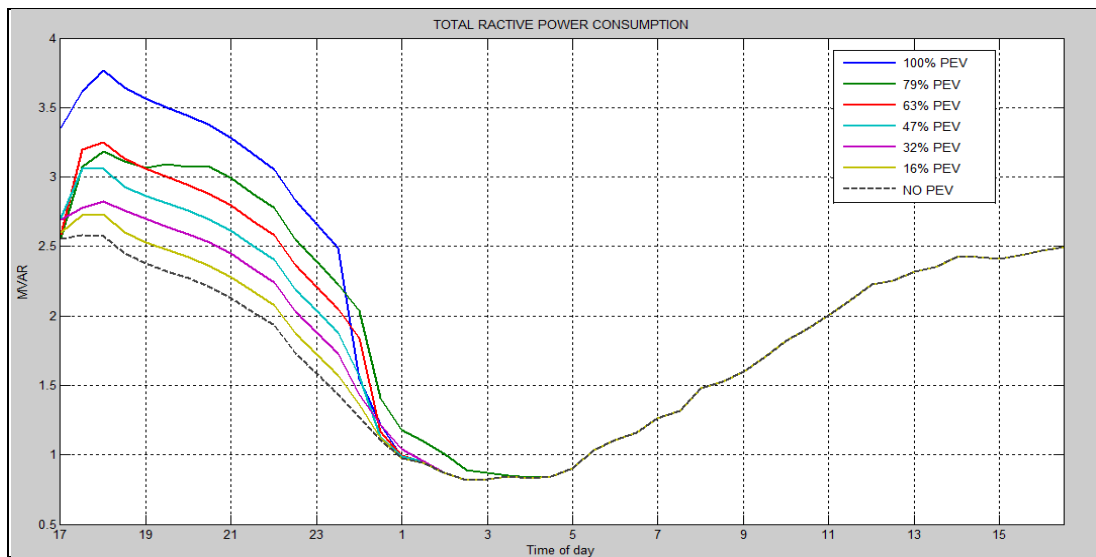
۳-۳-۱-۱- ورود خودروهای برقی به شبکه در حالت اول

در حالت اول حضور خودروهای برقی در اولویت اول با ساعات پیک شبکه تلاقی دارد. ابتدا برای شارژ باتری (G2V) وارد شبکه می‌شوند، که این مورد تاثیر مستقیم بر توان مصرفی و تلفات و پروفیل ولتاژ

دارد. طبق هیستوگرام تصادفی زمان و تعداد خودروها در جدول (۳-۵) در حالت اول خودروها وارد شبکه می‌شوند. شکل‌های (۳-۵) و (۳-۶) میزان توان‌های اکتیو و راکتیو مصرفی شبکه با درصدهای حضور مختلف خودروها در طول ۲۴ ساعت را نشان می‌دهد، همانطور که قابل انتظار است، در شکل (۳-۵) با افزایش تعداد خودروها نمودار هر درصد حضور بالاتر می‌رود و از حدود ساعت ۴ نیمه شب تمام نمودارهای برهم منطبق می‌شوند، که به این دلیل است که زمان لازم شارژ تمام خودروها به اتمام رسیده است، و دیگر خودرویی برای شارژ در شبکه نیست، البته در بعضی از مقاطع زمانی دیده می‌شود، که نمودار بعضی درصدهای کوچکتر خودروها از نمودارهای درصد بزرگتر خودروها بالاتر است، برای مثال از ساعت ۱۷ تا ۱۹ نمودار قرمز رنگ ۶۳٪ از نمودار سبز ۷۹٪ بیشتر است، که این موارد مربوط جدول (۳-۵) ورود تصادفی خودروها می‌باشد. چنانچه که در این جدول بین زمان‌های ۱۷ تا ۱۹ تعداد خودروها ورودی در حالت ۶۳٪ بیشتر از ۷۹٪ است. همچنین در مقایسه نمودار درصدهای مختلف با نمودار بدون حضور خودروها میزان افزایش توان مصرفی شبکه بدلیل حضور خودروها معلوم است. در ساعات پایانی شارژ خودروها اکثر درصد های مختلف حضور تا قبل از ساعت ۲ پایان می‌رسد، بجز ۷۹٪ که بدلیل اینکه، ورود تصادفی خودروها در ۷۹٪ بسیار پراکنده‌تر از درصد-های دیگر است. در شکل (۳-۶) تمام موارد مانند شکل (۳-۵) برقرار است، فقط بطور کلی میزان مصرف توان راکتیو از اکتیو به میزان قابل توجهی کمتر است، در حدود نصف می‌باشد. که این مربوط به بارهای مسکونی و ضریب قدرت آنها می‌باشد. شمای کلی نمودارها شبیه الگوی تغییرات بار مسکونی است، که بعلاوه بیشتر بودن این نوع بار است.

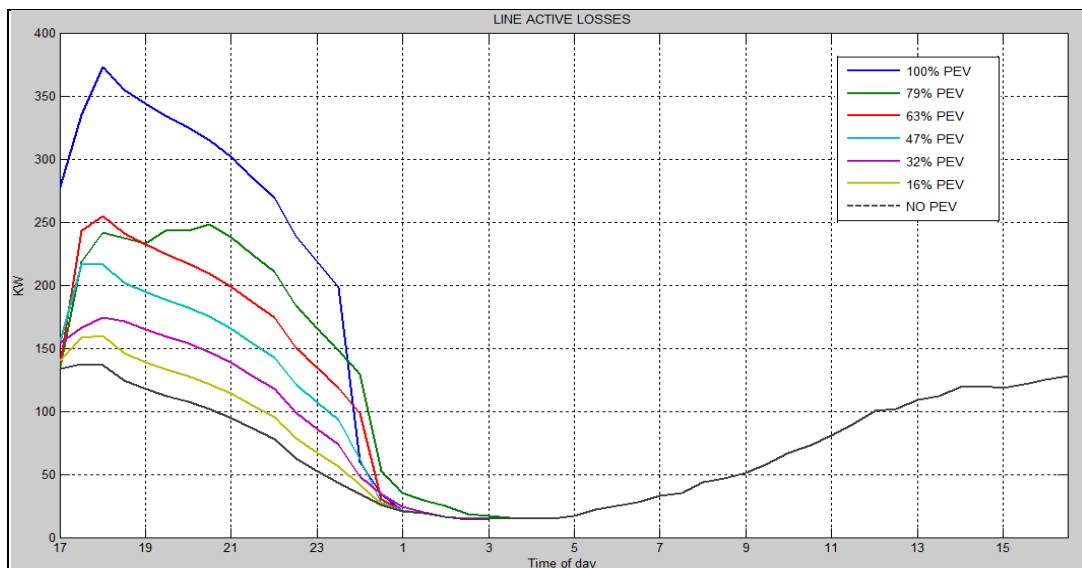


شکل (۳-۵): توان مصرفی اکتیو شبکه در درصدهای مختلف حضور خودروها در ورود به شبکه بدون هماهنگی

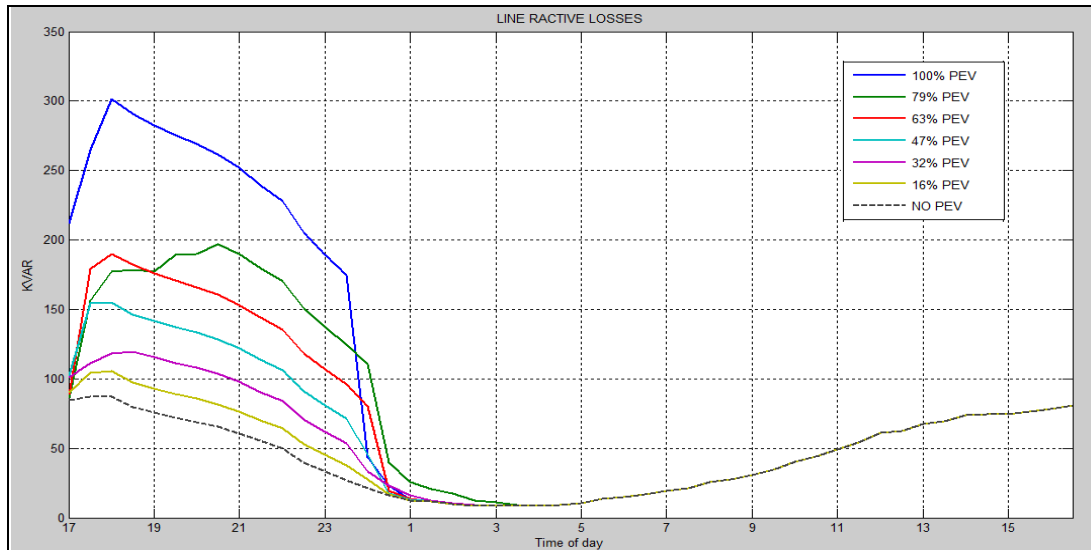


شکل (۳-۶): توان مصرفی راکتیو شبکه در درصدهای مختلف حضور خودروها در ورود به شبکه بدون هماهنگی

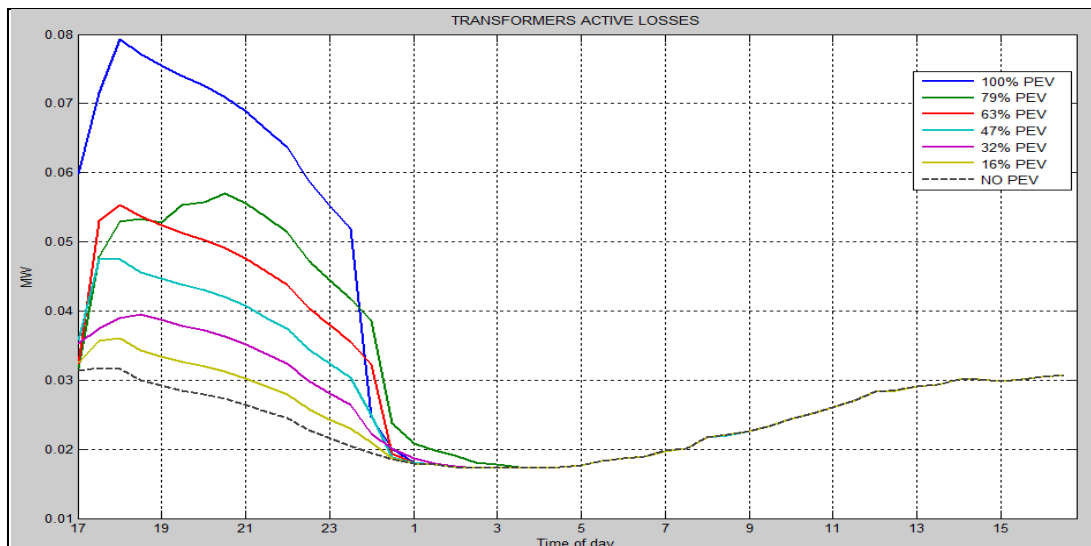
شکل‌های (۳-۷) و (۳-۸) تلفات اکتیو و راکتیو خطوط شبکه توزیع را نمایش می‌دهد، که در مقایسه با شکل‌های توان مصرفی شبکه، هر جا که با افزایش و کاهش توان وجود داشته، افزایش یا کاهش تلفات هم بوقوع پیوسته است. در بقیه موارد نتایج توان مصرفی برای شکل‌های (۳-۷) و (۳-۸) نیز برقرار است. برای مثال از ۱۲ نیمه شب تا پایان زمان شارژ خودروها نمودار آبی رنگ ۱۰۰٪ از نمودار-های سبز ۷۹٪ و قرمز ۶۳٪ پایین‌تر است، که بدلیل این است، که ورود اکثر خودروها در هیستوگرام تصادفی ۱۰۰٪ در ساعات اولیه شارژ صورت می‌گیرد و در ساعات پایانی بیشتر خودروهای این درصد شارژ شده و خارج می‌شوند. درحالی که بقیه درصدهای حضور خودروهای شارژ نشده دارند. مشابه همین حالت در شکل‌های (۳-۵) و (۳-۶) نیز وجود دارد.



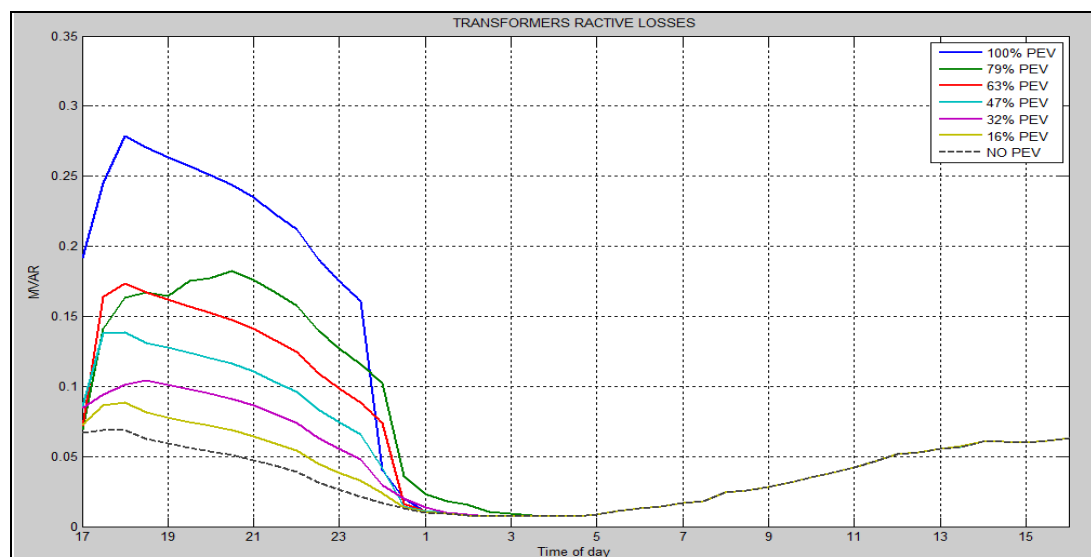
شکل (۳-۷): تلفات اکتیو خطوط شبکه در درصدهای مختلف حضور خودروها در ورود به شبکه بدون هماهنگی



شکل (۳-۸): تلفات راکتیو خطوط شبکه در درصدهای مختلف حضور خودروها در ورود به شبکه بدون هماهنگی

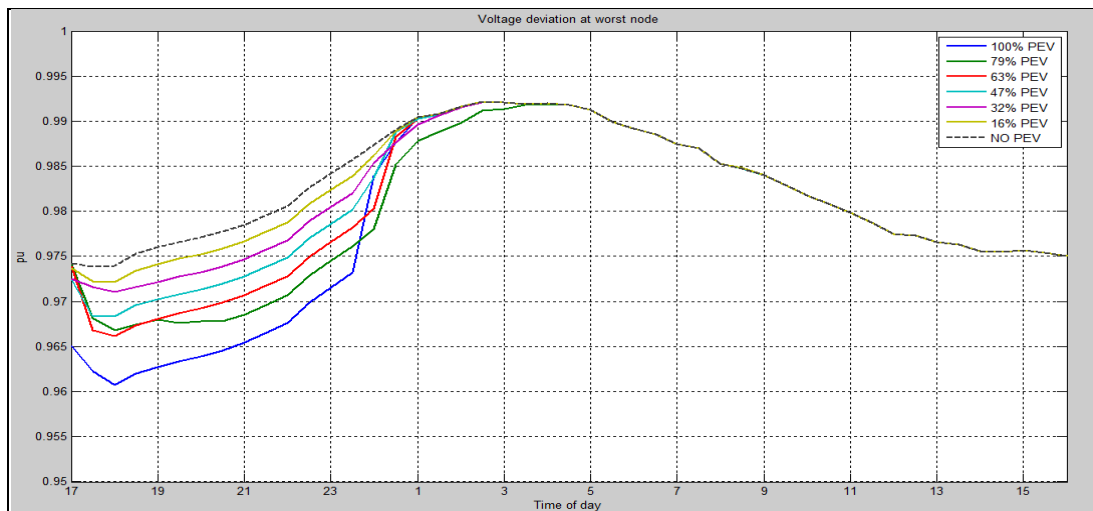


شکل (۳-۹): تلفات اکتیو ترانسفورماتورهای در درصدهای حضور خودروها در ورود به شبکه بدون هماهنگی



شکل (۳-۱۰): تلفات راکتیو ترانسفورماتورهای در درصدهای حضور خودروها در حالت ورود شبکه بدون هماهنگی

شکل‌های (۳-۹) و (۳-۱۰) تلفات اکتیو و راکتیو ترانسفورماتورهای شبکه را نمایش می‌دهد. چون این نمودارها از جنس تلفات هستند، لذا تمام موارد مربوط به شکل‌های تلفاتی خطوط شبکه برای این نتایج نیز صدق می‌کند. البته میزان تلفات راکتیو در تمام درصدهای حضور از تلفات اکتیو بیشتر می‌باشد، که این نشان دهنده‌ی بالا بودن راکتانس‌های پراکندگی سیم‌پیچ‌ها نسبت به مقاومت‌های (X/R) آن می‌باشد که در پیوست ۱ مشخصات ترانسفورماتورها ذکر شده است. همچنین قابل مشاهده است، که اختلاف تلفات ترانسفورماتورها در حالت با و بدون خودروها حداکثر تا حدود ساعت ۴ صبح ادامه دارد و بعد از آن دیگر خودروی در شبکه برای شارژ وجود ندارد، که این مطلب در شکل‌های قبلی هم دیده شده است. در بازه زمانی ۱۷ تا ۱۷:۳۰ تلفات خطوط و ترانسفورماتورها در درصدهای ۷۹٪ و ۴۷٪ برهم منطبق‌اند، که بدلیل برابر بودن خودروهای ورودی به شبکه در این دو درصد حضور در این بازه زمانی می‌باشد.

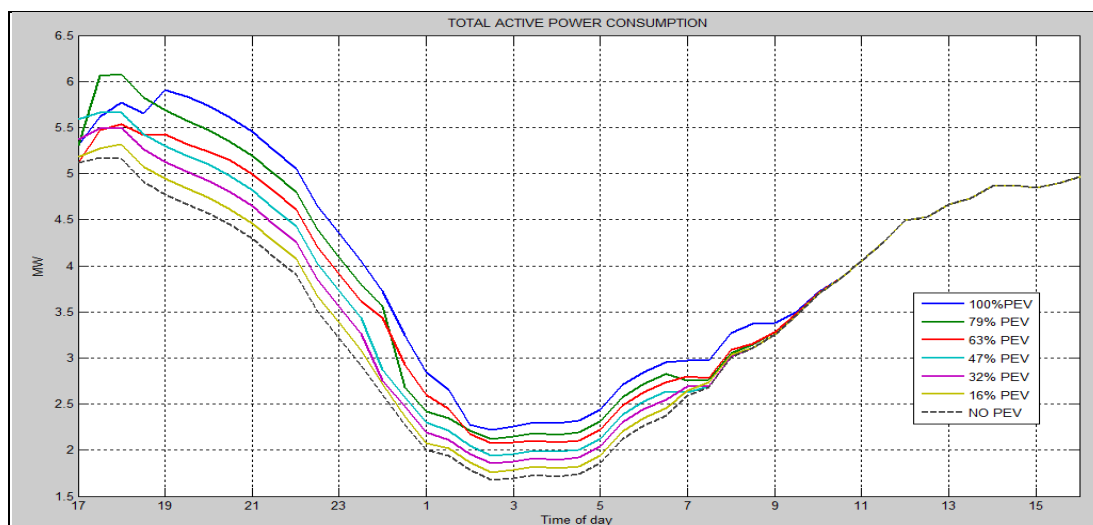


شکل (۳-۱۱): پروفیل ولتاژ بدترین فیدر شبکه در درصدهای حضور خودروها در حالت ورود شبکه بدون هماهنگی

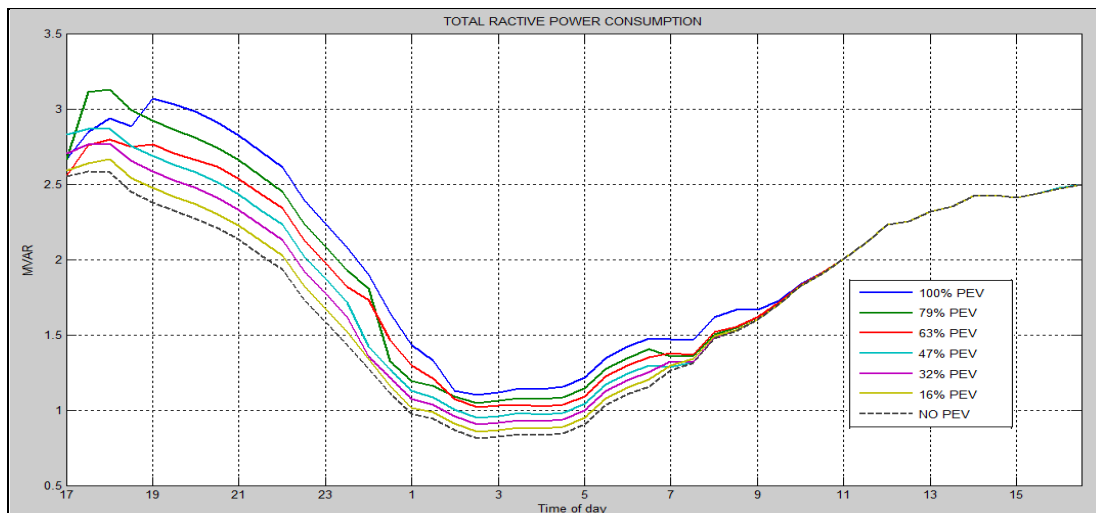
شکل (۳-۱۱) پروفیل ولتاژ پریونیت شده بدترین فیدر شبکه را نشان می‌دهد، که این فیدر در هر یک از درصدهای حضور تصادفی با توجه به محل حضور تصادفی خودروها و تعداد و بازه‌ی زمانی در جدول (۳-۵) متفاوت می‌باشد. در نمودارهای ۱۰۰٪، ۴۷٪، ۶۳٪ و ۱۶٪ پروفیل مربوط به فیدر شماره‌ی ۱۲ مسکونی و در درصدهای ۷۹٪ و ۳۲٪ پروفیل مربوط به فیدر ۱۱ مسکونی در شکل (۳-۴) می‌باشد. در نمودار ۱۰۰٪ طبیعتاً نمودار ولتاژ از بقیه درصدهای حضور پایین‌تر است. یک نقطه از نمودار ۱۰۰٪ در ساعت ۱۸ از همه پایین‌تر است، که به این دلیل است، که تعدادی زیادی از خودروها از بازه‌های زمانی قبل انباشته شده و درصد بارگذاری بار مسکونی پایه شبکه بدون خودروها، نیز در این مقطع زمانی بالاترین مقدار برابر یک است و بار تجاری نیز مقدار بالایی دارد. همچنین همین موضوع در مورد بقیه گراف‌های تلفات نیز صدق می‌کند.

۳-۱-۲- ورود خودروهای برقی به شبکه در حالت دوم

در حالت دوم تعدادی از خودروهای برقی در اولویت اول (ساعات پیک شبکه) حضور دارند و بقیه خودروها در اولویت دوم (زمان کم باری شبکه) وارد می‌شوند. شارژ باتری خودروهای (G2V) شروع می‌شود، که مانند حالت قبل تاثیر مستقیم بر توان مصرفی و تلفات و پروفیل ولتاژ دارد. طبق هیستوگرام تصادفی زمان و تعداد خودروها در جداول (۳-۶) در حالت دوم خودروها وارد شبکه می‌شوند. شکل‌های (۳-۱۲) و (۳-۱۳) میزان توان‌های اکتیو و راکتیو مصرفی شبکه با درصدهای حضور مختلف خودروها در طول ۲۴ ساعت را نشان می‌دهد. میزان توان مصرفی این حالت در مقایسه با حالت اول در ساعات اولویت اول کاهش یافته و لذا در ساعات اولویت دوم میزان توان مصرفی افزایش می‌یابد. چون بازه زمانی ورود خودروها افزایش یافته است و در نتیجه خودروها در چند بازه زمانی برای شارژ انباشته نمی‌شوند. در این حالت هم مانند حالت اول در بعضی از مقاطع زمانی نمودارهایی با درصد حضوری بزرگتر نسبت به نمودارهای دیگر در قسمت پایین‌تری نسبت به آنها در نمودارهای توان مصرفی قرار می‌گیرند، برای مثال بین ساعت ۱۷ تا ۱۸:۳۰ نمودار سبز رنگ ۷۹٪ از همه نمودارها و از جمله نمودار آبی رنگ ۱۰۰٪ بالاتر است، همچنین از ساعت ۱۲:۳۰ تا ۲ نیمه شب نمودار قرمز رنگ ۶۳٪ از نمودار سبز ۷۹٪ بالاتر است، که این بدلیل ماهیت تصادفی ورود خودروها در جداول (۳-۶) می‌باشد. همچنین زمان شارژ خودروهای نمودار آبی رنگ ۱۰۰٪ و قرمز رنگ ۶۳٪ و زرد رنگ ۱۶٪ بخاطر ورود تعدادی از خودروها در ساعات پایان اولویت دوم تا نزدیک ساعت ۱۰ صبح طول می‌کشد. وضعیت و شرایط تغییرات شکل (۳-۱۲) هم برای شکل (۳-۱۳) صادق است، بعلاوه اینکه مانند حالت اول میزان توان مصرفی راکتیو بخاطر ضریب قدرت بارهای شبکه از توان مصرفی اکتیو کمتر است.

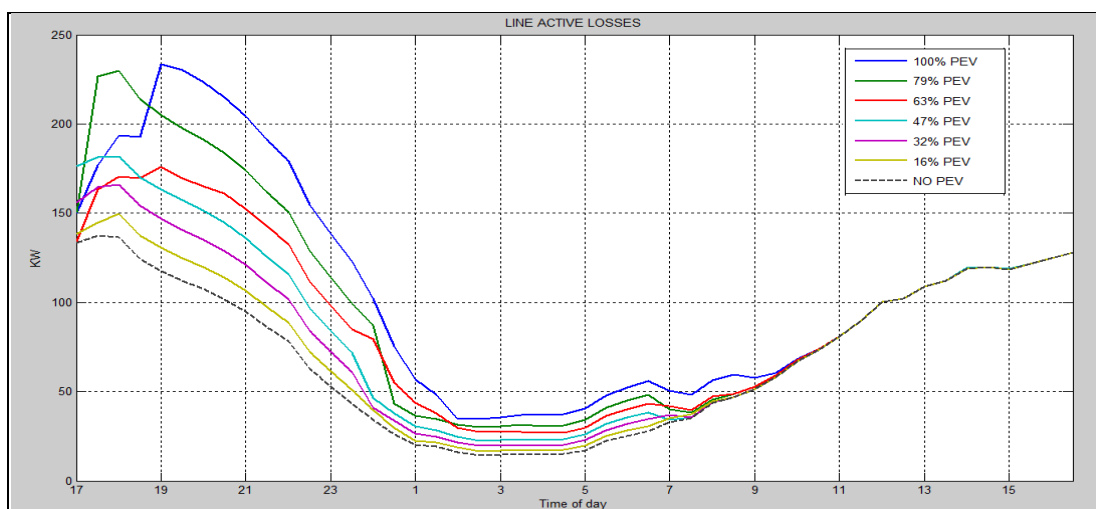


شکل (۳-۱۲): توان مصرفی اکتیو شبکه در درصدهای حضور خودروها در حالت ورود به شبکه بدون هماهنگی

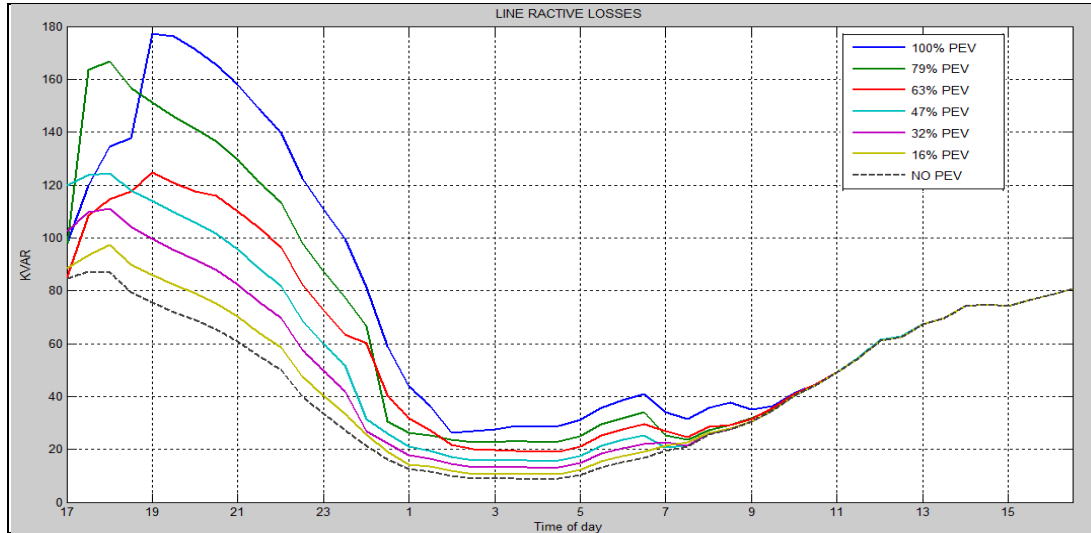


شکل (۳-۱۳): توان مصرفی راکتیو شبکه در درصدهای مختلف حضور خودروها در ورود به شبکه بدون هماهنگی

در شکل‌های (۳-۱۴) و (۳-۱۵) تلفات اکتیو و راکتیو خطوط شبکه در طول ۲۴ ساعت نشان داده شده است. همچنین در ساعت ۷:۳۰ نمودارهای تلفات اکتیو و راکتیو خطوط ۱۰۰٪ و ۷۹٪ و ۶۳٪ با یک شیب نسبتاً تندی کاهش می‌یابد. چون طبق هیستوگرام تصادفی جداول (۶-۶) در گراف ۱۰۰٪ تعداد ۱۳۶ خودرو بین ساعت ۷ تا ۷:۳۰ از شبکه خارج می‌شوند و تنها در ساعت ۸ تعداد ۱۲ خودرو و در ساعت ۸:۳۰ تعداد ۱ خودرو خارج می‌شوند و از ساعت ۷ به بعد ضریب بارگذاری مسکونی و تجاری افزایش می‌یابد، به همین علت در ساعات ۷ تا ۸:۳۰ یک نزول مشاهده می‌شود. همچنین در نمودار ۶۳٪ تلفات خطوط اکتیو و راکتیو بین ساعت ۲۳:۳۰ تا ۱۲ نیمه شب تغییرات نسبتاً کمی بخصوص در تلفات راکتیو نسبت به بقیه نمودارها دارد، که به علت نمودار ۶۳٪ در این بازه تنها ۳ خودرو از شبکه خارج شده و ضرایب بارگذاری تغییر خیلی زیادی ندارند. همین موارد در نمودارهای توان مصرفی (۳-۱۳) و (۳-۱۲) نیز وجود دارد.

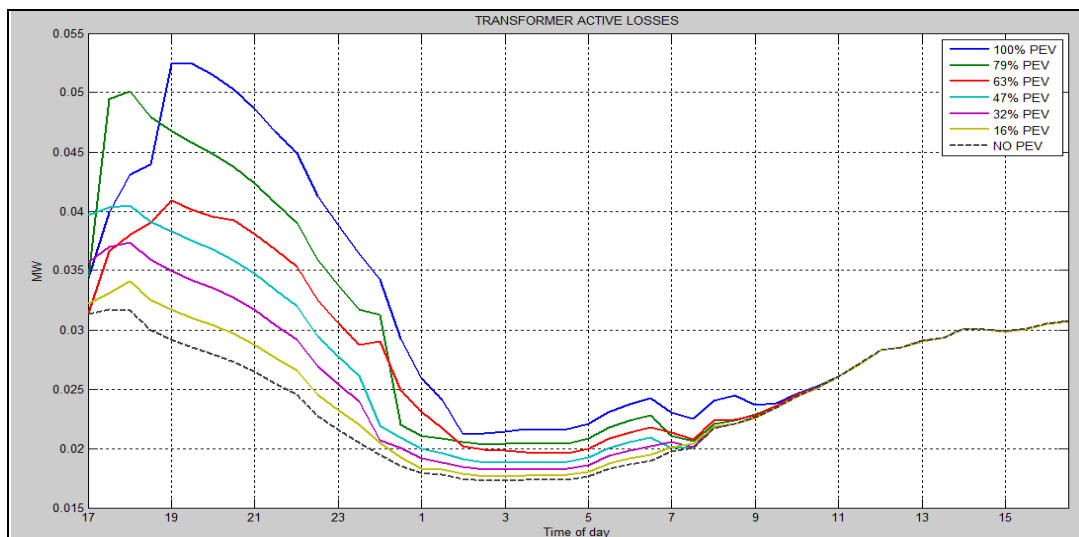


شکل (۳-۱۴): تلفات اکتیو خطوط شبکه در درصدهای مختلف حضور خودروها در ورود به شبکه بدون هماهنگی

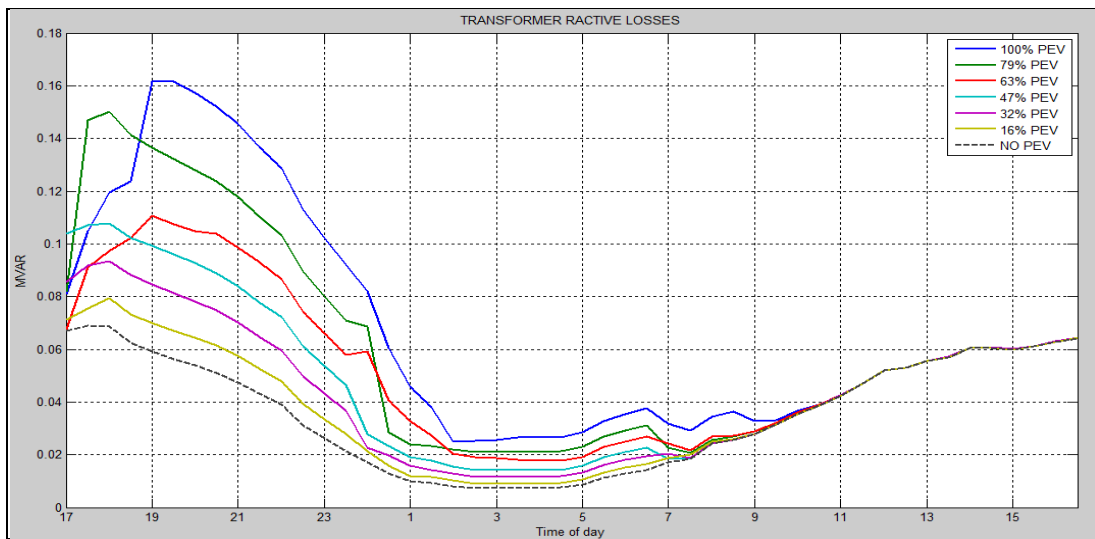


شکل (۳-۱۵): تلفات راکتیو خطوط شبکه در درصدهای مختلف حضور خودروها در ورود به شبکه بدون هماهنگی

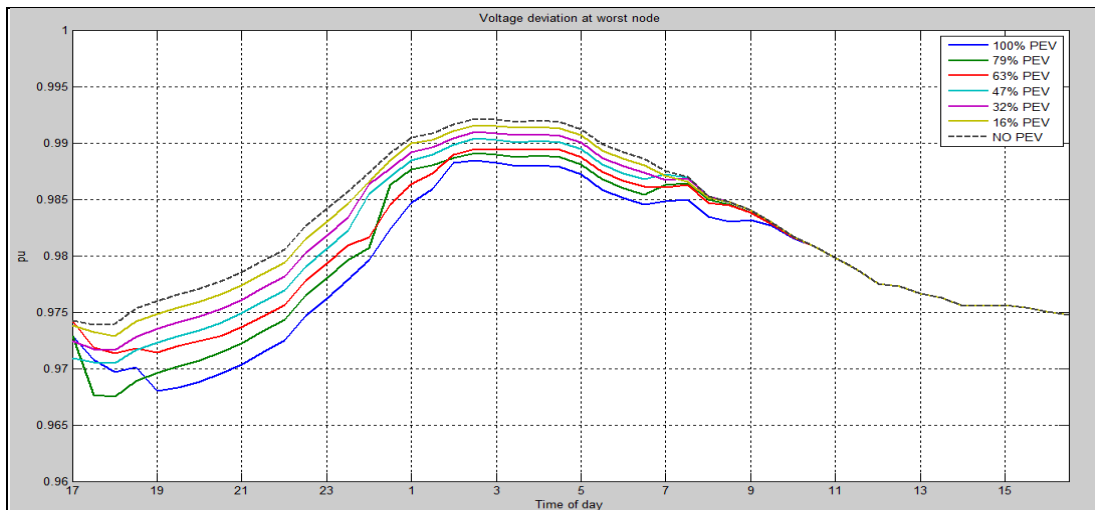
در شکل‌های (۳-۱۶) و (۳-۱۷) تلفات اکتیو و راکتیو ترانسفورماتورهای شبکه را نمایش می‌دهد. که بخاطر ماهیت تلفاتی که دارند، تمام موارد مربوط به تلفات اکتیو و راکتیو خطوط در مورد این نمودارها نیز صحت دارد. در نمودار آبی رنگی ۱۰۰٪ بین ساعت ۱۹ تا ۱۹:۳۰ تلفات تغییرات زیادی ندارد، که بدلیل اینکه در ساعت ۱۹ فقط ۱۶ خودرو وارد شده و مصرف شارژ خودروها به مقدار کمی افزایش می‌دهد. از طرفی ضریب بارگذاری مسکونی و تجاری کاهش یافته و مصرف بار پایه شبکه کاهش می‌یابد، لذا یک تعادل برقرار شده است. در این بازه تغییراتی در تلفات ترانسفورماتورها و خطوط نداریم، این پدیده در نمودارهای تلفات ترانسفورماتورها مشهودتر است. تلفات راکتیو ترانسفورماتورها مانند حالت قبل از تلفات اکتیو بدلیل بزرگ بودن راکتانس‌های سیم‌پیچ‌ها نسبت به مقاومت می‌باشد، مشخصات ترانسفورماتورها در پیوست ۱ می‌باشد.



شکل (۳-۱۶): تلفات اکتیو ترانسفورماتورها در درصدهای مختلف حضور خودروها در ورود به شبکه بدون هماهنگی



شکل (۳-۱۷): تلفات راکتیو ترانسفورماتورها در درصدهای حضور مختلف خودروها در ورود شبکه بدون هماهنگی



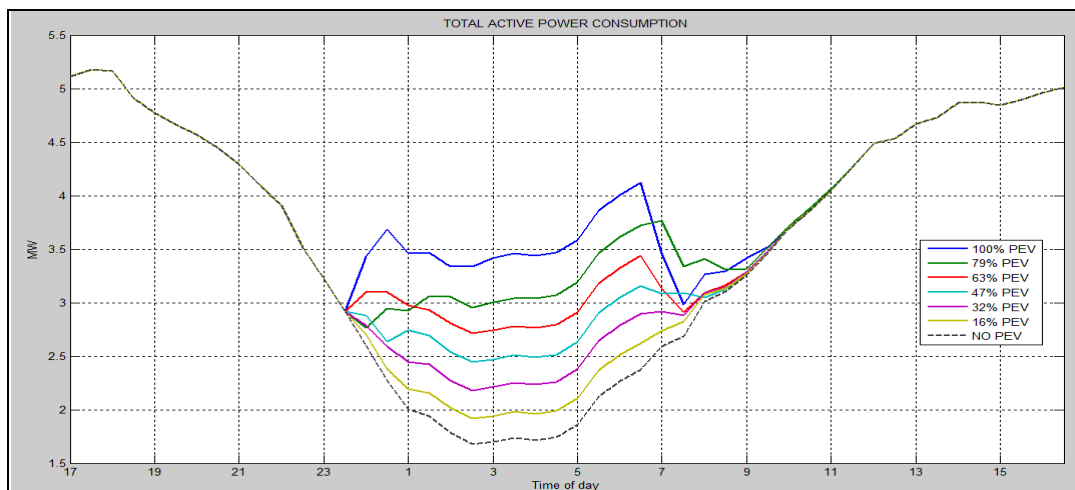
شکل (۳-۱۸): پروفیل ولتاژ بدترین فیدر شبکه در درصدهای حضور خودروها در ورود شبکه بدون هماهنگی

در شکل (۳-۱۸) پروفیل ولتاژ پریونیت بدترین فیدر در هر یک از درصدهای حضور را نشان می‌دهد، که نمودارهای ۷۹٪ و ۴۷٪ و ۱۶٪ مربوط به فیدر ۱۲ مسکونی و نمودارهای آبی ۱۰۰٪ و ۶۳٪ و ۳۲٪ مربوط به فیدر ۱۱ مسکونی می‌باشد. که نسبت به پروفیل ولتاژ حالت قبلی، در ساعات اولویت اول در مقدار بالاتری قرار دارد، ولی در ساعات بعدی و اولویت دوم به مقادیر پایین‌تری نزول کرده، چون ورود خودروها در یک محدوده زمانی خاص متمرکز نشده، یکی از رخداد‌های که در نمودارهای حالت دوم وجود دارد، این است که میزان توان مصرفی اکتیو و راکتیو شبکه و پروفیل ولتاژ در نمودار ۱۰۰٪ در ساعت ۱۹ نسبت به نمودار ۷۹٪ در ساعات ۱۷:۳۰ تا ۱۸ کمتر است، ولی میزان تلفات خطوط و ترانسفورماتورها در شبکه در نمودار ۱۰۰٪ از نمودار ۷۹٪ بیشتر است. علت در کاهش سریع ضریب بارگذاری بار تجاری و کاهش اندک ضریب بارگذاری بار مسکونی می‌باشد. بدین صورت که با کاهش بارگذاری توان مصرفی بارهای تجاری که در اوایل فیدر شعاعی شبکه هستند، کاهش یافته و در بازه

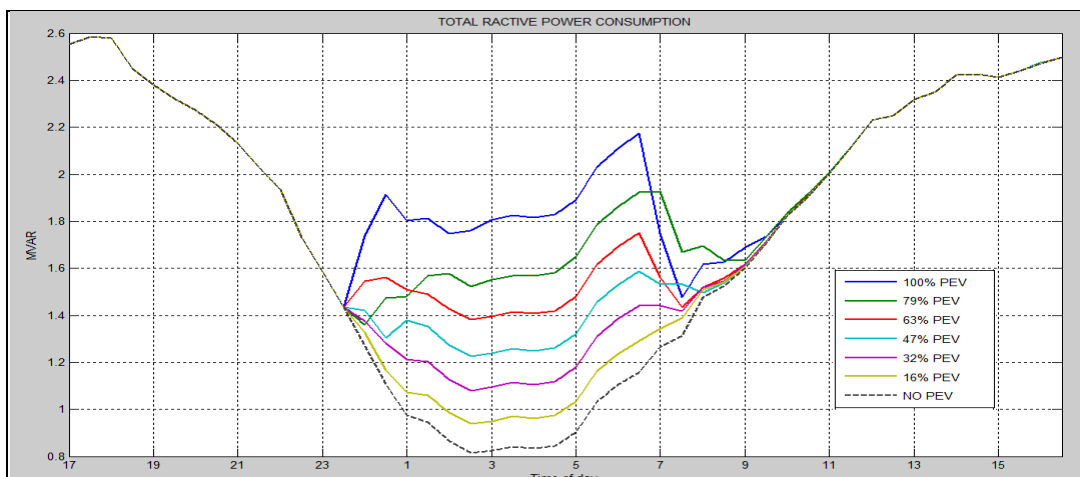
زمانی بعدی این میزان توانی مصرفی برای بارهای مسکونی در شبکه شارش می‌یابد و از آنجا که بارهای مسکونی در کل شبکه پراکنده شده‌اند، با وجود ثابت بودن توان مصرفی، تلفات کل شبکه افزایش یافت.

۳-۱-۳-۳- ورود خودروهای برقی به شبکه در حالت سوم

در حالت سوم تمام خودروهای برقی برای شارژ باتری (G2V) در اولویت دوم وارد می‌شوند. طبق هیستوگرام تصادفی زمان و تعداد خودروها در جدول (۷-۳) در حالت سوم خودروها وارد شبکه می‌شوند. شکل‌های (۱۹-۳) و (۲۰-۳) میزان توان‌های اکتیو و راکتیو مصرفی شبکه با درصدهای حضور مختلف خودروها در طول ۲۴ ساعت را نشان می‌دهد. همچنین در ساعات‌های ۱۲ نیمه شب و ۶:۳۰ با کاهش و افزایش توان مصرفی بدلیل ورود و خروج تعداد قابل توجهی از خودروها در بعضی از درصدهای حضور دیده می‌شود. در شکل‌های (۱۹-۳) و (۲۰-۳) شارژ تعدادی از خودروها از ساعت ۷ صبح بیشتر طول می‌کشد، اما فرض بر این بود که خودروهای برقی حداکثر تا ۷ صبح در منزل هستند، پس خودروهایی که در این حالت شارژ می‌شوند، ممکن است نتوانند به مقدار لازم شارژ دریافت کنند. در حالت سوم در بعضی از مقاطع زمانی نمودارهایی با درصد حضوری بزرگتر نسبت به نمودارهای دیگر در قسمت پایین‌تری نسبت به آنها قرار می‌گیرد، برای مثال در نمودار آبی ۱۰٪ از ساعت ۶:۳۰ تا ۷:۳۰ کاهش توان مصرفی زیادی مشاهده می‌شود و این نمودار زیر نمودار سبز رنگ ۷۹٪ می‌رود، که بدلیل ورود تعداد زیادی از خودروها در ساعات اولیه در نمودار ۱۰٪ است که در جدول (۷-۳) قابل مشاهده است. در زمان بین ساعت ۱۲ نیمه شب تا ۱ صبح نمودار قرمز ۶۳٪ از نمودار سبز ۷۹٪ بالاتر است، که بدلیل ورود تعداد زیادی از خودروها در نمودار ۶۳٪ نسبت به نمودار ۷۹٪ بین ساعت ۱۲ تا ۱ صبح می‌باشد.

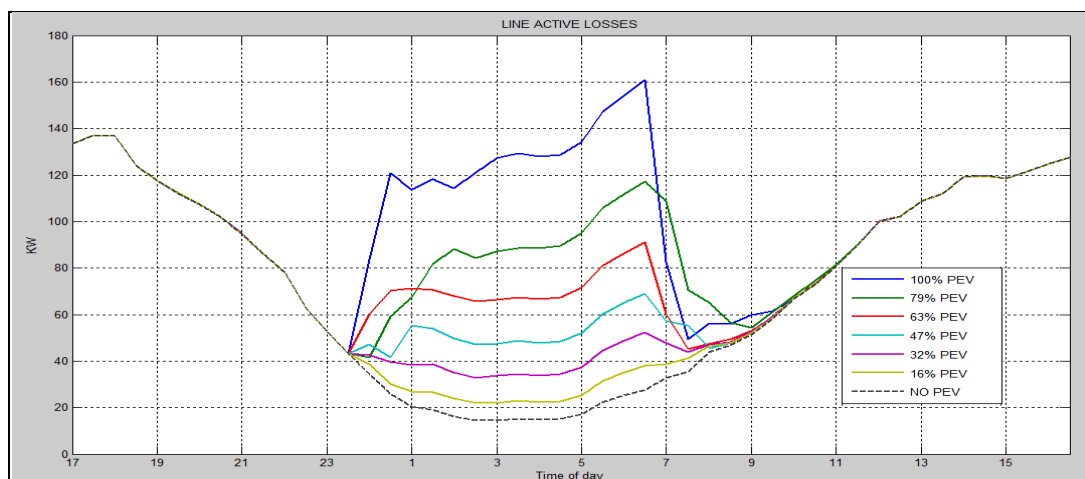


شکل (۱۹-۳): توان مصرفی اکتیو شبکه در درصدهای مختلف حضور خودروها در ورود به شبکه بدون هماهنگی

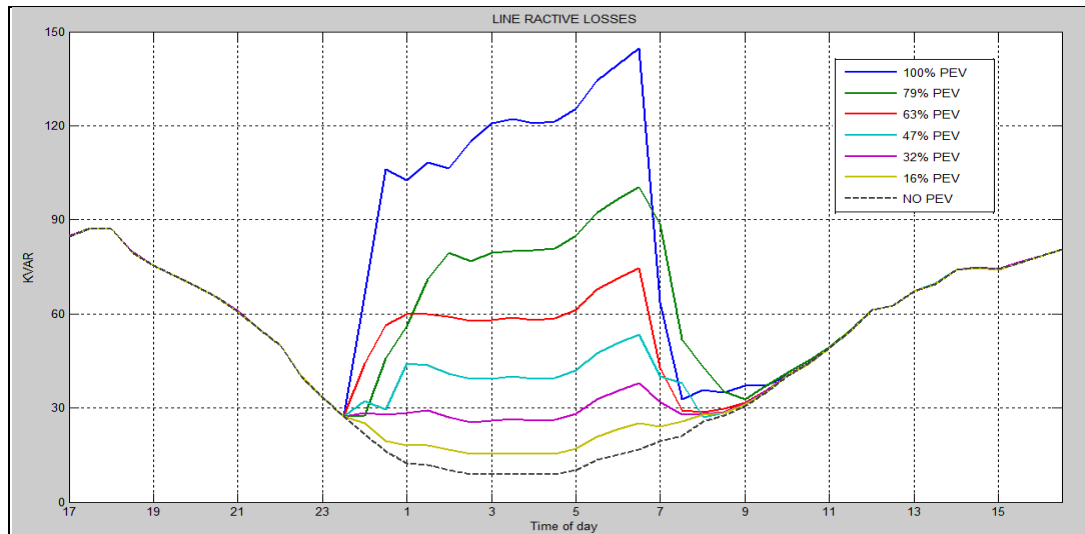


شکل (۳-۲۰): توان مصرفی راکتیو شبکه در درصدهای مختلف حضور خودروها در ورود به شبکه بدون هماهنگی

شکل‌های (۳-۲۱) و (۳-۲۲) تلفات اکتیو و راکتیو شبکه در طول ۲۴ ساعت را نشان می‌دهد. تمام نکات ذکر شده برای توان‌های مصرفی شبکه در حالت سوم برای تلفات خطوط هم برقرار است. در مقایسه میزان تلفات خطوط در این حالت با حالت اول کاهش محسوسی وجود دارد، که این مربوط به کم باری شبکه در این اولویت زمانی است. در بعضی از نمودارها مانند ۶۳٪ تا ۱۶٪ تلفات شبکه بعد از حدود ساعت ۱۲:۳۰ تا ۱:۳۰ صبح کاهش و سپس تغییرات کم و در نهایت افزایش تا ساعت ۶:۳۰ مشاهده می‌شود، که این خود بدلیل کاهش ضرایب بارگذاری مسکونی و تجاری شبکه در این بازه زمانی است. از طرفی ورود بیشترین تعداد خودروها در هر یک از درصدهای حضور در این بازه زمانی است، که در نتیجه این دو اثر همدیگر را تا حدودی خنثی می‌کنند. ولی در نمودار ۷۹٪ به رغم کاهش اولیه تلفات دوباره با یک شیب ملایمی تلفات افزایش می‌یابد، که به دلیل تعداد زیاد خودروها در درصد حضورهای بالایی مانند ۷۹٪ به بالا می‌باشد. در نتیجه اثر تعداد زیاد خودروها بر کاهش ضرایب بارگذاری شبکه غلبه نسبی دارد.

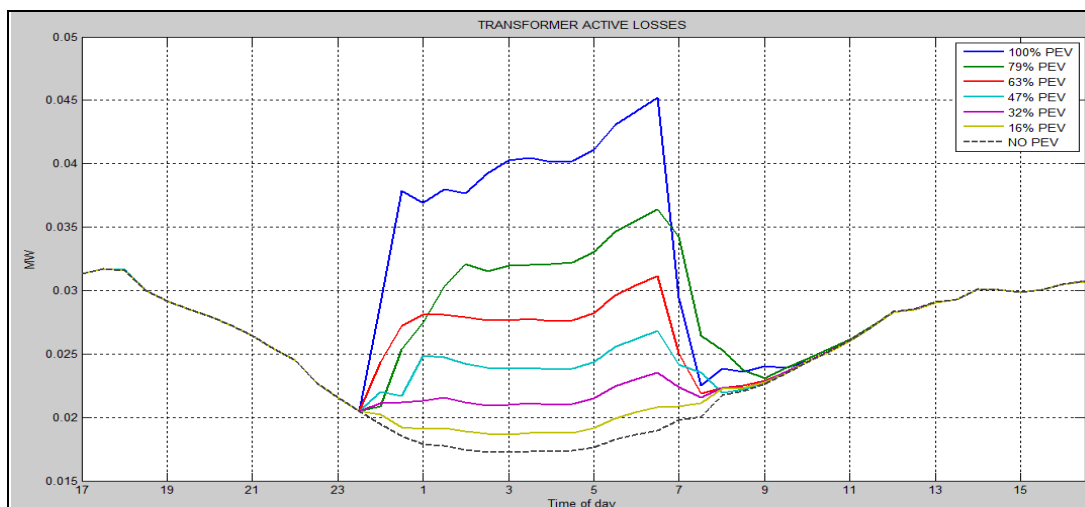


شکل (۳-۲۱): تلفات اکتیو خطوط شبکه در درصدهای مختلف حضور خودروها در ورود به شبکه بدون هماهنگی

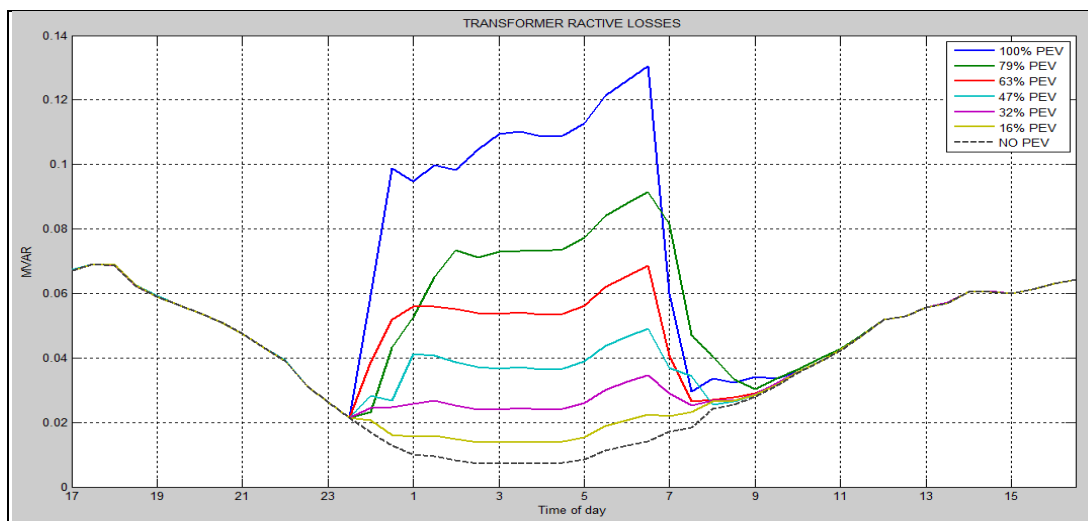


شکل (۳-۲۲): تلفات راکتیو خطوط شبکه در درصد‌های مختلف حضور خودروها در ورود به شبکه بدون هماهنگی

در شکل‌های (۳-۲۳) و (۳-۲۴) تلفات اکتیو و راکتیو ترانسفورماتورهای شبکه در طول ۲۴ ساعت را نشان می‌دهد. با توجه به ماهیت تلفاتی که این نمودارها دارند، تمام موارد مذکور در تلفات خطوط در مورد تلفات ترانسفورماتورها نیز برقرار است. البته همانطور که قبلاً بیان شده، تلفات اکتیو از راکتیو خطوط با توجه به میزان امپدانس خطوط و ضریب قدرت بارها بیشتر می‌باشد. ولی در ترانسفورماتورها این مطلب بعکس می‌باشد. ساعت ۶:۳۰ در تمامی نمودارها نقطه پیک مصرف و طبیعتاً پیک تلفات خطوط و ترانسفورماتورها می‌باشد و بعد از این ساعت کاهش تلفات و توان مصرفی زیادی رخ می‌دهد. بطور کلی این مطلب بدلیل این است، که در تمام درصد‌های حضور تا قبل از ساعت ۷ همه خودروها وارد شبکه می‌شوند و از ساعت ۷ به بعد بدلیل اینکه تعداد از خودروها پس از اتمام زمان شارژ از شبکه خارج می‌شوند، لذا تلفات و توان مصرفی کاهش می‌یابد. میزان توان مصرفی این حالت در مقایسه با دو حالت قبل کمتر است.

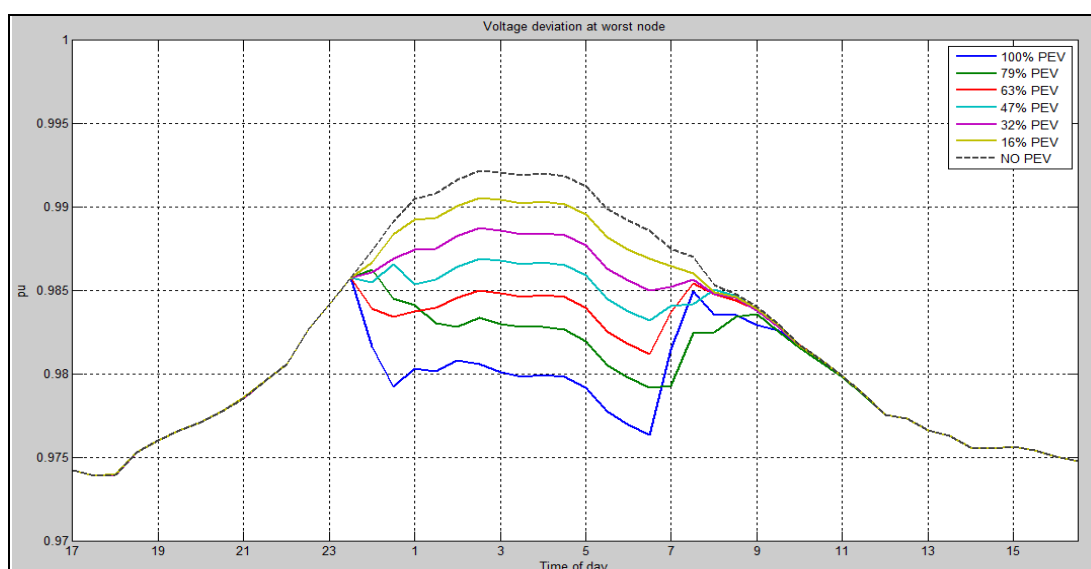


شکل (۳-۲۳): تلفات اکتیو ترانسفورماتورها در درصد‌های مختلف حضور خودروها در ورود شبکه بدون هماهنگی



شکل (۳-۲۴): تلفات راکتیو ترانسفورماتورها در درصدهای مختلف حضور خودروها در ورود شبکه بدون هماهنگی

در شکل (۳-۲۵) پروفیل ولتاژ پریونیت شده بدترین فیدر در طول ۲۴ ساعت را نمایش می‌دهد. بصورتی که در نمودارهای ۱۰۰٪ و ۴۷٪ و ۶۳٪ و ۱۶٪ پروفیل مربوط به فیدر شماره ۱۲ مسکونی و در درصدهای ۷۹٪ و ۳۲٪ پروفیل مربوط به فیدر ۱۱ مسکونی در شکل (۳-۱) می‌باشد. در نمودار ۱۰۰٪ طبیعتاً نمودار ولتاژ از بقیه درصدهای حضور پایین‌تر است و یک نقطه از نمودار ۱۰۰٪ در ساعت ۶:۳۰ از همه پایین‌تر است، که بدلیل، که تعدادی زیادی از خودروها از بازه‌های زمانی قبل در حال شارژ بودن و در نهایت در این بازه زمانی از شبکه خارج می‌شوند. درصد بارگذاری بار مسکونی و تجاری پایه شبکه بدون خودروها، نیز در این مقطع زمانی بالا می‌رود. موارد مطرح شده در مورد نمودارهای تلفات، در مورد پروفیل ولتاژ نیز صدق می‌کند.



شکل (۳-۲۵): پروفیل ولتاژ بدترین فیدر شبکه در درصدهای حضور خودروها در ورود شبکه بدون هماهنگی

۳-۴- جمع‌بندی کلی فصل

در این قسمت یک جمع‌بندی کلی از نتایج این فصل صورت می‌گیرد. بدین صورت که بعد از شبیه‌سازی شبکه توزیع مورد نظر، خودروهای برقی در قالب ۳ حالت کلی جدول (۳-۴) در درصدهای حضور مختلف بصورت تصادفی طبق جداول (۳-۵) تا (۳-۷) وارد می‌شوند. در نتیجه اثر این حضور بر پارامترهای شبکه نمایان شده است و باعث افزایش توان مصرفی و تلفات و کاهش پروفیل ولتاژ در طول ۲۴ ساعت مورد مطالعه می‌شوند. در جدول (۳-۸) درصد تغییرات پارامترهای شبکه در درصدهای مختلف حضور قابل مشاهده است.

جدول (۳-۸): درصد تغییرات پارامترهای شبکه در حالت‌های مختلف با حضور تصادفی خودروهای برقی

پارامترها	%۱۰۰	%۷۹	%۶۳	%۴۷	%۳۲	%۱۶
تلفات اکتیو خطوط	%۱۵/۷	%۱۱	%۹/۲	%۷	%۴/۵	%۲/۲
تلفات راکتیو خطوط	%۱۷/۳	%۱۳/۴	%۹/۸	%۷/۳	%۴/۸	%۲/۴۵
تلفات اکتیو ترانس‌ها	%۶۴	%۴۱	%۳۲	%۲۰/۷	%۱۳/۲	%۷/۴
تلفات راکتیو ترانس‌ها	%۷۹	%۵۹/۸	%۴۷/۴	%۳۳/۶	%۲۱/۳	%۱۰/۰۶
توان مصرفی اکتیو	%۳۷/۷	%۲۶/۹۵	%۱۹/۸	%۱۴/۴۸	%۸/۴۲	%۲/۳۸۶
توان مصرفی راکتیو	%۸۷/۴۷	%۶۷/۶۱	%۵۲/۲۴	%۳۸/۴	%۲۴/۷۹	%۱۱/۹
پروفیل ولتاژ	%۱	%۰/۸۲	%۰/۷۱	%۰/۶۲	%۰/۵۱	%۰/۴۳

حال بنظر می‌رسد، که حضور خودروهای برقی بطور تصادفی و بدون هماهنگی اثرات بسیار منفی بر پارامترهای شبکه دارد، که در این صورت وجه مثبت حضور خودروهای برقی در شبکه‌های توزیع زیر سوال می‌رود. بنابراین وجود یک روش پویا با توانایی تحلیل آنی (بدین شکل که با استفاده از شبکه هوشمند در هر بازه زمانی شرایط شبکه سنجیده و تحلیل می‌شود)، برای بهبود شرایط شبکه و مدیریت شارژ خودروهای برقی ضروری بنظر می‌رسد.

فصل چهارم:

مدیریت شارژ باتری خودروهای برقی با استفاده از الگوریتم پیشنهادی

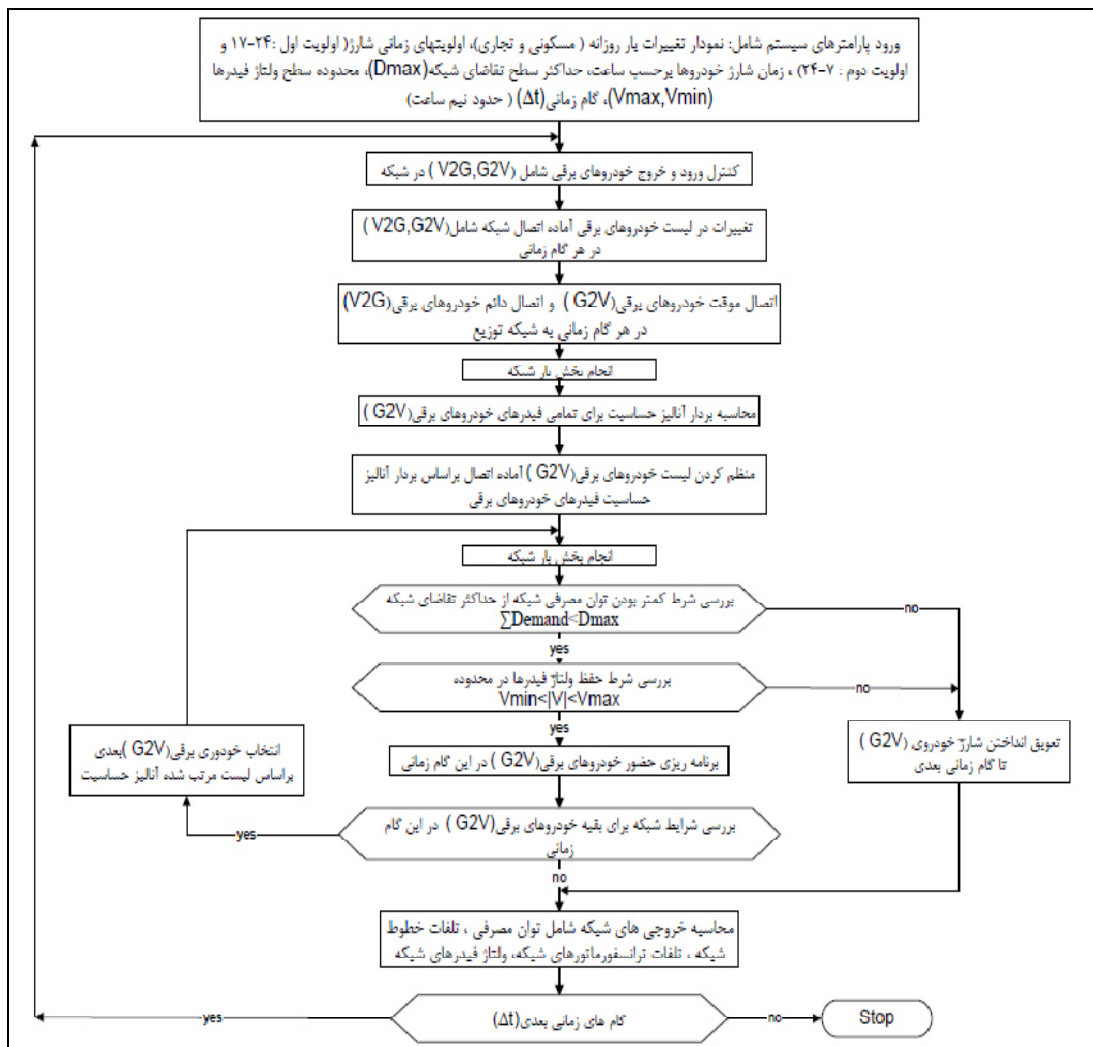
۴-۱- الگوریتم پیشنهادی مدیریت خودروهای برقی

در فصل قبلی خودروهای برقی در ۳ حالت و با درصد حضورهای مختلف بصورت تصادفی و با اراده مشترکین به شبکه وارد و خارج می‌شدند. که نتیجه‌ی آن افزایش توان مصرفی شبکه از ۳۵٪ تا ۵۴٪ و افزایش بسیار زیاد تلفات شبکه شامل خطوط و ترانسفورماتورها و پایین آمدن پروفیل ولتاژ، که نتایج آن در قسمت جمع‌بندی و نتیجه‌گیری فصل قبل بطور کامل بررسی شد. در نهایت تمام این مسائل می‌توانند عامل بلقوه‌ای برای ایجاد مشکلات در شبکه مانند عدم تعادل و احتمال خاموشی و غیره شوند. بنابراین ضرورت یک روش برای کنترل و مدیریت افزایش توان مصرفی شبکه و تلفات و کاهش پروفیل ولتاژ را می‌رساند. اکنون بدین منظور یک روش پیشنهادی بر پایه‌ی تعدادی شروط از جمله محدود ولتاژ پریونیت فیدرها بین ۰/۹ تا ۱/۱ و حد توان اکتیو مصرفی شبکه برای حفظ شبکه در شرایطی قابل قبول مطرح شده است. لازم بذکر است، که شبکه توزیع هوشمند، متعهد به شارژ تمام خودروهای برقی که شبکه متصل شده‌اند، می‌باشد. لذا در الگوریتم پیشنهادی در نهایت تمام خودروهای برقی شارژ می‌شوند. علت انتخاب شرط اول به این دلیل است، که با وجود شارژ باتری خودروهای برقی (G2V) مدیریت ورود و خروج خودروها برای شارژ باید به نحوی باشد، که مقدار پروفیل ولتاژ فیدرها در محدوده مجاز و قابل قبولی بماند و هنگامی که خودروهای برقی برای انتقال شارژ به شبکه متصل شده‌اند (V2G)، باعث بهبود پروفیل ولتاژ فیدرها شوند. در مورد شرط دوم هم چون توان‌های مصرفی نسبت مستقیم با انواع تلفات شبکه دارند، لذا با کنترل توان اکتیو مصرفی شبکه میزان انواع تلفات اکتیو و راکتیو، بخصوص در ساعات پیک مصرف شبکه که هدف اصلی می‌باشد، مدیریت می‌شود و در زمانی که خودروها برقی بصورت (V2G) وارد شبکه شوند، در جهت کاهش انواع تلفات شبکه خودروها مدیریت می‌شوند. در روابط (۴-۱) و (۴-۲) شروط مورد نظر نشان داده شده است [۲۶]، [۲۸]. در شکل (۴-۱) فلوچارت روش پیشنهادی وجود دارد، که برای مدیریت و کنترل شارژ خودروها چه در حالت شارژ شدن باتری خودرو از شبکه (G2V) و چه در حالت انتقال شارژ از باتری خودرو (V2G) به شبکه است.

$$V^{\min} \leq V_k \leq V^{\max} \quad k = 1, \dots, n \quad (1-4)$$

$$P_{\Delta t}^{\text{total demand}} = \sum_k P_{\Delta t, k}^{\text{load}} < D_{\Delta t, \text{max}} \quad (2-4)$$

در فرمول‌های بالا V_k ولتاژ پریونیت شده هر فیدر یا باس و k شماره‌ی باس‌ها می‌باشد، که متصل به ترانسفورماتورهای ۲۰ کیلوولت به ۴۰۰ ولت است، و بعنوان یکی از شروط الگوریتم باید در محدود ۰/۹ تا ۱/۱ قرار گیرد و $P_{\Delta t}^{total\ demand}$ مجموع توان اکتیو بارهای فیدر یا باس‌های شبکه و $D_{\Delta t, max}$ حد توان اکتیو مصرفی شبکه بعنوان یکی از شروط الگوریتم می‌باشد. الگوریتم پیشنهادی مدیریت شارژ در واقع تصمیم می‌گیرد، هر یک از شارژرهای خودروهای برقی در منازل در چه زمانی به شبکه متصل شوند و شروع به دریافت شارژ کنند. همچنین در این الگوریتم فرض بر این است، شبکه هوشمند با استفاده از زیر ساخت‌های ارتباطی هوشمند سیگنال‌های ارتباطی بین مرکز کنترل و داده‌های شبکه و شارژرهای خانگی را دریافت و ارسال می‌کند [۴۱]، [۳۶]، [۳۸].



شکل (۴-۱): فلوچارت روش پیشنهادی برای هماهنگ سازی دریافت (G2V) یا انتقال (V2G) شارژ در شبکه

در این قسمت بطور کامل روش مدیریت و کنترل شارژ خودروهای برقی توسط الگوریتم پیشنهادی در چندین گام بیان شده است.

- ۱- ابتدا در گام اول اطلاعات شبکه و خودروهای برقی شامل الگوهای بارگذاری مسکونی و تجاری بارهای پایه شبکه، حداکثر سطح تقاضای توان مصرفی شبکه، اولویت‌های زمانی شارژ خودروها، محدوده ولتاژ فیدرهای شبکه و غیره وارد الگوریتم می‌شود.
- ۲- در این گام خودروهای برقی در هر دو ماهیت (G2V), (V2G) از ساعت ۱۷ طبق هیستوگرام‌های تصادفی در گام‌های زمانی نیم ساعته به شبکه وارد می‌شوند. سپس الگوریتم در هر بازه‌ی زمانی ورود و خروج خودروهای برقی را بررسی می‌کند و با توجه به شرایط خودروهای برقی و شبکه توزیع برای حضور خودروها در نیم ساعت آینده برنامه‌ریزی می‌کند. لذا لیستی از خودروهای آماده اتصال در نیم ساعت آینده تهیه می‌کند.
- ۳- در این قسمت، الگوریتم شارژ، خودروهای برقی (V2G) را بطور دائم برای این نیم ساعت پیش رو به شبکه متصل می‌نماید. چون این نوع از خودروهای برقی برای اینکه به شبکه خدمات ارائه می‌کنند، در ورود و خروج کاملاً مختارند [۳۸]. همچنین بطور موقت خودروهای برقی (G2V) را به شبکه متصل می‌کند و از شبکه پخش بار گرفته می‌شود. الگوریتم شارژ، مقدار رابطه (۳-۴) که آنالیز حساسیت تغییرات تلفات کل شبکه (شامل خطوط و ترانسفورماتورها) به تغییرات توان مصرفی فیدرهای ۴۰۰ ولتی، که خودروهای برقی به آن متصل هستند [۲۷]، با استفاده از ماتریس ژاکوبین محاسبه می‌کند [۳۳]. نتایج آنالیز حساسیت فیدرها را در قالب یک بردار قرار می‌دهد. سپس بردار آنالیز حساسیت فیدرها را بصورت صعودی (کوچک به بزرگ) مرتب می‌کند.
- ۴- الگوریتم شارژ، خودروهای برقی (G2V) آماده به شارژ در این گام زمانی را در قالب یک جدول قرار می‌دهد و بر حسب بردار آنالیز حساسیت فیدرها، جدول خودروهای برقی (G2V) که به همان فیدرها متصل هستند، مرتب می‌شود. در این قسمت الگوریتم، خودروهای برقی (G2V) را بصورت یک به یک بصورت دائم برای نیم ساعت پیش رو، براساس جدول مذکور به شبکه توزیع برای شارژ متصل می‌کند.
- ۵- الگوریتم شارژ هر نوبت که یک خودروی برقی به شبکه متصل می‌کند، از شبکه پخش بار گرفته و شروط شبکه شامل محدوده توان اکتیو مصرفی و پروفیل ولتاژ فیدرها را بررسی می‌کند. الگوریتم این روند را تا هنگام اتصال آخرین خودروی برقی جدول خودروهای (G2V) در هر بازه‌ی زمانی ادامه می‌دهد. سپس نتایج خروجی شبکه شامل توان‌های مصرفی و تلفات شبکه و پروفیل ولتاژ فیدرها برای این بازه‌ی زمانی پیش‌رو محاسبه می‌کند. چنانچه در هنگام اتصال یکی از خودروهای برقی (G2V) شروط شبکه رعایت نشود، آن خودروی برقی به‌همراه

بقیه خودروهای برقی که بعد از خود آن در جدول مذکور قرار دارند، به بازه زمانی بعدی برای دریافت شارژ منتقل می‌شوند. در واقع یک بازه زمانی نیم ساعته در شارژ آنها خودروها برای رعایت شروط شبکه تاخیر ایجاد می‌شود.

بطور کلی در این الگوریتم هماهنگ‌سازی شارژ، هدف به حداقل رساندن تلفات شبکه و تنظیم ولتاژ و کنترل پیک تقاضای شبکه در زمان پرباری شبکه هست. لذا اولویت شارژ با خودروهای برقی می‌باشد، که کمترین تاثیر را روی افزایش تلفات کل شبکه دارند. همانطور که قبلا بیان شد، از آنالیز حساسیت تلفات برای این منظور استفاده می‌شود، بدین صورت که هر مقدار حساسیت تلفات شبکه به تغییرات توانی در یک فیدر که خودروهای برقی به آن متصل هستند، بیشتر باشد، آن خودروهای برقی در جدول مذکور در اولویت پایین‌تری برای اتصال به شبکه قرار می‌گیرند. در بعضی از پژوهش‌ها از الگوریتم‌های بهینه‌سازی مانند ژنتیک و غیره برای بهینه‌سازی و کاهش تلفات استفاده می‌شود. اما بنا بر پیشنهاد مراجع [۲۷]، [۲۸]، [۳۳] بدلیل کوتاه بوده بازه‌های زمانی (نیم ساعت) حضور خودروها و اینکه الگوریتم‌های بهینه‌سازی سرعت کمی دارند و از طرفی شبکه هوشمند در زمان واقعی برای حضور خودروهای برقی باید سریعاً تصمیم بگیرد، لذا این روش‌های بهینه‌سازی در این الگوریتم کارآمد بنظر نمی‌رسند.

$$MSS = \frac{\partial P_{loss}}{\partial P} \quad (3-4)$$

مقدار ∂P_{loss} مقدار تغییرات مجموع تلفات کل شبکه می‌باشد و مقدار ∂P مقدار تغییرات توان مصرفی هر فیدر برای خودروهای برقی است [۳۲]. در حالت انتقال شارژ از باتری خودرو به شبکه یا (V2G) در هر اولویت زمانی که خودروهای برقی آماده اتصال به شبکه باشند، مدیریت شبکه اجازه ورود به شبکه را به این خودروها می‌دهند. چون ورود و خروج به شبکه خودروها برای انتقال شارژشان به شبکه به اراده و خواست مشترک مسکونی یا مالک خودرو بستگی دارد. بنابراین مدیریت خاصی روی خودروهایی که برای انتقال شارژ به شبکه وارد می‌شوند، اعمال نمی‌شود [۲۸]، [۳۴]. برای تعیین شروط شبکه در هر حالت بستگی به اولویت زمانی ورود خودروها دارد. در شرط حد توان اکتیو مصرفی شبکه، ابتدا حداکثر مقدار توان اکتیو بدون حضور خودروها در طول ۲۴ ساعت محاسبه می‌شود. بنا بر پیشنهاد مراجع [۲۸] حد توان اکتیو مصرفی ۵٪ یا ۱۰٪ (با توجه به ظرفیت ترانسفورماتورهای ۶۳ کیلوولت به ۲۰ کیلوولت تغذیه کننده این شبکه شعاعی) بیشتر از این مقدار یا همان ۱/۰۵ یا ۱/۱ حداکثر توان مصرفی شبکه بدون خودروها، بنا بر شرایط شبکه در نظر گرفته شود.

در جدول (۴-۱) حد توان‌های مصرفی شبکه تعیین شده است. لازم بذکر است، که حداکثر توان مصرفی شبکه در زمان حضور خودروها در طول شبانه‌روز ۵/۱۸۸ مگاوات است.

جدول (۴-۱): شرایط شبکه برای مدیریت و هماهنگ‌سازی شارژ خودروها در حالت‌های مختلف

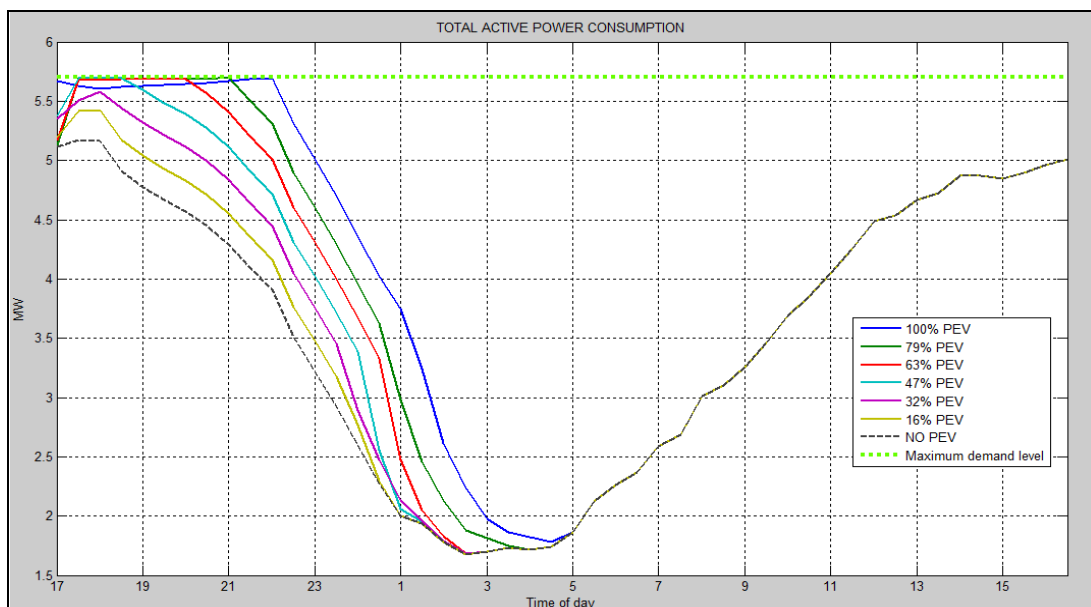
حالت‌های مختلف حضور خودروها	حد توان مصرفی شبکه اولویت اول (17 تا 24)	حد توان مصرفی شبکه اولویت دوم (24 تا 7)	حد توان مصرفی شبکه (24 تا 7)	پروفیل ولتاژ فیدرها در 24 ساعت
$P_{max}=5.188MW$				
حالت اول (V2G),(G2V)	5.7MW	5.7MW	5.7MW	$0.9 < V < 1.1$
حالت دوم (V2G),(G2V)	5.5MW	2.9MW	5.5MW	$0.9 < V < 1.1$
حالت سوم (V2G),(G2V)	5.2MW	2.9MW	5.2MW	$0.9 < V < 1.1$

تعیین حد توان مصرفی در واقع یک چالش بین حداکثر توانی است، که می‌توان از شبکه دریافت کرد، بدون ایجاد مشکل خاصی برای شبکه و از طرف باید تعداد قابل قبولی از خودروها بتوانند در این بازه‌های زمانی شارژ شوند [۳۴]، [۲۶]. چون مدیریت شبکه نسبت به ارائه خدمات مشترکین متعهد است [۲۶]. اگر حد توان مصرفی شبکه به کم انتخاب شود، آن وقت تعداد زیادی از خودروها توانایی شارژ شدن در شبکه در این بازه‌های زمانی را ندارند. در ردیف اول جدول (۴-۱) حد توان مصرفی اولویت اول در حالت اول ۵/۷ مگاوات در نظر گرفته شده است. که ۱۰٪ بالاتر از حد توان مصرفی بدون خودروها یعنی ۵/۱۸۸ مگاوات می‌باشد. بدلیل ورود خودروها در ساعت پرباری در حالت اول، معیار ۱۰٪ انتخاب شده است. همچنین در بقیه زمان‌های حالت اول حد توان ۵/۷ مگاوات می‌باشد. در حالت دوم بدلیل اینکه تعدادی از خودروها در اولویت دوم وارد می‌شوند، لذا برای اولویت اول معیار ۵٪ تعیین شده، و حد توان مصرفی ۵/۵ مگاوات می‌باشد. برای اولویت دوم در حالت دوم با توجه به اینکه بین ساعت ۱۲ نیمه شب تا ۷ صبح حداکثر مصرف شبکه بدون خودروهای برقی برابر ۲/۶ مگاوات است، پس معیار ۱۰٪ انتخاب شده و حد توان مصرفی برابر ۲/۹ مگاوات است و از ۷ صبح به بعد این مقدار به ۵/۲ مگاوات بر می‌گردد. در حالت سوم هم، در اولویت اول چون خودرویی به شبکه متصل نمی‌شود، پس حد توان مصرفی ۵/۲ مگاوات می‌باشد. برای اولویت دوم از ساعت ۱۲ نیمه شب تا ۷ صبح بدلیل ذکر شده، حد توان مصرفی ۲/۹ تعیین می‌شود و از ساعت ۷ صبح به بعد چون در حالت واقعی احتمالاً خودروی به شبکه متصل نیست، حد توان مصرفی شبکه برابر ۵/۲ مگاوات تعیین می‌گردد. محدوده پروفیل ولتاژ هم در تمام حالت‌ها باید بین ۰/۹ تا ۱/۱ باشد. البته شایان ذکر است، که در فرض اولیه خودروها، فقط تا ساعت ۷ صبح در منزل حضور دارند. اکنون ۳ حالت جدول (۳-۴)

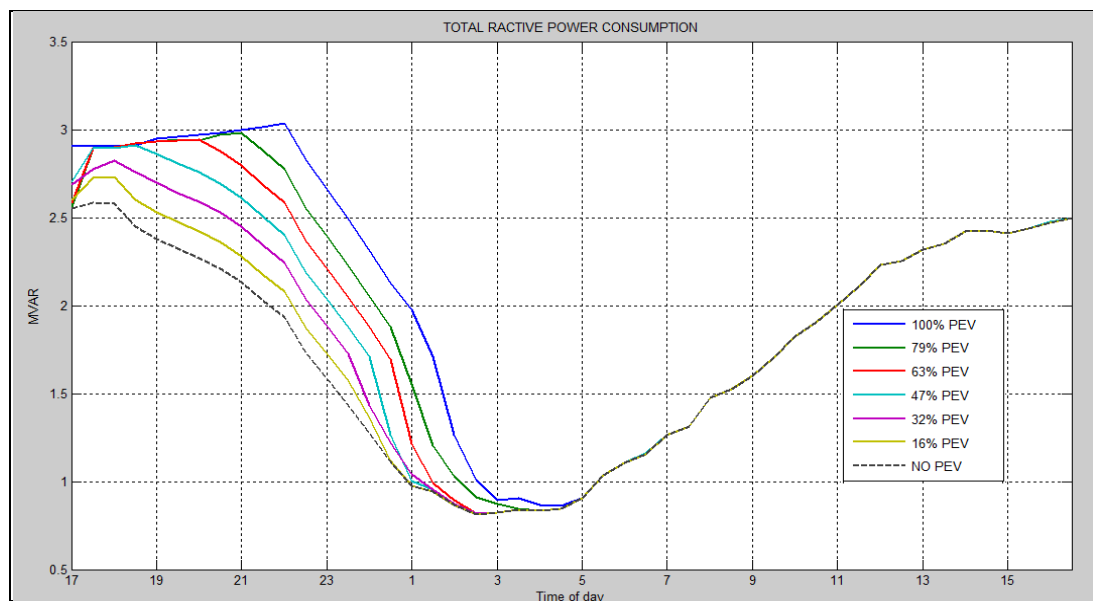
فصل ۳ که در قسمت قبل بدون هماهنگ سازی شارژ خودروها بود. با استفاده از الگوریتم شکل (۴-۱) و شرایط جدول (۴-۱)، شارژ خودروهای برقی مدیریت و هماهنگ سازی می‌شود.

۴-۱-۱- شارژ خودروهای برقی در حالت اول تحت الگوریتم پیشنهادی

شکل (۴-۲) و (۴-۳) توان مصرفی اکتیو و راکتیو شبکه در حالت اول را نشان می‌دهد. همانطور که انتظار می‌رفت، با اعمال الگوریتم هماهنگ سازی شارژ، تمام توان‌های مصرفی اکتیو درصدهای مختلف حضور در شکل (۴-۲) به زیر ۵/۷ مگاوات که در یک خط مقطع سبز مشخص است، برسد. پس به این معنی است، که در هر یک از نمودارها در هر بازه زمانی که توان مصرفی به بالای ۵/۷ مگاوات باشد، تعدادی از خودروها از شبکه جدا و به بازه زمانی بعدی منتقل شده‌اند. در نهایت میزان مصرف توان اکتیو در بازه یا گام‌های زمانی بعدی نسبت به حالت بدون هماهنگ‌سازی شارژ افزایش یافته، برای مثال در گراف آبی رنگ ۱۰۰٪ در ساعت ۱ نیمه شب میزان مصرف توان اکتیو ۳/۷۵ مگاوات می‌باشد، در حالی که در شکل (۳-۵) میزان مصرف توان حدود ۲ مگاوات است، همچنین در نمودار سبز رنگ ۷۹٪ در ساعت ۱ نیمه شب مصرفی برابر ۳ مگاوات دارد، در حالی که در شکل (۳-۵) در همین ساعت مصرف در زیر ۲/۵ مگاوات است. بطور کلی این موارد، جابه‌جایی زمانی شارژ خودروها را نشان می‌دهد، که همین موضوع کمک به شبکه می‌کند که میزان مصرف توان خودروها را از پرباری به کم باری منتقل کند و بگونه‌ای پیک زدایی صورت می‌گیرد.

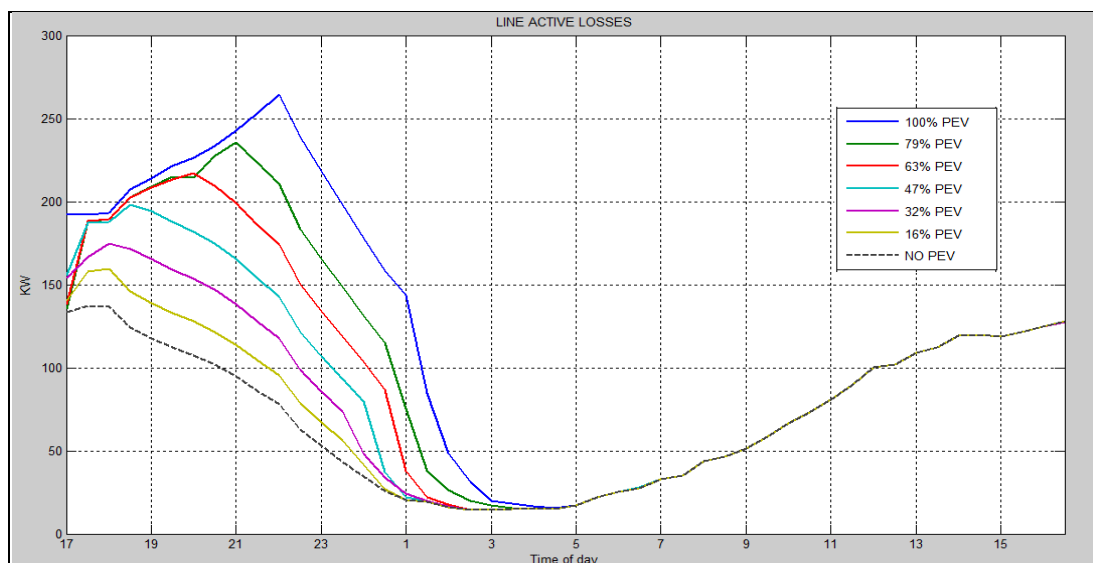


شکل (۴-۲): توان مصرفی اکتیو شبکه در درصدهای مختلف حضور خودروها در هماهنگ سازی شارژ خودروها

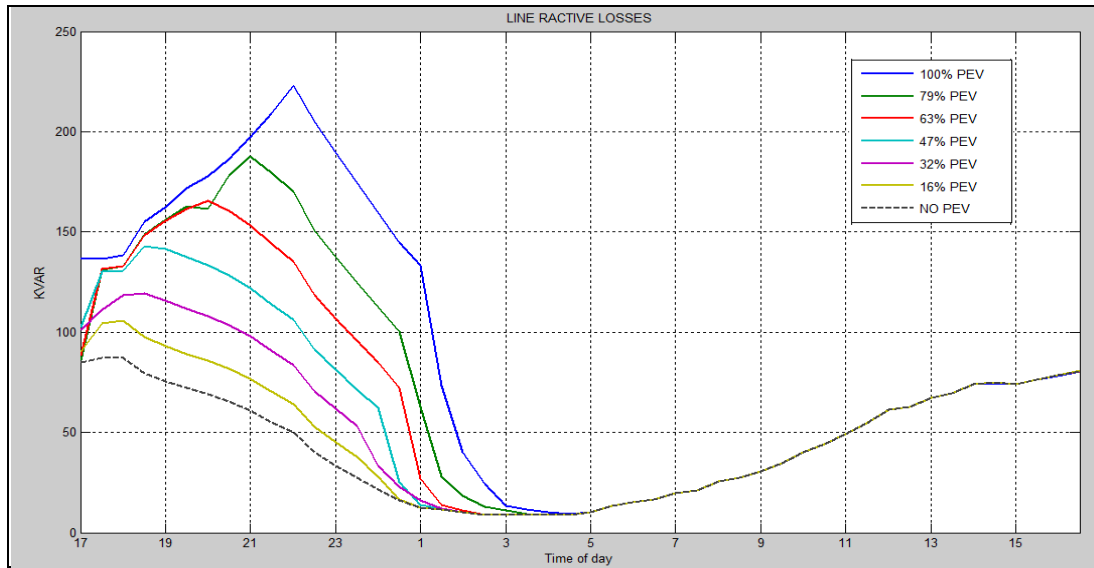


شکل (۳-۴): توان مصرفی راکتیو شبکه در درصدهای مختلف حضور خودروها در هماهنگ سازی شارژ خودروها

در شکل (۳-۴) که توان راکتیو مصرفی را نمایش می‌دهد، با اعمال شروط توان اکتیو، میزان مصرف توان راکتیو هم در همان زمان‌های ساعت ۱۷ تا ۲۲ محدود می‌شود. مانند حالت قبل در گام‌های زمانی بعدی مصرف توان راکتیو بالا می‌رود، برای مثال در نمودار آبی ۱۰۰٪ در ساعت ۱ نیمه شب توان مصرفی راکتیو ۲ مگاوار است، در حالی که در شکل (۳-۶) در همین ساعت حدود ۱/۲ مگاوار توان راکتیو مصرفی شبکه است. شکل‌های (۴-۴) و (۴-۵) تلفات اکتیو و راکتیو خطوط شبکه بعد از هماهنگ سازی شارژ را نشان می‌دهد، که در اثر اعمال الگوریتم تلفات بین ساعت ۱۷ تا ۲۲ که زمان پربراری شبکه است، تلفات بسیار کاهش یافته است. کاهش تلفات در نمودارهای ۱۰۰٪ و ۷۹٪ و ۶۳٪ و ۴۷٪ مشهودتر است.

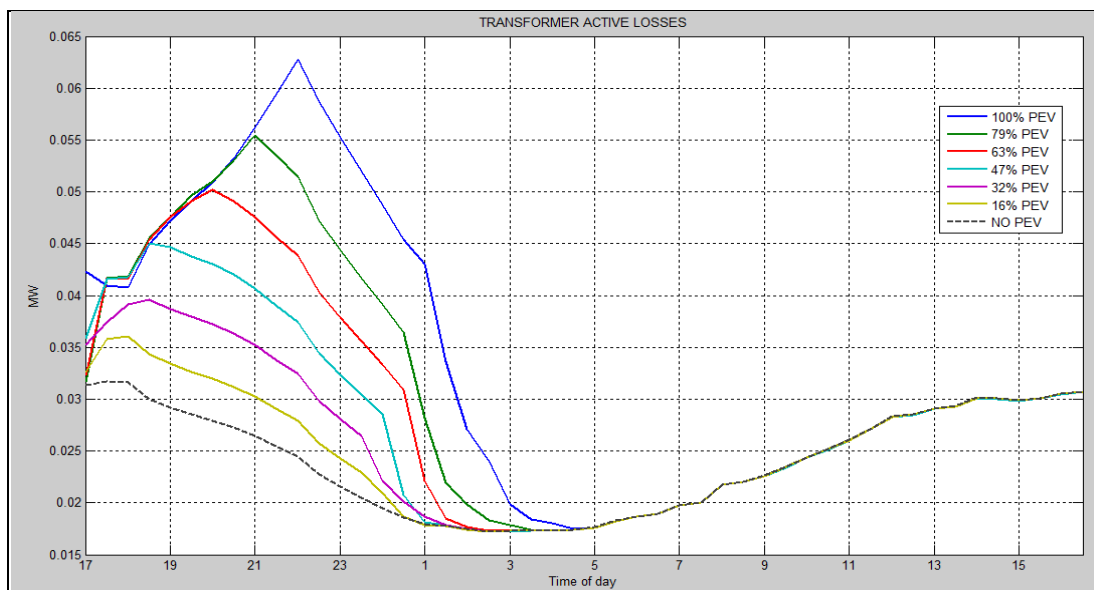


شکل (۴-۴): تلفات اکتیو خطوط شبکه در درصدهای مختلف حضور خودروها در هماهنگ سازی شارژ خودروها

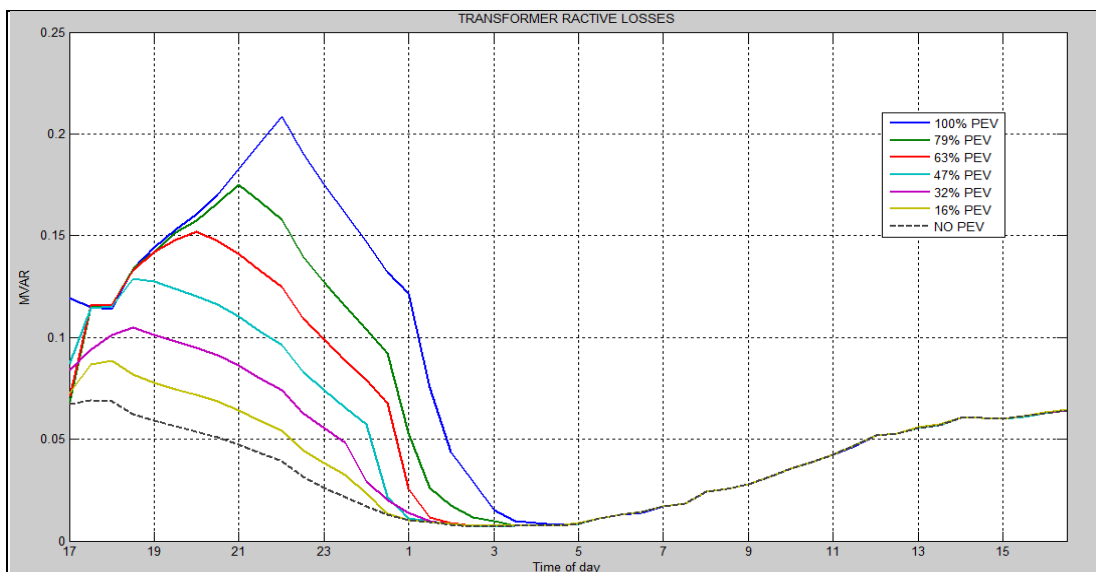


شکل (۴-۵): تلفات راکتیو خطوط شبکه در درصدهای مختلف حضور خودروها در هماهنگ سازی شارژ خودروها

در شکل (۳-۷) فصل ۴ نمودار آبی رنگ ۱۰۰٪/۳۳۰ کیلووات در ساعت ۱۹ تلفات وجود دارد، در حالی که در شکل (۴-۴) در همین ساعت ۲۲۰ کیلووات تلفات وجود دارد. در گراف‌های ۳۲٪ و ۱۶٪ کاهش تلفات کمتری صورت گرفته، چون تعداد خودروهای کمتری حضور دارند، پس توان مصرفی شبکه از حد توان مصرفی کمتر است. در شکل (۴-۵) کاهش تلفات راکتیو در ساعات پرباری صورت می‌گیرد، که در واقع ناشی از خروج تعدادی از خودروها از شبکه هست. موارد مربوط به تلفات اکتیو در مورد تلفات راکتیو نیز صدق می‌کند. در نمودارهای تلفات اکتیو و راکتیو ۱۰۰٪، ۷۹٪ و ۶۳٪ از ساعت ۱۸ تا ۲۱ به هم نزدیک هستند که این بدلیل برابر بودن توان مصرفی اکتیو و اعمال الگوریتم در این ساعات است.

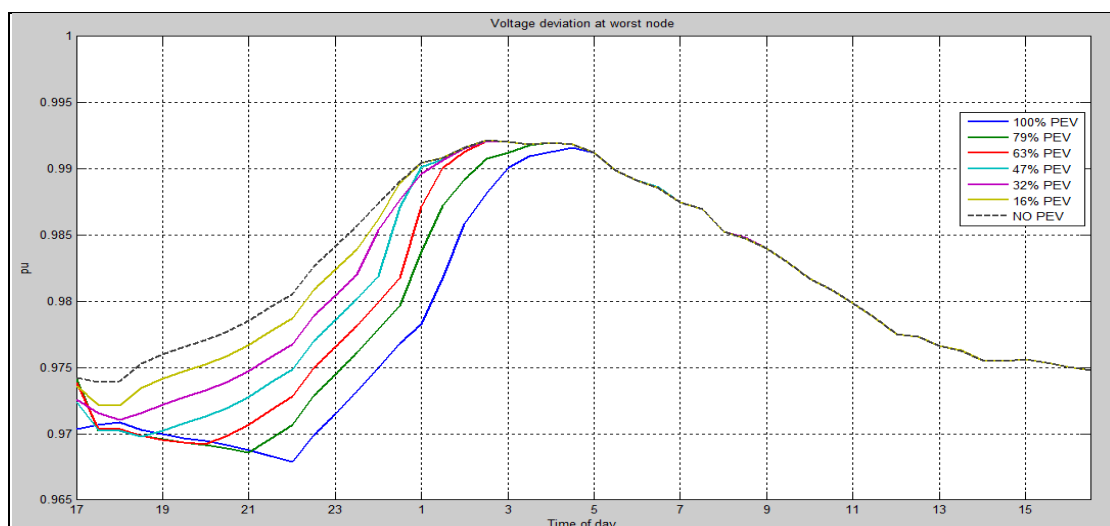


شکل (۴-۶): تلفات اکتیو ترانسفورماتورها در درصدهای مختلف حضور خودروها در هماهنگ سازی شارژ خودروها



شکل (۴-۷): تلفات راکتیو ترانسفورماتورها در درصدهای مختلف حضور خودروها در هماهنگ سازی شارژ خودروها

شکل های (۴-۶) و (۴-۷) تلفات اکتیو و راکتیو ترانسفورماتورهای شبکه بعد از اعمال هماهنگ سازی شارژ را نشان می دهد. که در مقایسه با شکل های (۳-۹) و (۳-۱۰) فصل ۳ میزان تلفات بسیار کاهش یافته چنانچه که، در نمودار ۱۰۰٪ تلفات اکتیو در ساعت ۱۹، ۰/۰۷۵ مگاوات، ولی در شکل (۳-۹) مقدار ۰/۰۴۷ مگاوات می باشد. در شکل (۴-۷) میزان تلفات نمودار ۱۰۰٪ در ساعت ۱۹ حدود ۰/۱۴ مگاوات است، اما در شکل (۳-۱۰) این مقدار برابر ۰/۲۶ مگاوات است. از جهت دیگر تمام موارد مذکور درباره، تلفات خطوط، در مورد ترانسفورماتورها نیز برقرار است.



شکل (۴-۸): پروفیل ولتاژ بدترین فیدر شبکه در درصدهای حضور خودروها در هماهنگ سازی شارژ خودروها

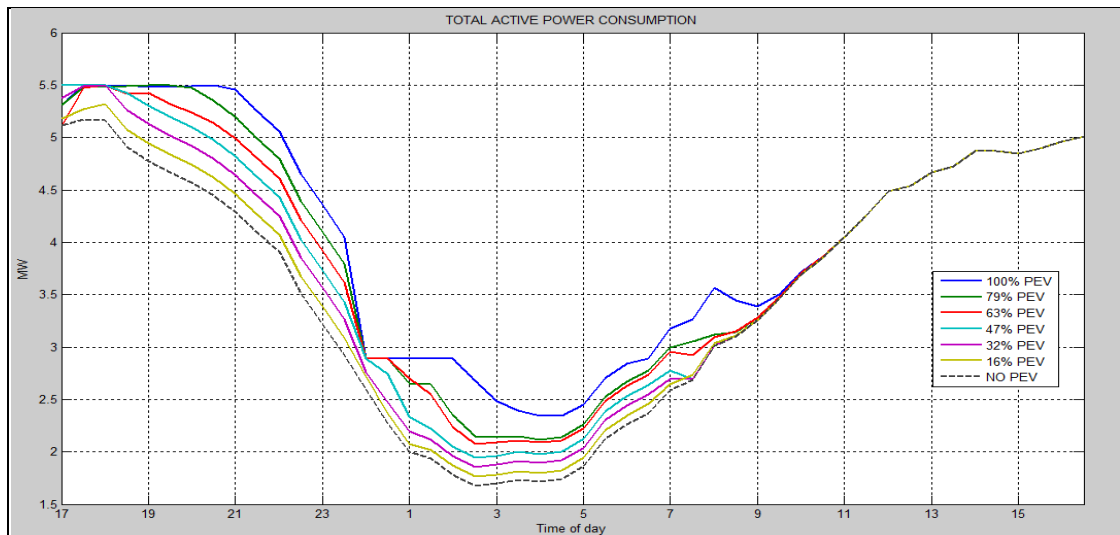
در شکل (۴-۸) ولتاژ بدترین فیدر شبکه در درصدهای مختلف حضور را نشان می دهد، این فیدرهای در هر یک از درصدهای حضور متفاوت هستند، بصورتیکه در نمودارهای ۱۰۰٪ و ۴۷٪ و ۶۳٪ و ۱۶٪

پروفیل مربوط به فیدر شماره ۱۲ مسکونی و در درصدهای ۷۹٪ و ۳۲٪ پروفیل مربوط به فیدر ۱۱ مسکونی در شکل (۳-۱) فصل ۳ می‌باشد. از طرفی با اعمال شروط شبکه از جمله حفظ ولتاژ در محدوده ۰/۹ تا ۱/۱ و حد توان مصرفی شبکه، پروفیل ولتاژ در محدوده زمانی ساعت ۱۷ تا ۲۲ بهبود پیدا می‌کند، در شکل (۳-۱۱) فصل ۳ در ساعت ۱۸ ولتاژ در گراف آبی ۱۰۰٪ در حدود ۰/۹۶ است، که بدترین نقطه پروفیل ولتاژ است، ولی در شکل (۴-۸) در ساعت ۱۸ ولتاژ ۰/۹۷ است. همچنین مشابه نمودارهای تلفات، از ساعت ۱۷:۳۰ تا ساعت ۲۰ پروفیل ولتاژ نمودارهای ۱۰۰٪ و ۷۹٪ و ۶۳٪ بر هم منطبق‌اند که بدلیل برابری توان مصرفی اکتیو شبکه در این مدت زمان در این درصدهای حضور بعلت استفاده از الگوریتم می‌باشد. برای بررسی بیشتر میزان تاثیر الگوریتم پیشنهادی بر پارامترهای شبکه توزیع در قسمت ۴-۱-۴ مقایسه‌ای بین نتایج قبل و بعد از اعمال الگوریتم پیشنهادی صورت گرفته است.

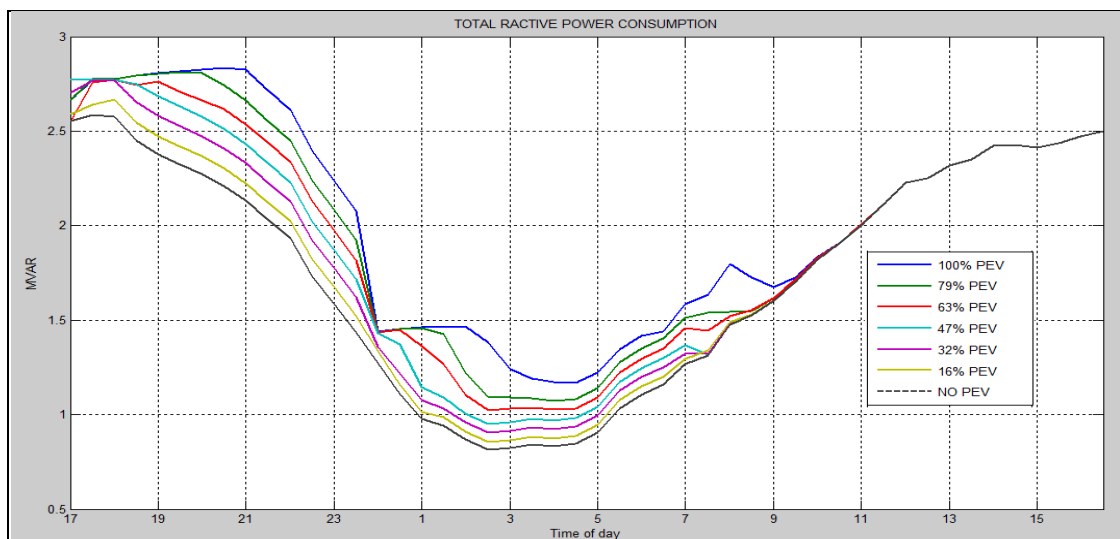
۴-۱-۲- شارژ خودروهای برقی در حالت دوم تحت الگوریتم پیشنهادی

در حالت دوم، که الگوریتم هماهنگ‌سازی شارژ خودروها اعمال می‌شود. طبق ردیف دوم جدول (۴-۱) در دو اولویت زمانی، دو حد توان مصرفی اکتیو وجود دارد. شکل‌های (۴-۹) و (۴-۱۰) که توان‌های مصرفی اکتیو و راکتیو در حالت دوم را نمایش می‌دهد. در دو محدوده زمانی کاهش توان مصرفی نسبت به شکل‌های (۳-۱۲) و (۳-۱۳) فصل ۳ مشاهده می‌شود. در زمان بین ساعت ۱۷ تا ۲۱ که پرباری شبکه است، توان اکتیو مصرفی شبکه به زیر ۵/۵ مگاوات می‌رسد. پس تعدادی از خودروها در نمودارهای ۱۰۰٪ و ۷۹٪ در این محدوده زمانی از شبکه خارج می‌شوند و به بازه‌های زمانی بعدی برای شارژ می‌روند. تا ساعت ۱۲ نیمه شب شرط حد توان مصرفی ۵/۵ مگاوات برقرار است، و ۱۲ نیمه شب تا ۷ صبح حد توان به ۲/۹ مگاوات کاهش می‌یابد. بنابراین تعدادی از خودروهای برقی نمودارهای ۱۰۰٪ و ۷۹٪ و ۶۳٪ و ۴۷٪ به بازه‌های زمانی بعد برای دریافت شارژ منتقل می‌شوند، البته در اولویت دوم تعداد خودروهای بیشتری در هر بازه‌ی زمانی از شارژ خارج می‌شود، چون اولاً حد توان مصرفی شبکه کمتر شده و دوماً بدلیل اینکه تعدادی از خودروها در اولویت اول از شبکه خارج شده‌اند، در اولویت دوم به همراه دیگر خودروهای اولویت دوم برای شارژ حضور پیدا می‌کنند. در ساعات بین ۱:۳۰ تا ۵:۳۰ در بعضی از نمودارها مانند ۱۰۰٪ و ۷۹٪ تا حدودی افزایش توان مصرفی دیده می‌شود، که بعلت دلایل ذکر شده است. از ساعت ۷ صبح به بعد مشابه اولویت اول میزان توان مصرفی افزایش می‌یابد. که بعلت حضور خودروهای باقیمانده از بازه‌های زمانی قبل است. برای مثال در شکل (۳-۱۲) توان مصرفی نمودار ۱۰۰٪ در ساعت ۸ حدود ۳/۲ مگاوات است، در حالی که در شکل (۴-۹) در این ساعت توان مصرفی بیش از ۳/۵ مگاوات است. همین وضعیت در مورد نمودارهای

۷۹٪ و ۶۳٪ نیز رخ می‌دهد. شایان ذکر است، که بعضی از درصد‌های حضور مانند ۱۶٪ بدلیل تعداد کم خودروهایشان در هیچ یک از اولویت‌های زمانی تحت تاثیر الگوریتم هماهنگ‌سازی شارژ قرار نمی‌گیرند. در شکل (۴-۱۰) توان راکتیو مصرفی شبکه، تمام تغییرات مشابه شکل (۴-۹) می‌باشد.



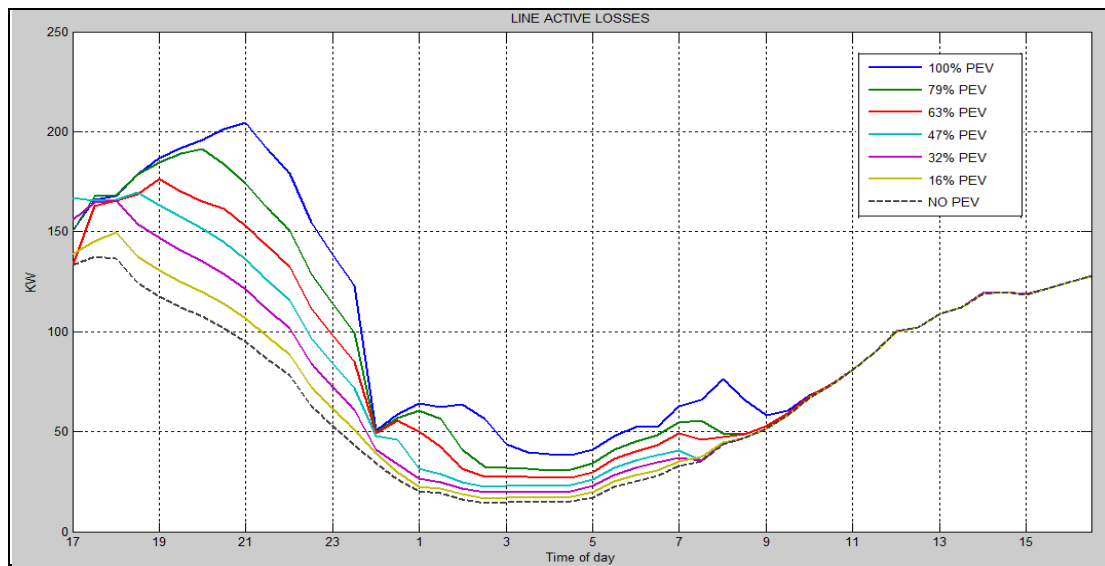
شکل (۴-۹): توان مصرفی اکتیو شبکه در درصد‌های مختلف حضور خودروها در هماهنگ سازی شارژ خودروها



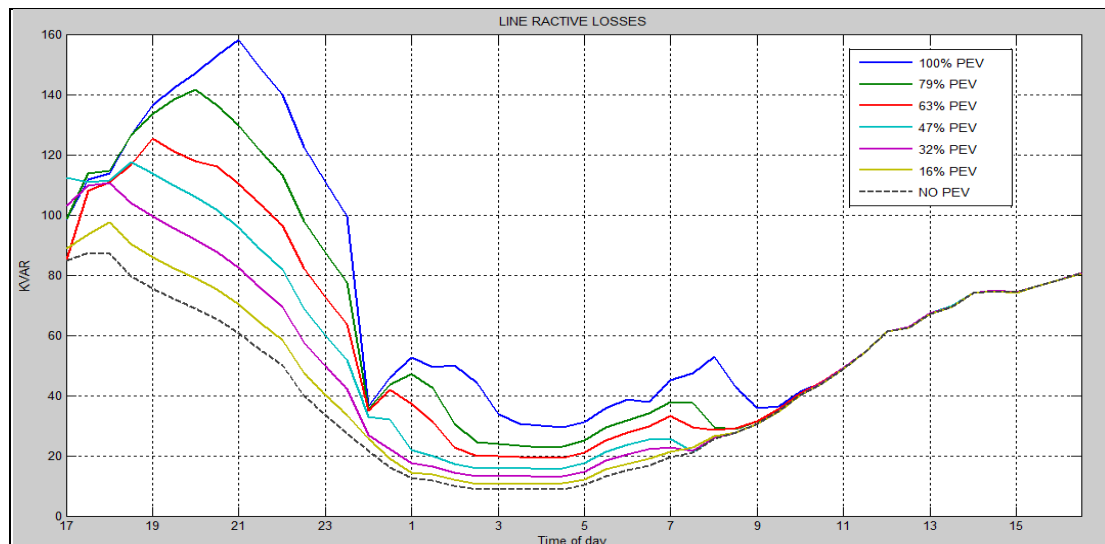
شکل (۴-۱۰): توان مصرفی راکتیو شبکه در درصد‌های مختلف حضور خودروها در هماهنگ سازی شارژ خودروها

شکل‌های (۴-۱۱) و (۴-۱۲) تلفات اکتیو و راکتیو خطوط شبکه در طول ۲۴ ساعت را نمایش می‌دهد. همانطور که قابل پیش بینی هم بود، در اولویت اول بین ساعت ۱۷ تا ۲۳ که کاهش توان مصرفی در اثر اعمال شروط شبکه صورت می‌گیرد، کاهش تلفات نیز وجود دارد. به همین صورت در اولویت دوم بین ساعت ۱۲ نیمه شب تا ۷ صبح نیز در برخی از درصد‌های حضور، کاهش تلفات رخ می‌دهد. اما در بعضی از نمودارها در زمان‌های بین ۱:۳۰ تا ۵ صبح مانند ۱۰۰٪ افزایش تلفات نیز وجود دارد، چون توان‌های مصرفی شبکه بدلیل حضور تعدادی از خودروهای که در اولویت اول از شارژ خارج شده و

اولویت دوم برای شارژ به شبکه متصل می‌شوند، افزایش یافته است. در حالت بدون هماهنگ‌سازی میزان مصرف توان در اولویت دوم پایین است، پس با افزوده شدن خودروهای مربوط به بازه‌های زمانی قبل با وجود افزایش تلفات و توان مصرفی ولی به حد توان مصرفی شبکه نمی‌رسند. در شکل (۴-۱۲) که تلفات راکتیو خطوط را نشان می‌دهد، کاهش تلفات در اولویت اول و دوم وجود دارد. همچنین در شکل‌های تلفاتی خطوط (۳-۱۴) و (۳-۱۵) بین ساعات نیمه شب ۱۲:۳۰ تا ۲ نیمه شب، و ۷ صبح تا ۸:۳۰ صبح نمودار قرمز ۶۳٪ از سبز ۷۹٪ بیشتر است، اما بعد از اعمال الگوریتم هماهنگ‌سازی شارژ جای این دو نمودار عوض می‌شود.



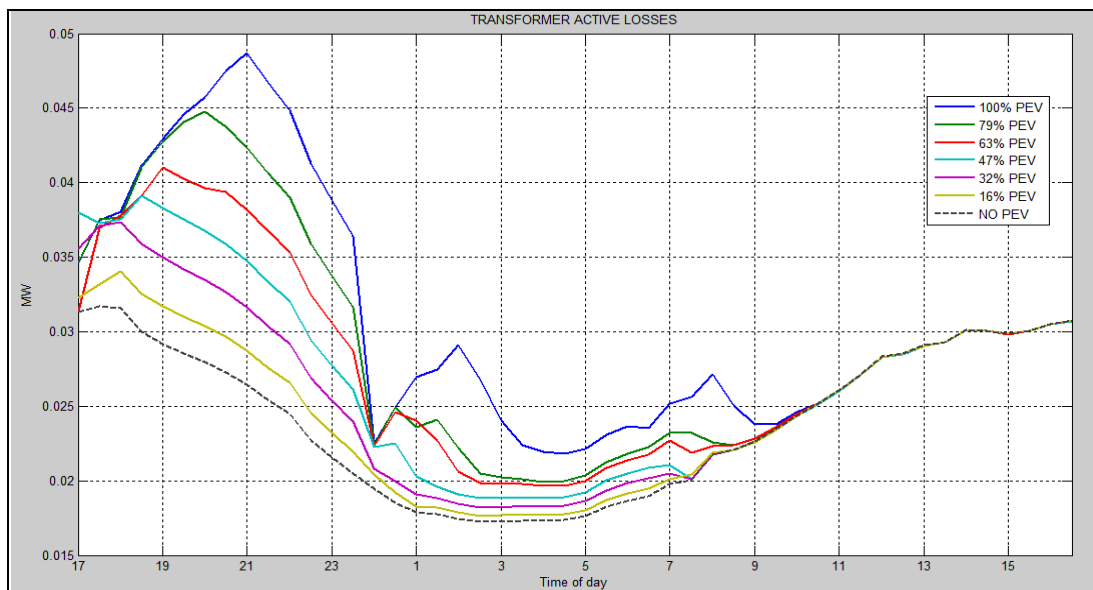
شکل (۴-۱۱): تلفات اکتیو خطوط شبکه در درصدهای مختلف حضور خودروها در هماهنگ‌سازی شارژ خودروها



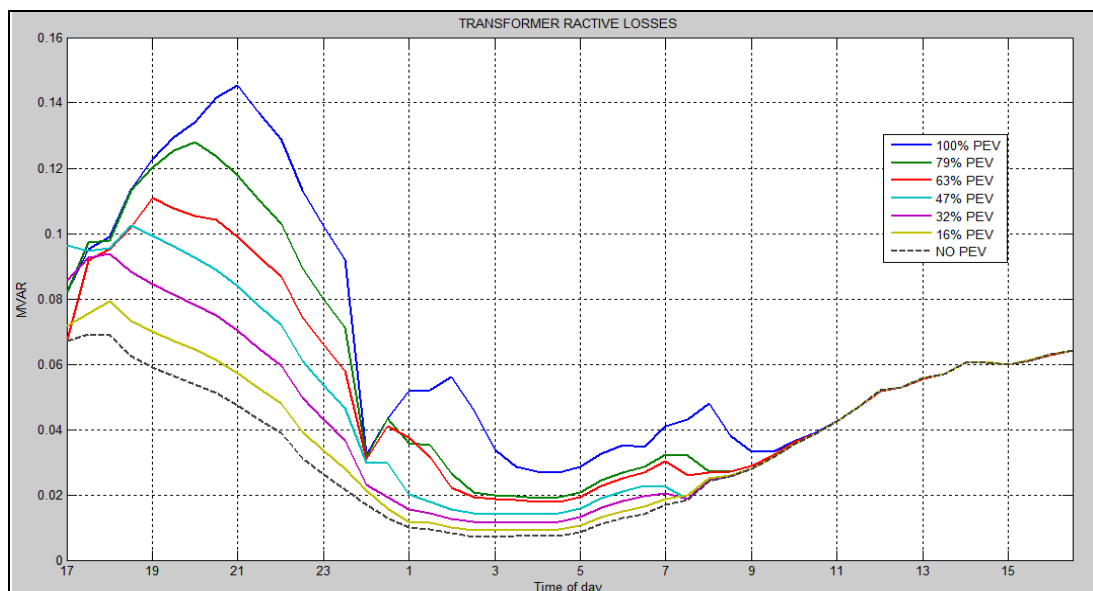
شکل (۴-۱۲): تلفات راکتیو خطوط شبکه در درصدهای مختلف حضور خودروها در هماهنگ‌سازی شارژ خودروها

شکل‌های (۴-۱۳) و (۴-۱۴) تلفات اکتیو و راکتیو ترانسفورماتورهای شبکه بعد هماهنگ‌سازی شبکه را نشان می‌دهد. که در مقایسه با شکل‌های (۳-۱۶) و (۳-۱۷) فصل ۳ میزان تلفات بسیار کاهش

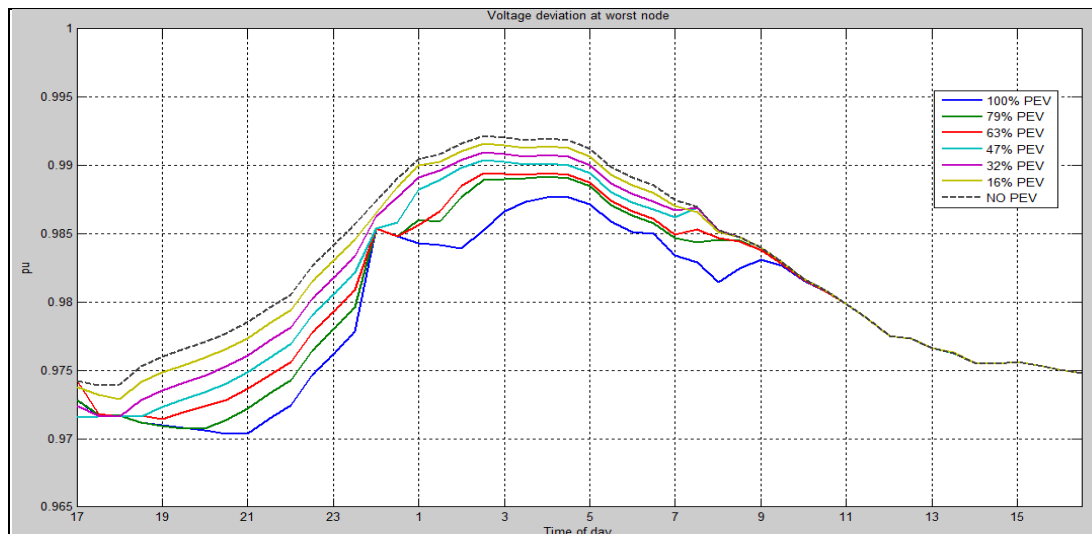
یافته است. برای نمونه در اولویت اول، نمودار ۱۰۰٪ تلفات اکتیو در ساعت ۲۱، ۰/۰۴۹ مگاوات است، ولی در شکل (۳-۱۶) این مقدار به ۰/۰۵۳ مگاوات می‌رسد. در شکل (۴-۱۴) میزان تلفات نمودار ۱۰۰٪ در ساعت ۱۹ حدود ۰/۱۴۳ مگاوات است، اما در شکل (۳-۱۷) این مقدار برابر ۰/۱۶ مگاوات است. تمام موارد مذکور درباره، تلفات خطوط، در مورد تلفات ترانسفورماتورها نیز برقرار است. اولویت دوم در بعضی از نمودارها مقداری افزایش تلفات وجود دارد. همچنین در ساعت ۷ صبح به بعد بدلیل افزایش توان مصرفی، تلفات ترانسفورماتورها نیز افزایش می‌یابد.



شکل (۴-۱۳): تلفات اکتیو ترانسفورماتورها در درصدهای مختلف حضور خودروها در هماهنگ سازی شارژ خودروها



شکل (۴-۱۴): تلفات راکتیو ترانسفورماتورها در درصدهای مختلف حضور خودروها در هماهنگ سازی شارژ خودروها



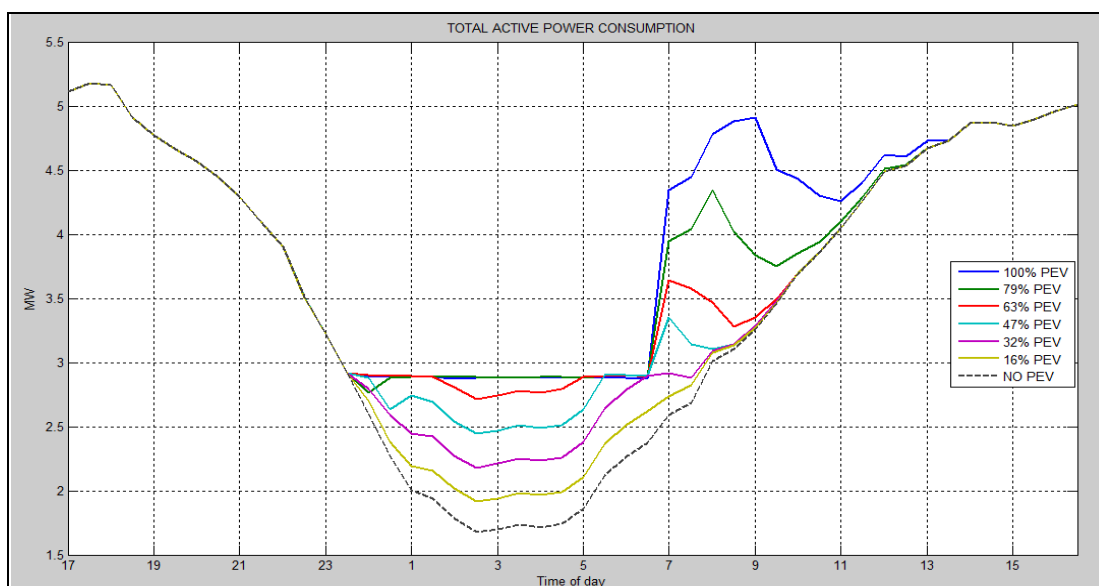
شکل (۴-۱۵): پروفیل ولتاژ بدترین فیدر شبکه در درصدهای حضور خودروها در هماهنگ سازی شارژ خودروها

شکل (۴-۱۵) ولتاژ بدترین فیدرهای شبکه را نمایش می‌دهد. با اعمال شروط شبکه که در اولویت اول و دوم صورت می‌گیرد، پروفیل ولتاژ در محدوده زمانی ۱۷ تا ۲۱ بهبود پیدا می‌کند، بصورتی که در شکل (۳-۱۸) بین ساعت ۱۷ تا ۲۱ در دو نمودار ۱۰۰٪ و ۷۹٪ پروفیل ولتاژ زیر ۰/۹۷ است، ولی در شکل (۵-۱۵) بین ساعت ۱۷ تا ۲۱ پروفیل ولتاژ تمام درصدهای حضور بالای ۰/۹۷ است. همچنین مشابه نمودارهای تلفات، از ساعت ۱۷:۳۰ تا ساعت ۱۹:۳۰ پروفیل ولتاژ گراف‌های ۱۰۰٪ و ۷۹٪ هم بر هم منطبق‌اند که بدلیل برابری توان مصرفی شبکه بعلت اعمال الگوریتم شارژ در این مدت زمان می‌باشد. در محدوده زمانی اولویت دوم، همانطور که توان مصرفی و مجموع تلفات شبکه افزایش پیدا کرده، پروفیل ولتاژ در نمودارهای آبی ۱۰۰٪ و سبز ۷۹٪ نیز افت کرده است. برای بررسی بیشتر میزان تاثیر الگوریتم پیشنهادی بر پارامترهای شبکه توزیع در قسمت ۴-۱-۴ مقایسه‌ای بین نتایج قبل و بعد از اعمال الگوریتم پیشنهادی صورت گرفته است.

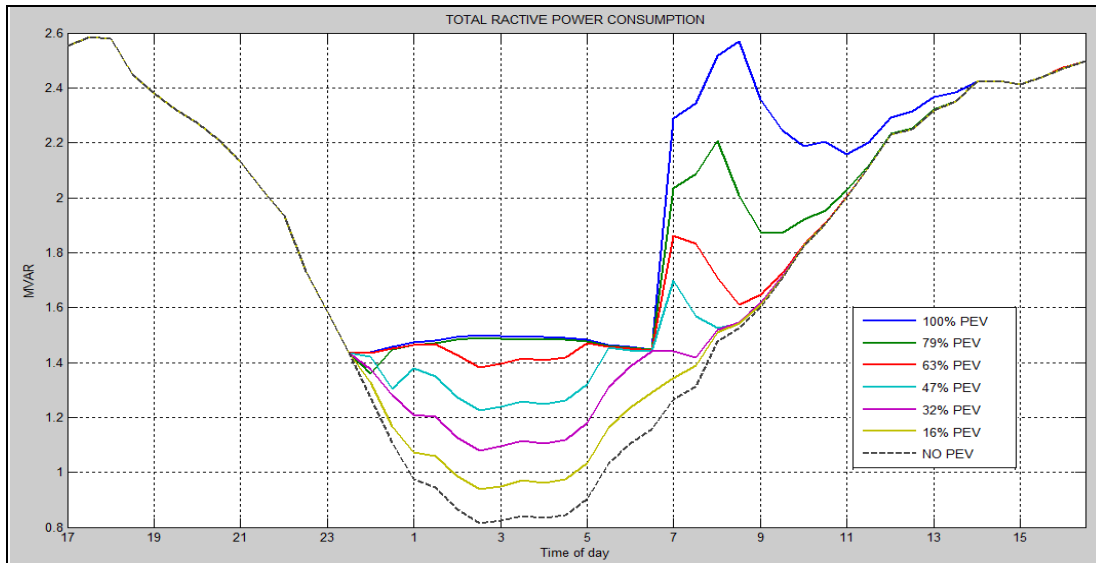
۴-۱-۳- شارژ خودروهای برقی در حالت سوم تحت الگوریتم پیشنهادی

در این قسمت الگوریتم هماهنگ‌سازی شارژ برای حالت سوم جدول (۳-۱) بکار رفته است. در این حالت، قیود شبکه برای هماهنگ سازی شارژ طبق ردیف سوم جدول (۴-۱) می‌باشد. در اولویت اول بین ساعت ۱۷ تا ۱۲ نیمه شب هیچ خودرویی وارد شبکه نمی‌شود، و تمام خودروها برقی از ساعت ۱۲ نیمه شب تا ۷ صبح وارد شبکه می‌شوند. این حالت چون در زمان کم باری شبکه است، برای شبکه بسیار ایده‌آل، که تمام خودروها در اولویت برای دریافت شارژ به شبکه متصل شوند، اما این حالت با واقعیت رفتار اجتماعی مشترکین سازگاری آنچنانی ندارد [۲۱]، چون بسیاری از مشترکین ترجیح می‌دهند، علیرغم هزینه بالا شارژ در زمان‌های پرباری، در همان ساعات بازگشت به منزل

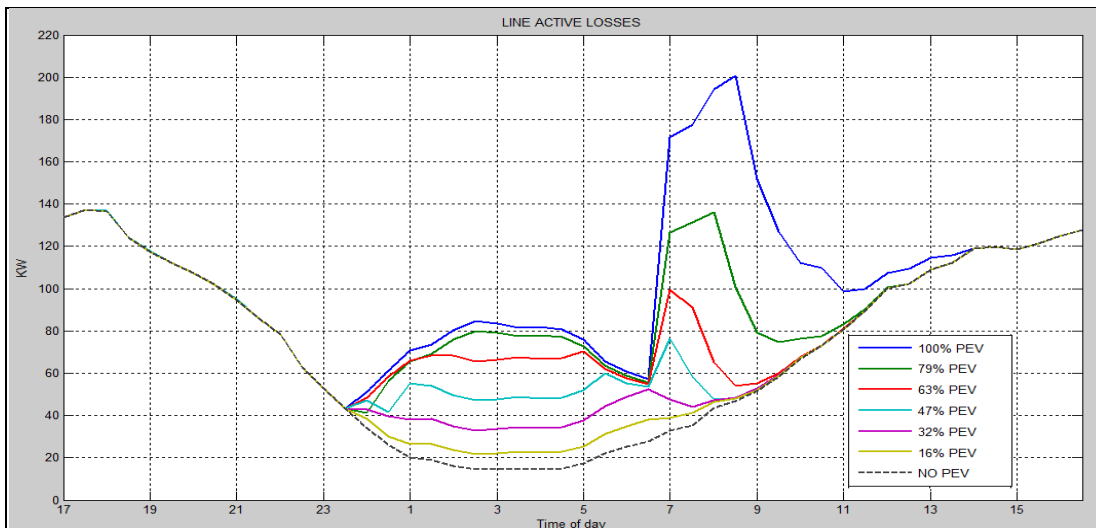
خودروی خود را برای ساعات آتی شارژ کنند [۲۱]. از طرفی این احتمال وجود دارد، که خودروهای خود را از ساعت ۱۲ نیمه شب یا همان اولویت دوم وارد شارژ شوند، نتوانند شارژ کافی را تا زمان خروج از شبکه دریافت کنند. چون فرض اولیه بر این پایه بوده، که اکثر خودروها از ۷ صبح به بعد از منزل به محل کار می‌روند. در شکل‌های (۴-۱۶) و (۴-۱۷) توان اکتیو و راکتیو مصرفی شبکه بعد از اجرای الگوریتم شارژ را نشان می‌دهد. در ساعات بین ۱۲ نیمه شب تا قبل از ۷ صبح توان اکتیو مصرفی تمام درصدهای حضور بسیار کاهش می‌یابد و زیر ۲/۹ مگاوات می‌باشد. در بعضی از بازه‌های زمانی نمودار-های ۱۰۰٪ تا ۴۷٪ بر هم منطبق‌اند. از ساعت ۷ صبح به بعد هم میزان توان مصرفی نسبت به شکل (۳-۱۹) افزایش می‌یابد، برای مثال در نمودار سبز رنگ ۷۹٪ در ساعت ۸ توان اکتیو مصرفی برابر ۴/۴ مگاوات دارد، در حالی در شکل (۳-۱۹) فصل ۳ این میزان زیر ۵/۳ مگاوات است، که به این بعلت است، که تمام خودروهای برقی در اولویت دوم وارد شبکه می‌شوند و چون میزان مصرف شبکه از حد توان شبکه، بیشتر می‌شود، لذا تعداد قابل توجهی از خودروها از شبکه خارج می‌شوند. از ساعت ۷ صبح به بعد که حد توان مصرفی شبکه به ۵/۲ مگاوات افزایش می‌یابد، خودروهایی که در اولویت دوم از شبکه خارج شده بودند، برای شارژ به شبکه بر می‌گردند. موارد مذکور درباره توان اکتیو مصرفی در مورد توان راکتیو هم صدق می‌کند. با وجود افزایش توان مصرفی در ساعت ۷ صبح به بعد در مقایسه با شکل (۳-۱۹)، اما چون خودروهای برقی از ۷ صبح معمولاً در شارژ نیستند، در حالت واقعی شبکه این افزایش توان مصرفی وجود ندارد. چون الگوریتم روی درصدهای حضور ۱۰۰٪ و ۷۹٪ تاثیر زیادی گذاشته و روی درصد حضور ۶۳٪ و کمتر که به تعداد واقعی خودروها در شبکه نزدیک‌ترند، تاثیر زیادی ندارد.



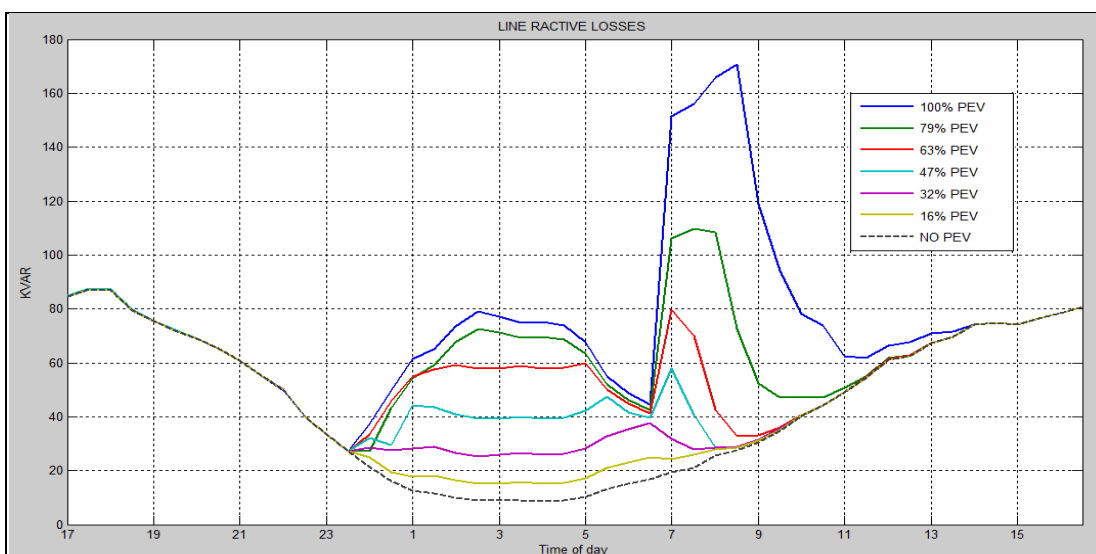
شکل (۴-۱۶): توان مصرفی اکتیو شبکه در درصدهای مختلف حضور خودروها در هماهنگ سازی شارژ خودروها



شکل (۴-۱۷): توان مصرفی راکتیو شبکه در درصدهای مختلف حضور خودروها در هماهنگ سازی شارژ خودروها

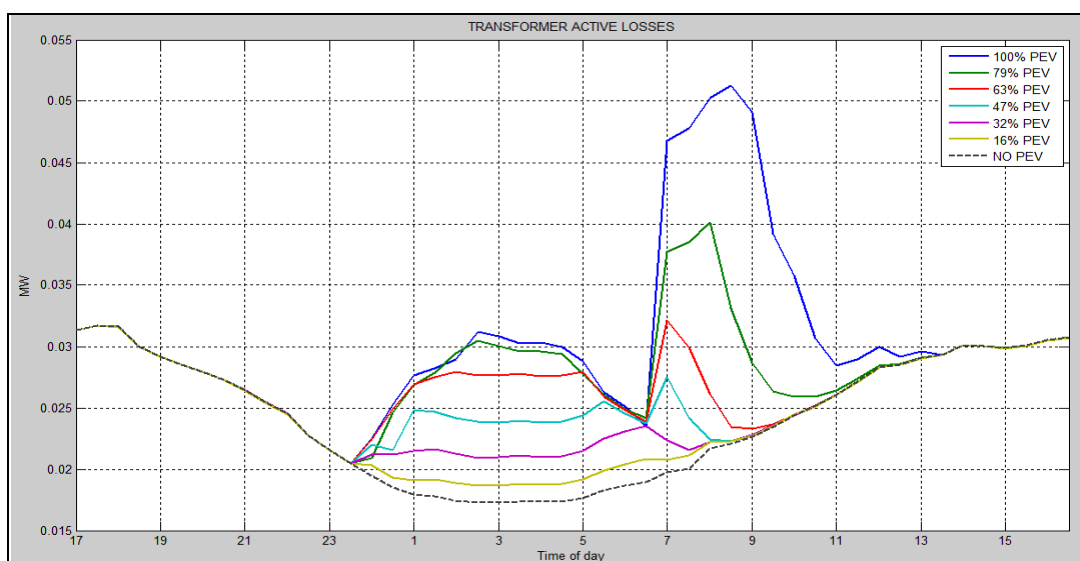


شکل (۴-۱۸): تلفات اکتیو خطوط شبکه در درصدهای مختلف حضور خودروها در هماهنگ سازی شارژ خودروها



شکل (۴-۱۹): تلفات راکتیو خطوط شبکه در درصدهای مختلف حضور خودروها در هماهنگ سازی شارژ خودروها

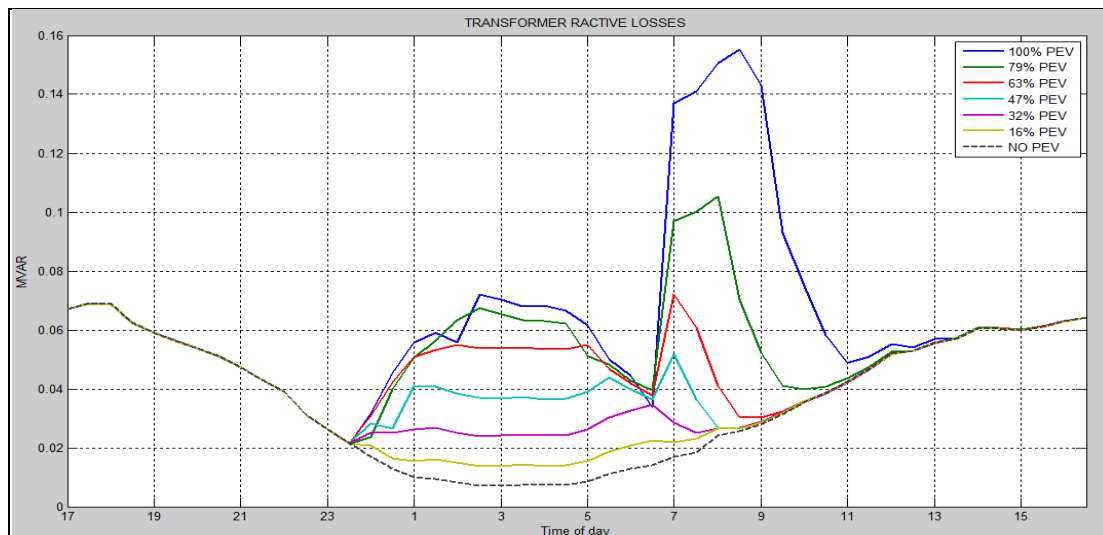
شکل‌های (۴-۱۸) و (۴-۱۹) تلفات اکتیو و راکتیو خطوط شبکه را نمایش می‌دهد. که مشابه توان‌های مصرفی شبکه، در ساعات ۱۲ نیمه شب تا ۷ صبح، که در بعضی زمان‌ها نمودارهای ۱۰۰٪ و ۷۹٪ و ۶۳٪ و ۴۷٪ بر هم منطبق‌اند و کاهش تلفات بسیار زیادی هم صورت گرفته است. به صورتی که در شکل (۳-۲۱) فصل ۳ ساعت ۶:۳۰ صبح تلفات نمودار ۱۰۰٪ حدود ۱۶۰ کیلووات و در نمودار ۷۹٪ حدود ۱۲۰ کیلووات است، ولی در شکل (۴-۱۸) تلفات نمودارهای ۱۰۰٪ و ۷۹٪ نزدیک ۶۰ کیلووات می‌رسد. از ۷ صبح به بعد که حد توان شبکه از ۲/۹ به ۵/۲ مگاوات افزایش می‌یابد، تلفات شبکه نیز افزایش خواهد یافت. در تلفات راکتیو خطوط تمام موارد مربوط به تلفات اکتیو شبکه صدق می‌کند. در شکل‌های تلفات خطوط شبکه در درصدهای حضور ۴۷٪ به بالا، بین ساعات ۱۲ نیمه شب تا ۷ صبح یک قوس رو به بالا وجود دارد، که به این علت که در ساعت‌های میانی اولویت دوم، ضرایب بارگذاری کمترین مقدار را دارند. ولی از طرفی تمام خودروها در اولویت دوم وارد شبکه می‌شوند و با وجود برابری توان مصرفی در بعضی از نمودارها مانند ۱۰۰٪ و ۷۹٪ بدلیل اعمال الگوریتم شارژ، ولی این میزان توان مصرفی برای تغذیه شارژ خودروها که در شبکه پراکنده هستند، پخش می‌شود و تلفات خطوط به این صورت شبیه یک قوس رو به بالا شده و در ساعات میانی تلفات افزایش می‌یابد.



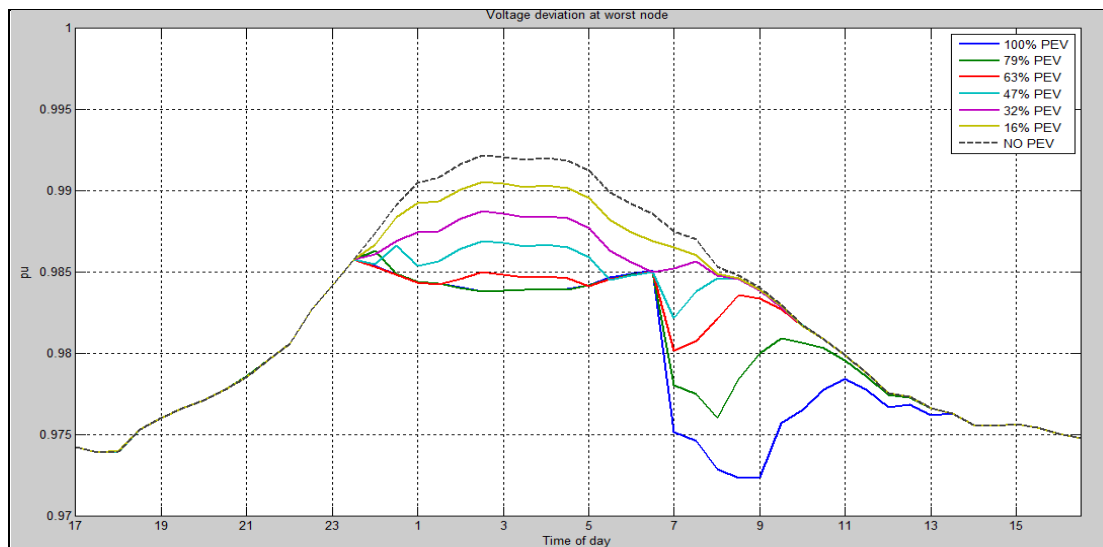
شکل (۴-۲۰): تلفات اکتیو ترانسفورماتورها در درصدهای مختلف حضور خودروها در هماهنگ سازی شارژ خودروها

شکل‌های (۴-۲۰) و (۴-۲۱) تلفات اکتیو و راکتیو ترانسفورماتورهای شبکه را نشان می‌دهد، در مقایسه با شکل‌های (۳-۲۳) و (۳-۲۴) فصل ۳ تلفات ترانسفورماتورها در بازه‌ی زمانی ۱۲ نیمه شب تا ۷ صبح تلفات بسیار کاهش می‌یابد. همچنین از ساعت ۷ صبح به بعد تلفات افزایش می‌یابد، که مانند تلفات خطوط در نتیجه افزایش تعداد خودروهایی است، که در زمان اولویت دوم بدلیل اعمال شروط الگوریتم مدیریت شارژ شبکه خارج شده‌اند و مجدداً برای شارژ به شبکه متصل می‌شوند. در

زمان‌های بعد از ساعت ۷ صبح در هر یک از درصدهای حضور بعد از رسیدن به نقطه پیک تلفات، با شیب زیادی تلفات کاهش می‌یابد، که بعلت این است، که بعد از رسیدن به نقطه پیک تلفات، زمان شارژ تعداد زیادی از خودروهای برقی در هر درصد حضور پایان یافته و از شبکه خارج می‌شوند. به همین دلیل با شیب زیادی تلفات کاهش می‌یابد. لازم بذکر است، که تمام موارد بیان شده در مورد تلفات خطوط در مورد تلفات ترانسفورماتورها نیز صادق است.



شکل (۴-۲۱): تلفات راکتیو ترانسفورماتورها در درصدهای مختلف حضور خودروها در هماهنگ سازی شارژ خودروها



شکل (۴-۲۲): پروفیل ولتاژ بدترین فیدر شبکه در درصدهای حضور خودروها در هماهنگ سازی شارژ خودروها

شکل (۴-۲۲) پروفیل ولتاژ بدترین فیدر شبکه در هر یک از درصدهای حضور می‌باشد. نمودارهای ۱۰۰٪ و ۴۷٪ و ۶۳٪ و ۱۶٪ پروفیل مربوط به فیدر شماره ۱۲ مسکونی و در درصدهای ۷۹٪ و ۳۲٪ پروفیل مربوط به فیدر ۱۱ مسکونی در شکل (۳-۱) فصل ۳ می‌باشد. از طرفی با اعمال شروط هماهنگ‌سازی شارژ شبکه پروفیل ولتاژ در محدوده زمانی ساعت ۱۲ نیمه شب تا ۷ صبح

مخصوصاً در نمودارهای ۱۰۰٪ و ۷۹٪ نسبت به شکل (۳-۲۵) فصل ۳ بهبود پیدا می‌کنند، اما بعد از ساعت ۷ صبح، مشابه نمودارهای تلفات شبکه، پروفیل شبکه بدلیل انبوه خودروها، افت می‌کند. همچنین از ساعت ۱۲ نیمه شب تا ساعت ۷ صبح پروفیل ولتاژ نمودارهای ۱۰۰٪ و ۷۹٪ و در بعضی زمان‌ها نمودارهای ۶۳٪ و ۴۷٪ مانند ساعات ۵:۳۰ تا ۷:۳۰ برهم منطبق‌اند. که این پدیده بدلیل برابری توان مصرفی شبکه در این درصدهای حضور در این بازه‌های زمانی هست. نکات مطرح درباره نمودارهای تلفاتی، در مورد پروفیل ولتاژ هم صادق است.

۴-۱-۴- مقایسه پارامترهای شبکه توزیع بعد و قبل از اعمال الگوریتم پیشنهادی

در این قسمت مقایسه‌ای برای درک بهتر اثر مدیریت خودروهای برقی الگوریتم پیشنهادی روی پارامترهای شبکه در ۳ حالت جدول (۳-۴) صورت می‌گیرد. به همین منظور مقادیر متوسط نمودارهای قسمت قبل و فصل قبل در بازه‌ی زمانی ورود خودروها برای شارژ (G2V) در حالت در تمام درصدهای حضور محاسبه گشته است و در جداول (۴-۲) تا (۴-۸) نشان داده شده است.

جدول (۴-۲) توان اکتیو مصرفی در ۳ تا حالت در تمام درصدهای حضور را نشان می‌دهد. در دو ستون مربوط به حالت اول در درصدهای حضور مختلف مقدار توان مصرفی اکتیو را در بازه زمانی (۱۷ تا ۲۴) که خودروهای برقی وارد می‌شوند، قبل و بعد از هماهنگ‌سازی شارژ توسط الگوریتم نمایش داده است. در دو ستون حالت دوم هم وضعیت به همین شکل است، فقط با این تفاوت که مقادیر متوسط در حالت دوم مربوط به بازه زمانی (۱۷ تا ۷) می‌باشد. در دو ستون آخر حالت سوم وضعیت همینطور است، فقط بازه زمانی بین (۲۴ تا ۷) می‌باشد.

جدول (۴-۲): میزان متوسط توان اکتیو مصرفی در ۳ حالت در طول زمان ورود خودروهای برقی (مگاوات)

حالت اول حضور خودروها		حالت دوم حضور خودروها		حالت سوم حضور خودروها		G2V
بدون الگوریتم شارژ	با الگوریتم شارژ	بدون الگوریتم شارژ	با الگوریتم شارژ	بدون الگوریتم شارژ	با الگوریتم شارژ	
6.119259	5.51167	3.97715	3.934615	3.576336	2.883306	100%
5.514578	5.375295	3.825476	3.758201	3.132514	2.877824	79%
5.364794	5.240523	3.675679	3.663851	2.968207	2.839788	63%
5.111243	5.070267	3.554887	3.548262	2.689058	2.660118	47%
4.836288	4.836304	3.421504	3.421507	2.453929	2.453994	32%

در دو ستون مربوط به حالت اول جدول (۴-۲) در درصدهای حضور مختلف کاهش توان اکتیو مصرفی دیده می‌شود. که هر چه درصد حضور بیشتر می‌شود، مطمئناً بدلیل تعداد خودروی بیشتر کاهش توان

مصرفی هم بیشتر می‌شود و بلعکس. برای مثال در درصد حضور ۳۲٪ به پایین بدلیل تعداد کم خودروها و شرط حد اکتیو توان مصرفی، کاهش تلفات وجود ندارد. در درصد حضور ۱۰۰٪ کاهش تلفات ۱۰٪ وجود دارد، ولی در ۴۷٪ این مقدار به حدود ۲٪ می‌رسد. در حالت دوم هم کاهش تلفات و توان‌های مصرفی نسبت به حالت اول کمتر می‌باشد. چون حد توان اکتیو مصرفی در دو حالت متفاوت هست و خودروها در حالت دوم نسبت به حالت اول در یک بازه زمانی وسیعی وارد می‌شوند و چند بازه زمانی انباشته نمی‌شوند. در حالت سوم هم شرایط به همین شکل است و درصد کاهش تلفات از حالت دوم و اول بیشتر است، که این پدیده بدلیل اینکه خودروهای برقی در زمان کم باری شبکه وارد می‌شوند، پس میزان توان مصرفی کم است. لذا میزان تلفات نیز در مقایسه با حالت اول کمتر است. از طرفی در مقایسه با حالت دوم در بازه‌های زمانی کمتری خودروها وارد می‌شوند، پس خودروهای برقی در چند بازه زمانی انباشته می‌شوند. برای مثال در درصد حضور ۱۰۰٪ میزان کاهش توان مصرفی در حالت سوم ۱۹/۴٪ است، ولی در حالت دوم ۱/۲٪ می‌باشد، در درصد حضور ۷۹٪ هم میزان کاهش توان مصرفی در حالت اول و دوم و سوم به ترتیب ۲/۵۲٪ و ۱/۷۵٪ و ۸/۸۱۳٪ می‌باشد.

جدول (۳-۴): میزان متوسط توان راکتیو مصرفی در ۳ حالت در طول زمان ورود خودروهای برقی (مگاوار)

حالت اول حضور خودروها		حالت دوم حضور خودروها		حالت سوم حضور خودروها		G2V
بدون الگوریتم شارژ	با الگوریتم شارژ	بدون الگوریتم شارژ	با الگوریتم شارژ	بدون الگوریتم شارژ	با الگوریتم شارژ	
3.266785	2.893014	2.025648	2.000423	1.875115	1.476017	100%
2.861787	2.776283	1.936971	1.916917	1.605503	1.463677	79%
2.766615	2.691086	1.846702	1.840585	1.506944	1.435118	63%
2.606678	2.581526	1.779619	1.77535	1.346605	1.330184	47%
2.441169	2.441279	1.704131	1.704103	1.215955	1.215826	32%

در جدول (۳-۴) که مربوط به توان راکتیو مصرفی است، تمام شرایط مطابق جدول (۲-۴) توان اکتیو مصرفی است. در درصد حضورهای ۳۲٪ به پایین کاهش توان راکتیو مصرفی وجود ندارد. همچنین در درصد حضور ۱۰۰٪ میزان کاهش توان مصرفی در ۳ حالت به ترتیب ۱۱/۴۴٪ و ۱/۲۴٪ و ۲۱/۲۸٪ است، در درصد حضور ۷۹٪ در ۳ تا حالت ۳/۱٪ و ۱/۰۳۵٪ و ۸/۸۳۳٪ کاهش توان مصرفی راکتیو رخ می‌دهد، که نشان می‌دهد، با کاهش تعداد خودروهای برقی مانند حالت قبل درصد کاهش تلفات نیز کاهش می‌یابد. در جدول (۴-۴) که تلفات اکتیو خطوط را در ۳ حالت نمایش می‌دهد، تمام شرایط و تغییرات مشابه توان اکتیو مصرفی می‌باشد. در درصد حضورهای ۳۲٪ به پایین کاهش تلفات اکتیو خطوط وجود ندارد. اما در درصد حضور ۱۰۰٪ کاهش تلفات اکتیو در ۳ تا حالت به ترتیب ۲۵/۷۵٪ و ۵/۲۶٪ و ۴۳/۴۲٪ است. به همین شکل در درصد حضور ۷۹٪ میزان کاهش تلفات در ۳ حالت به

فصل چهارم: مدیریت شارژ و تخلیه شارژ باتری خودروهای برقی با استفاده الگوریتم پیشنهادی

ترتیب ۷/۴۹٪ و ۴/۹۸٪ و ۲۱/۱۴٪ می‌باشد. در درصد حضور ۶۳٪ و ۴۷٪ کاهش تلفات با درصد کمتر رخ می‌دهد، که ناشی کاهش تعداد خودروها و توان مصرفی شبکه می‌باشد.

جدول (۴-۴): میزان متوسط تلفات اکتیو خطوط در ۳ حالت در طول زمان ورود خودروهای برقی (کیلووات)

حالت اول حضور خودروها		حالت دوم حضور خودروها		حالت سوم حضور خودروها		G2V
بدون الگوریتم شارژ	با الگوریتم شارژ	بدون الگوریتم شارژ	با الگوریتم شارژ	بدون الگوریتم شارژ	با الگوریتم شارژ	
297.7487	221.0776	117.9203	112.1119	127.2417	71.98225	100%
212.1938	196.2914	106.4864	101.1793	86.12939	67.92139	79%
194.4497	180.645	91.49418	90.74167	71.70236	63.36155	63%
165.2326	160.836	84.70021	83.61824	52.38954	50.56982	47%
138.1084	138.1325	75.29181	75.2795	39.06552	39.01064	32%

جدول (۴-۵) تلفات راکتیو خطوط را در ۳ حالت نمایش می‌دهد تمام شرایط مشابه تلفات اکتیو خطوط می‌باشد. در درصد حضورهای ۳۲٪ به پایین کاهش تلفات راکتیو خطوط وجود ندارد. ولی در درصد حضور ۱۰۰٪ در ۳ تا حالت به ترتیب ۲۸/۵۰۸٪ و ۵/۵۷٪ و ۴۸/۴۹٪ کاهش تلفات وجود دارد. به همین شکل در درصد حضور ۷۹٪ میزان کاهش تلفات در ۳ حالت به ترتیب ۸/۵۲٪ و ۵/۰۷٪ و ۲۳/۱۳۴٪ می‌باشد. در درصد حضور ۶۳٪ و ۴۷٪ کاهش تلفات با درصد کمتر رخ می‌دهد، که ناشی کاهش تعداد خودروها و توان مصرفی شبکه می‌باشد. تلفات راکتیو خطوط در مقایسه با تلفات اکتیو خطوط درصد کاهش بیشتری در درصدهای مختلف حضور دارند.

جدول (۴-۵): میزان متوسط تلفات راکتیو خطوط در ۳ حالت در طول زمان ورود خودروهای برقی (کیلووات)

حالت اول حضور خودروها		حالت دوم حضور خودروها		حالت سوم حضور خودروها		G2V
بدون الگوریتم شارژ	با الگوریتم شارژ	بدون الگوریتم شارژ	با الگوریتم شارژ	بدون الگوریتم شارژ	با الگوریتم شارژ	
246.1315	175.9622	89.04813	84.07971	116.6643	63.08888	100%
164.5913	150.5562	78.36129	73.83608	75.08411	57.71352	79%
147.6079	135.581	64.85057	64.24431	60.42553	52.73542	63%
120.3584	116.6301	58.75816	57.85924	41.52651	39.86616	47%
96.15845	96.18839	50.65265	50.64178	28.91274	28.83704	32%

جدول (۴-۶) تلفات اکتیو ترانسفورماتورها را در ۳ حالت نمایش می‌دهد. تمام شرایط مشابه تلفات راکتیو خطوط می‌باشد. در درصد حضورهای ۳۲٪ به پایین کاهش تلفات اکتیو ترانسفورماتورها وجود ندارد. در درصد حضور ۱۰۰٪ کاهش تلفات اکتیو در ۳ تا حالت به ترتیب ۲۴/۵۴٪ و ۳/۲٪ و ۲۹/۶۹٪ است. به همین شکل در درصد حضور ۷۹٪ میزان کاهش تلفات در ۳ حالت به ترتیب ۶/۴۲٪ و

۴/۳۲ و ۱۲/۳۴ می‌باشد. در درصد حضور ۶۳٪ و ۴۷٪ کاهش تلفات با درصد کمتر رخ می‌دهد. در مقایسه تلفات اکتیو ترانسفورماتورها با تلفات خطوط، درصد کاهش کمتری دارند.

جدول (۴-۶): میزان متوسط تلفات اکتیو ترانسفورماتورها در ۳ حالت در طول زمان ورود خودروهای برقی (مگاوات)

حالت سوم حضور خودروها		حالت دوم حضور خودروها		حالت اول حضور خودروها		G2V
با الگوریتم شارژ	بدون الگوریتم شارژ	با الگوریتم شارژ	بدون الگوریتم شارژ	با الگوریتم شارژ	بدون الگوریتم شارژ	
0.027776	0.039507	0.033184	0.034284	0.050962	0.067541	100%
0.027264	0.031102	0.03047	0.031847	0.04683	0.050045	79%
0.02647	0.028094	0.028736	0.028871	0.043414	0.046322	63%
0.023903	0.024254	0.027226	0.027417	0.039438	0.040303	47%
0.021601	0.021563	0.025546	0.025544	0.034811	0.034794	32%

جدول (۴-۷) تلفات راکتیو ترانسفورماتورها را در ۳ حالت نمایش می‌دهد. تمام شرایط و تغییرات مشابه تلفات خطوط و توان‌های مصرفی می‌باشد. در درصد حضورهای ۳۲٪ به پایین کاهش تلفات راکتیو ترانسفورماتورها وجود ندارد. ولی در درصد حضور ۱۰۰٪ کاهش تلفات راکتیو در ۳ تا حالت به ترتیب ۳۰/۴۹٪ و ۵/۷۷٪ و ۴۷/۲۷٪ است. به همین شکل در درصد حضور ۷۹٪ میزان کاهش تلفات در ۳ حالت به ترتیب ۸/۹۲٪ و ۴/۳۲٪ و ۲۳/۳۹٪ می‌باشد. در درصد حضور ۶۳٪ و ۴۷٪ کاهش تلفات با درصد کمتر رخ می‌دهد، که ناشی کاهش تعداد خودروها و توان مصرفی می‌باشد.

جدول (۴-۷): میزان متوسط تلفات راکتیو ترانسفورماتورها در ۳ حالت در طول زمان ورود خودروهای برقی (مگاوات)

حالت سوم حضور خودروها		حالت دوم حضور خودروها		حالت اول حضور خودروها		G2V
با الگوریتم شارژ	بدون الگوریتم شارژ	با الگوریتم شارژ	بدون الگوریتم شارژ	با الگوریتم شارژ	بدون الگوریتم شارژ	
0.055863	0.105954	0.077282	0.082021	0.158737	0.228391	100%
0.052642	0.068722	0.065367	0.07122	0.138053	0.151586	79%
0.048724	0.055581	0.057475	0.058112	0.122897	0.135037	63%
0.036986	0.03842	0.050842	0.051655	0.104791	0.108215	47%
0.026647	0.026521	0.043342	0.043319	0.084025	0.084027	32%

در مقایسه درصد کاهش تلفات راکتیو با تلفات اکتیو ترانسفورماتورها بیشتر می‌باشد و نزدیک درصد-های کاهش تلفات راکتیو خطوط است. بطور کلی همانطور که قبلا اشاره شد، شرایط و تغییرات تلفات شبکه اعم از خطوط و ترانسفورماتورها با اختلافات جزئی مشابه شرایط و تغییرات توان‌های مصرفی می‌باشند. برای مثال در تمام جداول توان‌های مصرفی و تلفات حالت سوم از دو حالت اول و دوم کمتر است، ولی درصد کاهش پارامترهای حالت سوم در درصدهای مختلف حضور همیشه بیشتر

از دو حالت دیگر است. به همین شکل درصد کاهش پارامترها شبکه در حالت اول هم از حالت دوم بیشتر است. همچنین میزان درصدهای کاهش انواع تلفات همیشه بیشتر از توان‌های مصرفی در تمام حالت‌ها می‌باشد. در جدول (۴-۸) که پروفیل ولتاژ را نشان می‌دهد. مانند جداول قبلی در درصد حضورهای ۳۲٪ به پایین افزایش پروفیل ولتاژ وجود ندارد. ولی در ۱۰۰٪ افزایش پروفیل ولتاژ به ترتیب ۰/۴۱٪ و ۰/۸۹٪ است.

جدول (۴-۸): پروفیل ولتاژ بدترین فیدر شبکه در ۳ حالت در طول زمان ورود خودروهای برقی (پریونیت)

حالت سوم حضور خودروها		حالت دوم حضور خودروها		حالت اول حضور خودروها		G2V
بدون الگوریتم شارژ	با الگوریتم شارژ	بدون الگوریتم شارژ	با الگوریتم شارژ	بدون الگوریتم شارژ	با الگوریتم شارژ	
0.984345	0.979455	0.979051	0.978747	0.969997	0.965626	100%
0.984392	0.982606	0.980284	0.979809	0.970989	0.969996	79%
0.984666	0.983759	0.98095	0.980869	0.971957	0.971073	63%
0.985918	0.985716	0.981756	0.981708	0.973167	0.97288	47%
0.987346	0.987349	0.982635	0.982636	0.974816	0.974816	32%

۴-۲- مدیریت خودروهای برقی برای دریافت و انتقال شارژ توسط الگوریتم

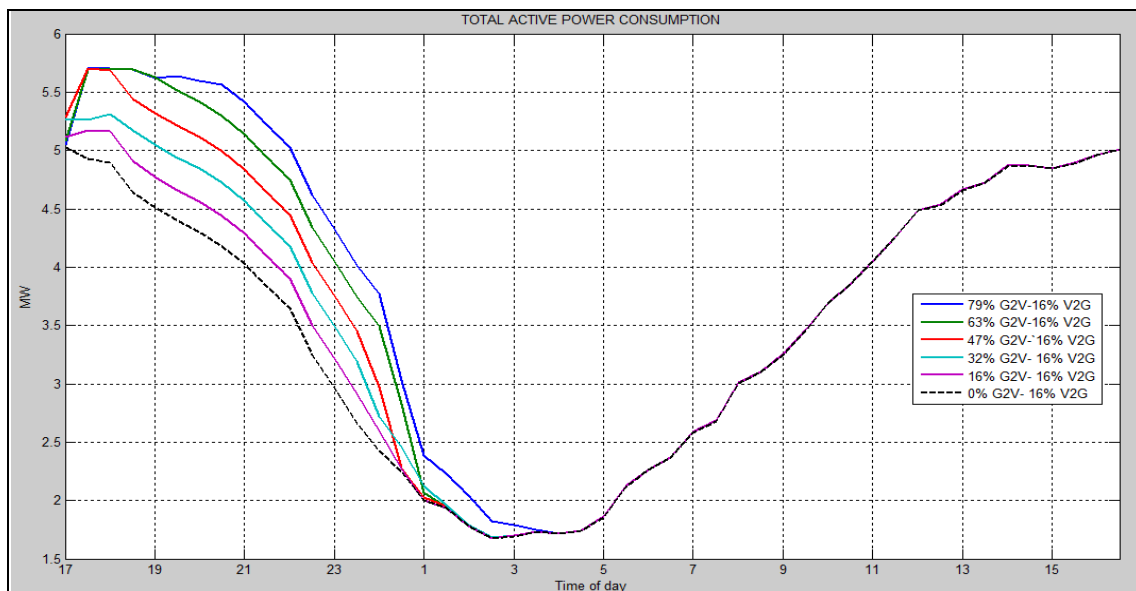
در ۳ حالت جدول (۳-۴) فصل ۳ تاکنون خودروها فقط برای دریافت شارژ به شبکه (G2V) متصل می‌شدند. اما در این قسمت تعدادی از خودروهای برقی برای انتقال شارژ از باتری‌هایشان به شبکه (V2G) در قالب همان حالت‌های جدول (۳-۴) حضور دارند. بدین صورت که علاوه بر خودروهایی که برای دریافت شارژ حضور دارند، تعدادی از خودروها هم برای انتقال شارژ به شبکه متصل می‌شوند، که درصدهای حضور آنها در جدول (۴-۹) نشان داده شده است. همانطور که قبلاً ذکر شد، انتقال توان از باتری خودرو به شبکه مشابه شارژ باتری خودرو از شبکه هست. در جدول (۴-۹) برای هر ۳ حالت تمام سناریوها اجرا می‌شود، در بالای هر ستون از جدول (۴-۹) درصد حضور خودروها برای انتقال شارژ به شبکه (V2G) مشخص است. در سناریوهای هر ستون درصد حضور خودروها بصورت (G2V) از ۱۶٪ تا ۷۹٪ و در بعضی موارد تا ۱۰۰٪ تغییر می‌کند. درصد حضور بصورت (V2G) در هر ستون ثابت و برابر مقدار بالا ستون می‌باشد. در نهایت هر ستون یک شکل را تشکیل می‌دهد، که متشکل از نمودارهای هر سناریو می‌باشد. در بعضی از سناریوهای ستون‌های جدول (۴-۹) (مقدار درصد حضور (V2G)) از ۰/۴۷ و ۰/۶۳ به ۰/۳۷ و ۰/۵۳ تغییر کرده، که این بدلیل درصد حضور (G2V) ها و تعداد کل خودروهای شبکه می‌باشد.

جدول (۹-۴): درصدهای حضور خودروهای برقی بصورت همزمان (G2V),(V2G) در ۳ حالت جدول (۳-۴)

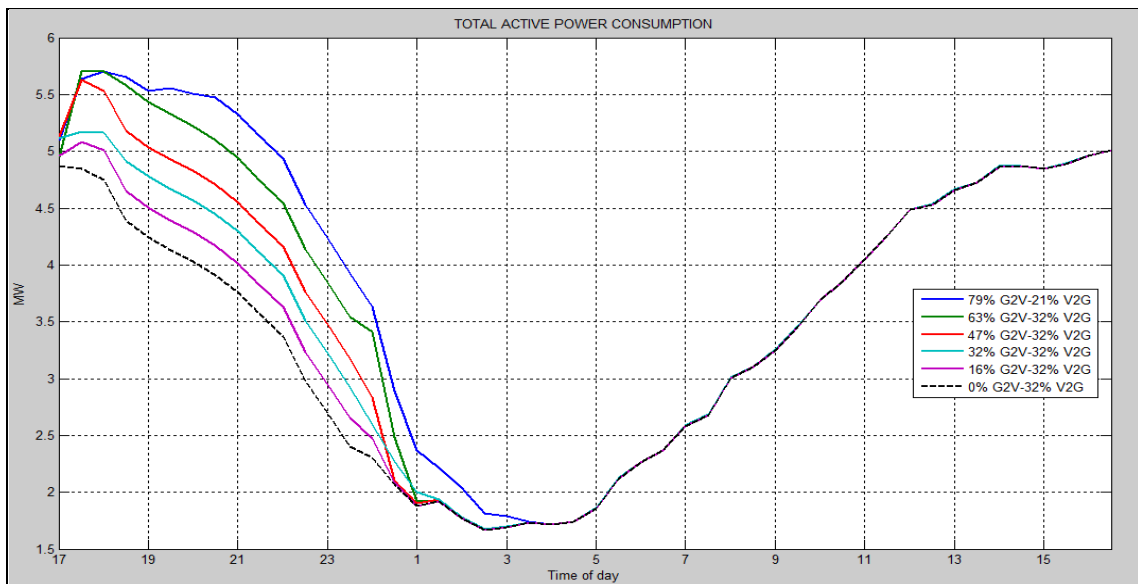
V2G=0.16	V2G=0.32	V2G=0.47	V2G=0.63	V2G=0.79	V2G=1	درصدهای حضور خودروها در هر ۳ حالت
G2V=0.79 V2G=0.16	G2V=0.79 V2G=0.21	-	-	-	-	
G2V=0.63 V2G=0.16	G2V=0.63 V2G=0.32	G2V=0.63 V2G=0.37	-	-	-	
G2V=0.47 V2G=0.16	G2V=0.47 V2G=0.32	G2V=0.47 V2G=0.47	G2V=0.47 V2G=0.53	-	-	
G2V=0.32 V2G=0.16	G2V=0.32 V2G=0.32	G2V=0.32 V2G=0.47	G2V=0.32 V2G=0.63	G2V=0.32 V2G=0.68	-	
G2V=0.16 V2G=0.16	G2V=0.16 V2G=0.32	G2V=0.16 V2G=0.47	G2V=0.16 V2G=0.63	G2V=0.16 V2G=0.79	-	
G2V=0 V2G=0.16	G2V=0 V2G=0.32	G2V=0 V2G=0.47	G2V=0 V2G=0.63	G2V=0 V2G=0.79	G2V=0 V2G=1	

۴-۲-۱- مدیریت شبکه توسط الگوریتم در حالت اول

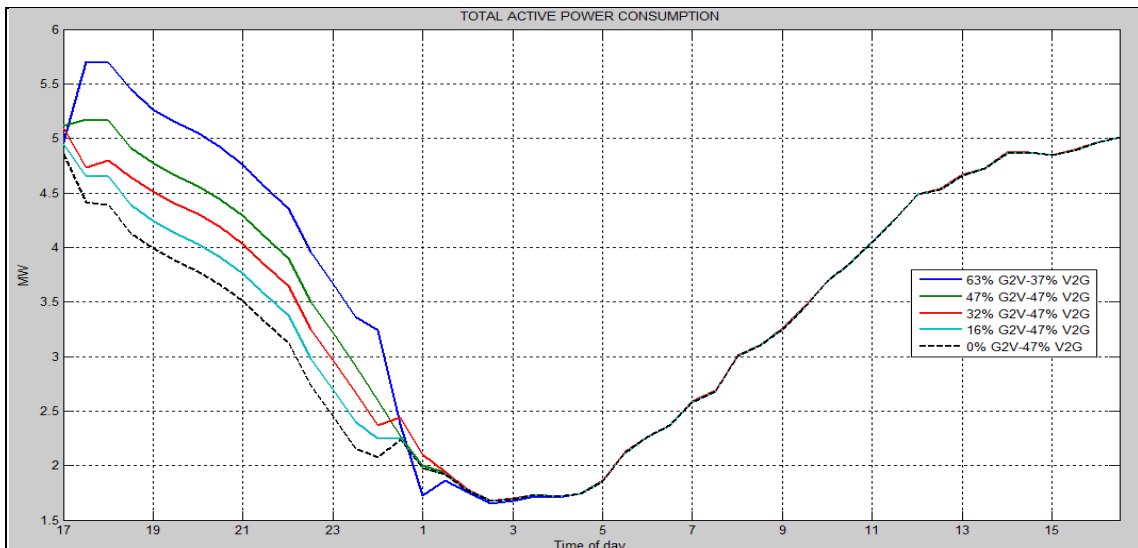
در حالت اول تمام خودروهای برقی در اولویت اول وارد شبکه می‌شوند. شرایط هماهنگ‌سازی شارژ خودروها در شبکه در حالت اول در ردیف اول جدول (۴-۱) می‌باشد. هر یک از پارامترها مانند توان مصرفی و انواع تلفات شبکه و پروفیل ولتاژ، در مجموعه شکل‌هایی نمایش داده شده، که ستون‌های جدول (۹-۴) آن را تشکیل می‌دهند. در شکل (۴-۲۳) توان اکتیو مصرفی شبکه طبق سناریوهای جدول (۹-۴) نمایش داده شده است.



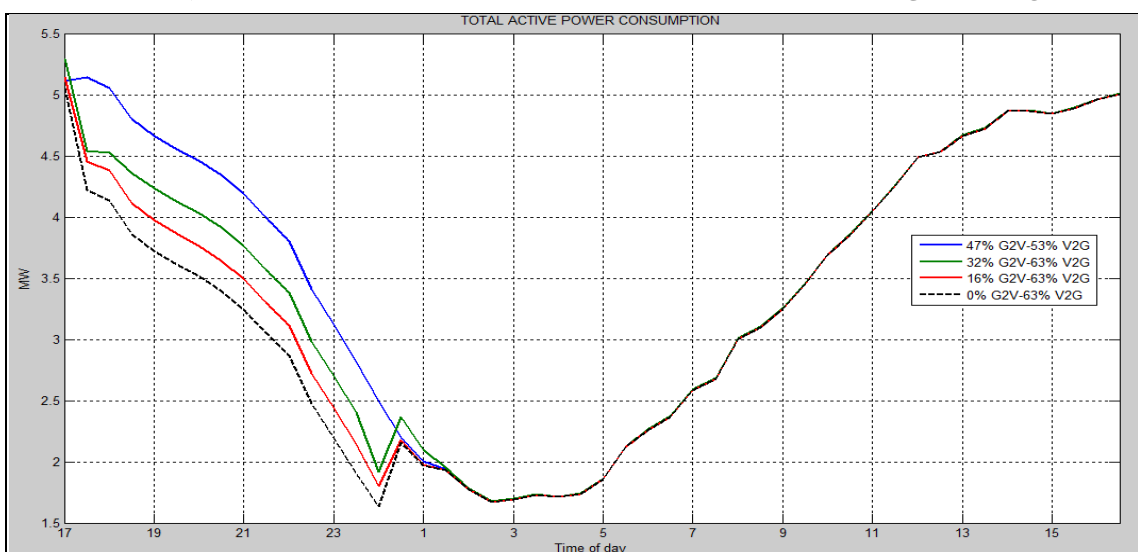
شکل الف: توان مصرفی اکتیو شبکه در درصدهای مختلف حضور (درصد حضور (V2G=0.16) ستون اول جدول (۹-۴))



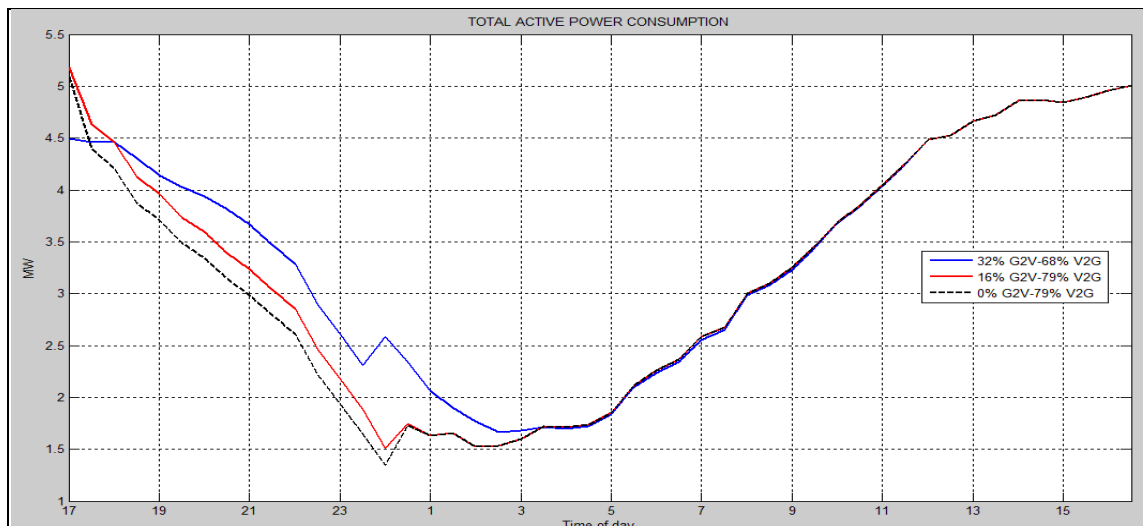
شکل ب: توان مصرفی اکتیو شبکه در درصدهای مختلف حضور (درصد حضور $V2G=0.32$) ستون دوم جدول (۹-۴)



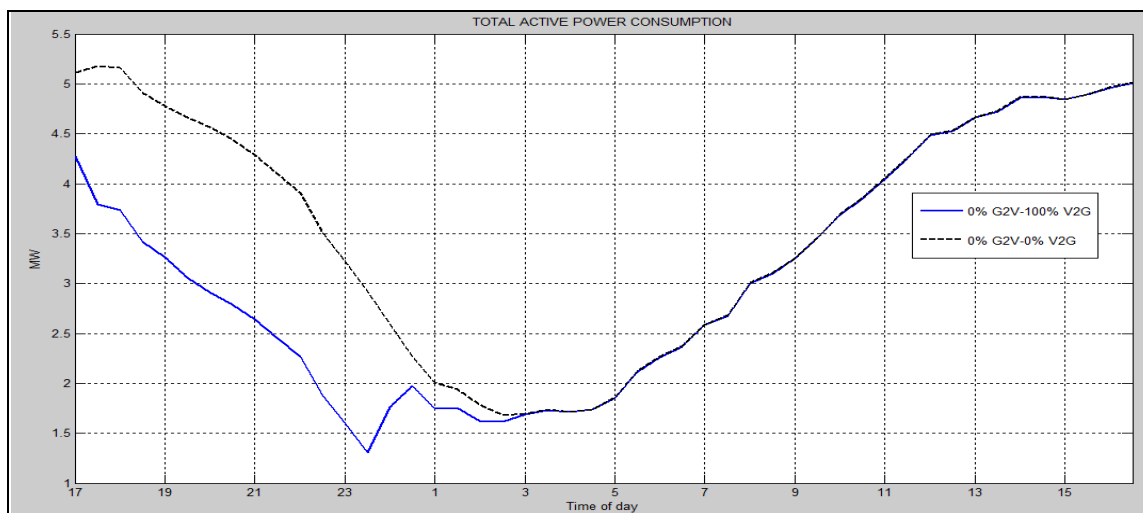
شکل ج: توان مصرفی اکتیو شبکه در درصدهای مختلف حضور (درصد حضور $V2G=0.47$) ستون سوم جدول (۹-۴)



شکل د: توان مصرفی اکتیو شبکه در درصدهای مختلف حضور (درصد حضور $V2G=0.63$) ستون چهارم جدول (۹-۴)



شکل ه: توان مصرفی اکتیو شبکه در درصدهای مختلف حضور (درصد حضور $V2G=0.79$) ستون پنجم جدول (۴-۹)



شکل ز: توان مصرفی اکتیو شبکه در درصدهای مختلف حضور (درصد حضور $V2G=0.100$) ستون ششم جدول (۴-۹)

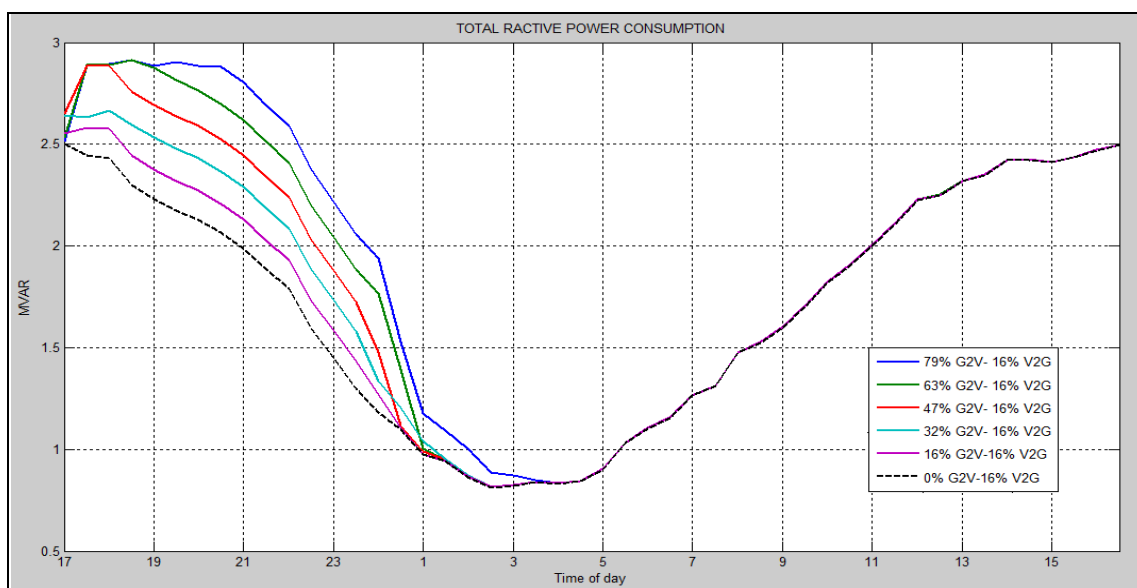
شکل (۴-۲۳): توان مصرفی اکتیو شبکه در درصدهای مختلف حضور خودروها در جدول (۴-۹) بصورت دو طرفه در حالت

اول هماهنگ سازی شارژ خودروها

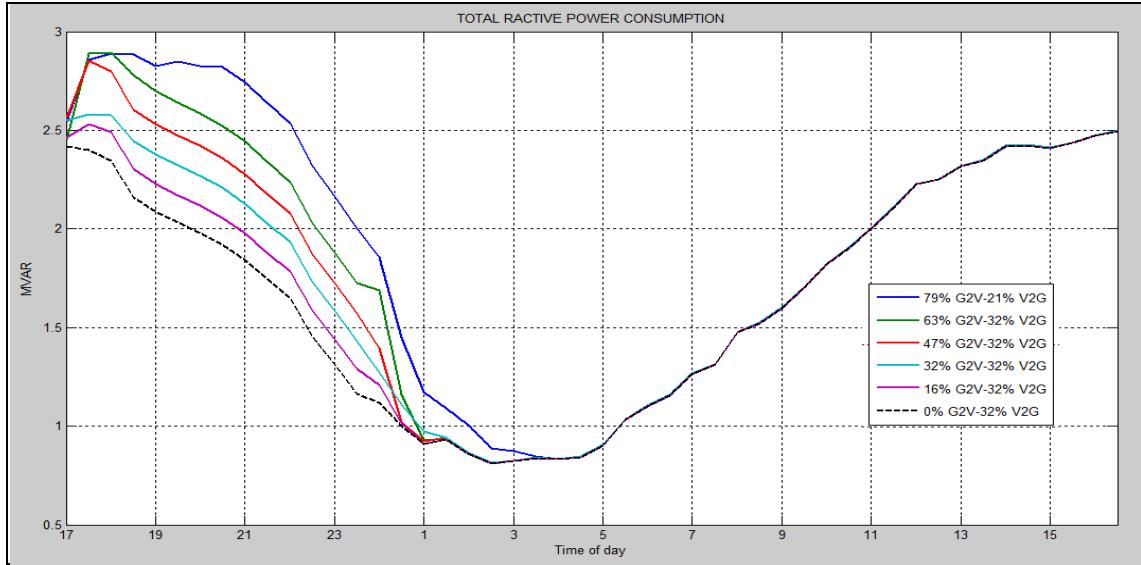
جدول (۴-۱۰): متوسط توان اکتیو مصرفی شبکه در حالت اول جدول (۴-۳)

میزان متوسط توان اکتیو مصرفی (MW)						
0	0.16	0.32	0.47	0.63	0.79	G2V V2G
3.469894	3.548522	3.62955	3.707461	3.79453	3.872823	0.16
3.390988	3.465867	3.549859	3.625234	3.73532	3.844613	0.32-0.21
3.317699	3.391495	3.472982	3.548389	3.68001	-	0.47-0.37
3.241613	3.314425	3.394992	3.51631	-	-	0.63-0.53
3.166111	3.238363	3.35656	-	-	-	0.79-0.68
3.063519	-	-	-	-	-	1

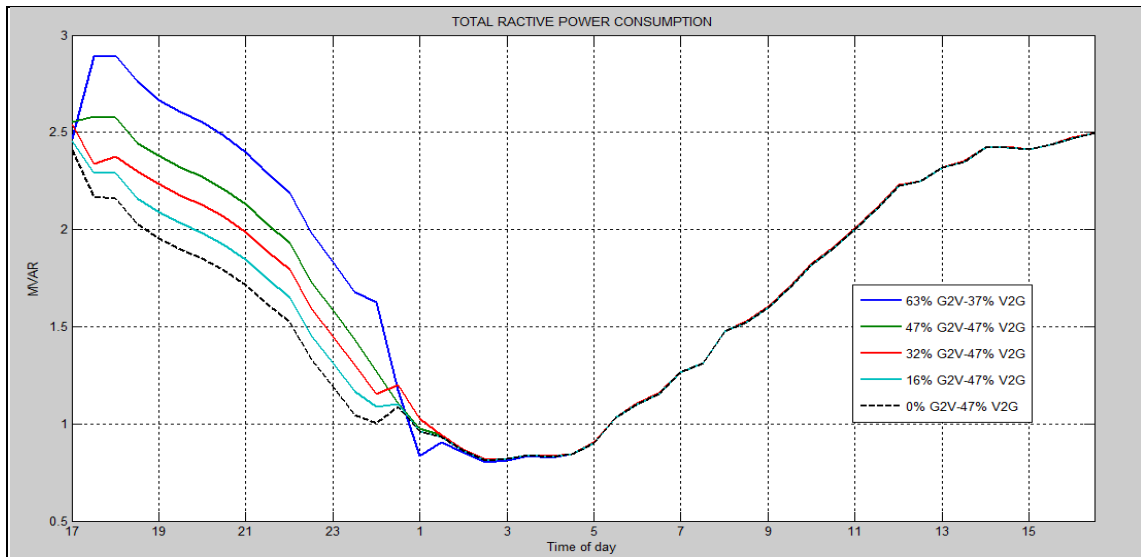
در قسمت‌های شکل (۴-۲۳) توان اکتیو مصرفی شبکه سناریوهای جدول (۴-۹) را نمایش می‌دهند. با مقایسه شکل‌های الف تا ز در هر شکل با افزودن شدن تعداد بیشتری از خودروهای برقی (انتقال شارژ به شبکه) (V2G) بصورت گام به گام، میزان مصرف شبکه در تمامی نمودارها در مقایسه با شکل (۴-۲) کاهش می‌یابد. در قسمت ج تا ز شکل (۴-۲۳) بین ساعات ۲۳ تا ۱ نیمه شب جهش توانی وجود دارد، که این بدلیل خارج شدن تعدادی از خودروهای برقی (V2G) در این بازه‌های زمانی می‌باشد و باعث افزایش میزان مصرف توان اکتیو می‌شود. مقایسه دو نمودار قسمت ز، اثر مثبت خودروها برقی (V2G) در مقایسه با حالتی که خودروهای برقی در شبکه حضور ندارد، را نشان می‌دهد. بطوری که مقدار متوسط توان اکتیو در ردیف آخر جدول (۴-۱۰) که مربوط به نمودار آبی رنگ است، برابر $3/063519$ مگاوات می‌باشد، ولی در نمودار سیاه رنگ این مقدار متوسط برابر $3/553591$ مگاوات است، که یک کاهش حدود 14% را نشان می‌دهد. همچنین در ردیف اول تا ششم جدول (۴-۱۰) مقادیر متوسط (مقدار متوسط توان اکتیو مصرفی در طول ۲۴ ساعت) نمودارهای قسمت الف تا ز شکل (۴-۲۳) نشان می‌دهند. با کاهش تعداد خودروهای برقی (G2V) مقدار توان اکتیو مصرفی متوسط در هر گام بطور میانگین حدود ۲ درصد کاهش می‌یابد. در بقیه ردیف‌ها هم میزان کاهش در هر گام به همین صورت است. همچنین در هر ستون جدول از بالا به پایین که تعداد خودروها برقی (V2G) بصورت گام به گام افزایش می‌یابد، چون توان مصرفی خودروهای دیگر و بارهای مسکونی و عمومی در هر فیدر تامین می‌شود، لذا میزان توان اکتیو ورودی شبکه از ترانسفورماتورهای تغذیه کننده فیدر شعاعی شبکه در هر گام بطور میانگین حدود 3% کاهش می‌یابد. قسمت‌های الف تا ز شکل (۴-۲۴) میزان توان اکتیو مصرفی شبکه طبق سناریوهای در جدول (۴-۹) را نمایش می‌دهد.



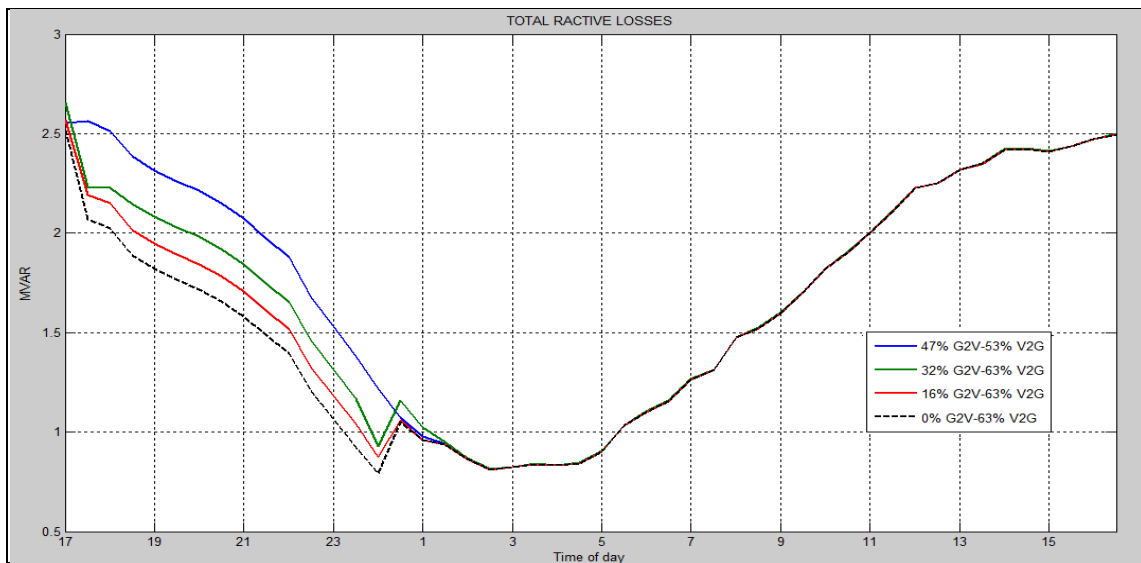
شکل الف: توان مصرفی راکتیو شبکه در درصدهای مختلف حضور (درصد حضور $V2G=16\%$) ستون اول جدول (۴-۹)



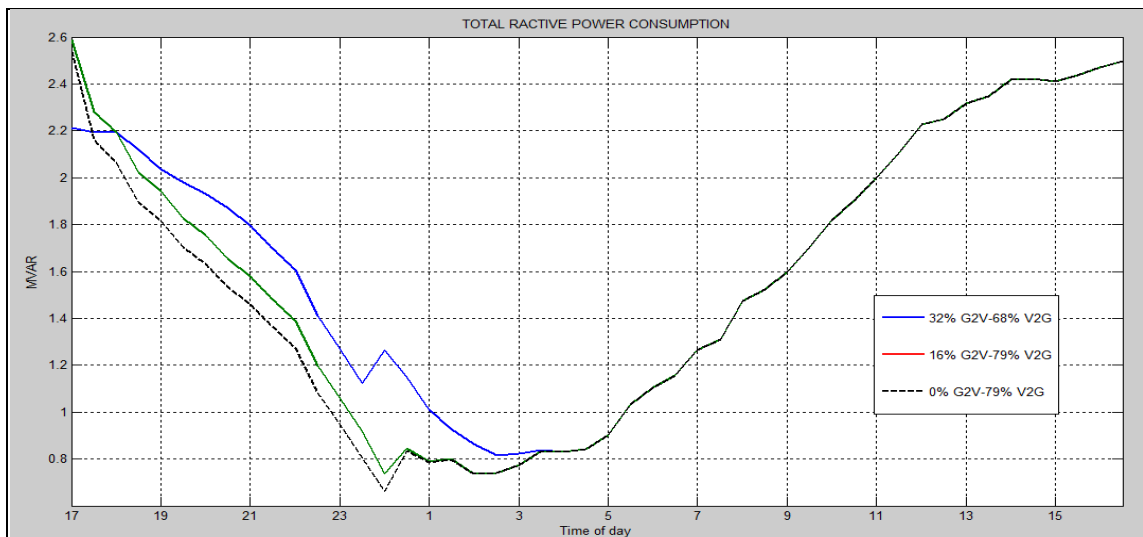
شکل ب: توان مصرفی راکتیو شبکه در درصدهای مختلف حضور (درصد حضور $V2G=32\%$) ستون دوم جدول (۴-۹)



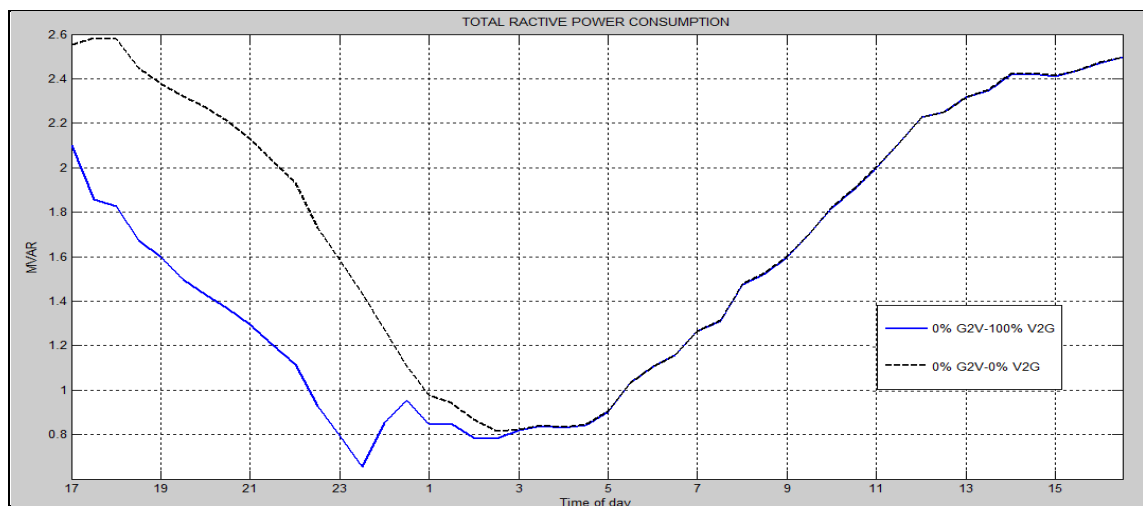
شکل ج: توان مصرفی راکتیو شبکه در درصدهای مختلف حضور (درصد حضور $V2G=47\%$) ستون سوم جدول (۴-۹)



شکل د: توان مصرفی راکتیو شبکه در درصدهای مختلف حضور (درصد حضور $V2G=63\%$) ستون چهارم جدول (۴-۹)



شکل ه: توان مصرفی راکتیو شبکه در درصدهای مختلف حضور (درصد حضور (V2G=٪۷۹) ستون پنجم جدول (۴-۹))



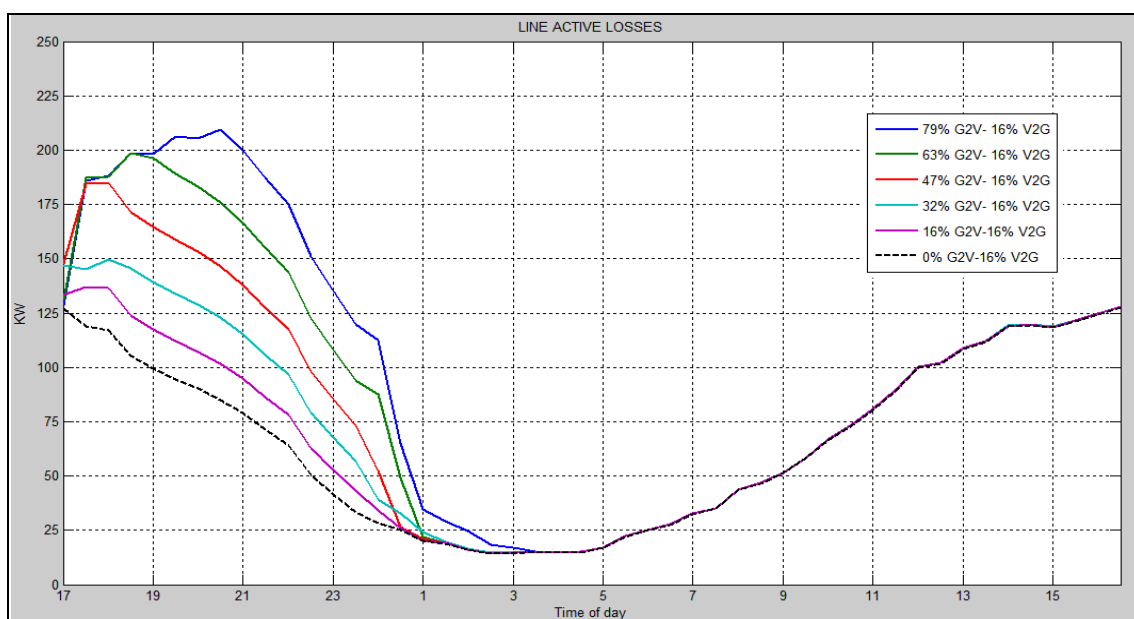
شکل ز: توان مصرفی راکتیو شبکه در درصدهای مختلف حضور (درصد حضور (V2G=٪۱۰۰) ستون ششم جدول (۴-۹))

شکل (۴-۲۴): توان مصرفی راکتیو شبکه در درصدهای مختلف حضور خودروها در جدول (۴-۹) بصورت دو طرفه در حالت اول هماهنگ سازی شارژ خودروها

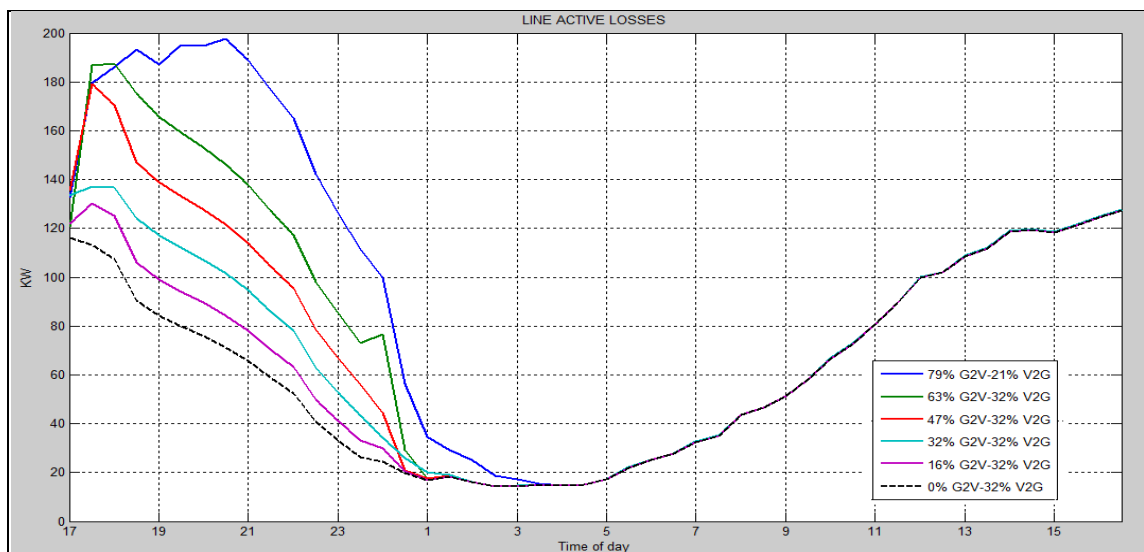
جدول (۴-۱۱): متوسط توان راکتیو مصرفی شبکه در حالت اول جدول (۴-۳)

میزان متوسط توان راکتیو مصرفی (MVAR)						
0	0.16	0.32	0.47	0.63	0.79	G2V V2G
1.711857	1.754851	1.800243	1.845683	1.89452	1.94314	0.16
1.670125	1.710026	1.754821	1.798771	1.84565	1.92572	0.32-0.21
1.632308	1.670348	1.713494	1.754847	1.83082	-	0.47-0.37
1.594769	1.631142	1.672716	1.737253	-	-	0.63-0.53
1.558125	1.59365	1.65585	-	-	-	0.79-0.68
1.509089	-	-	-	-	-	1

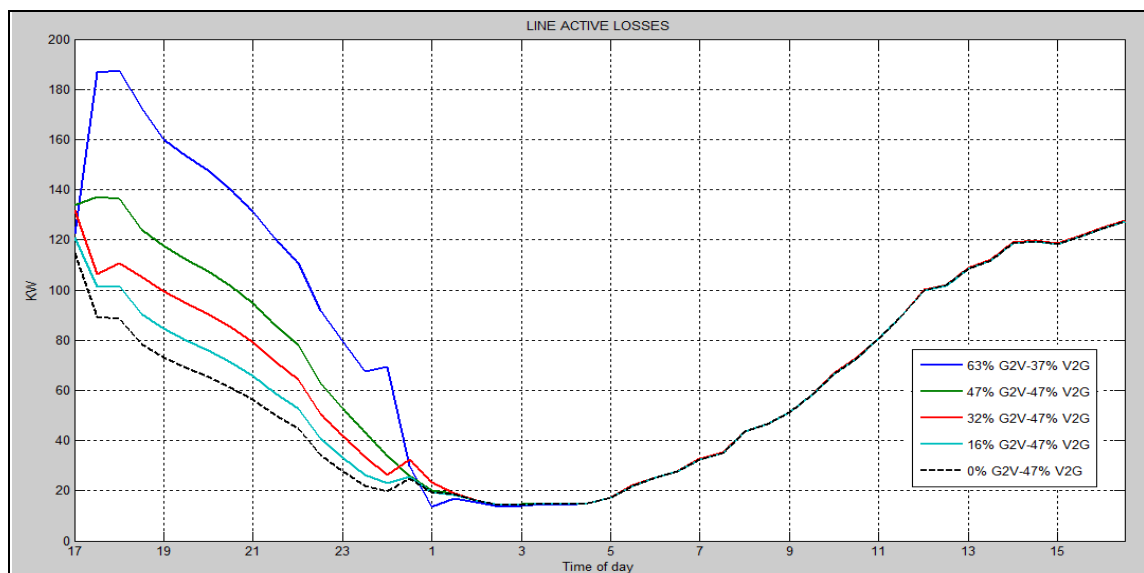
قسمت‌های شکل (۴-۲۴) توان راکتیو مصرفی شبکه در سناریوهای جدول (۴-۹) در حالت اول را نشان می‌دهد. با مقایسه شکل‌های الف تا ز در هر شکل مانند توان اکتیو مصرفی، بصورت گام به گام، میزان توان راکتیو مصرفی شبکه در تمامی نمودارها در مقایسه با شکل (۴-۳) کاهش می‌یابد. در قسمت ج تا ز شکل (۴-۲۴) بین ساعات ۲۳ تا ۱ نیمه شب مشابه توان اکتیو مصرفی شبکه، جهش توانی وجود دارد، که این بدلیل خارج شدن تعدادی از خودروهای برقی (V2G) در این بازه‌های زمانی می‌باشد و میزان مصرف توان راکتیو افزایش می‌یابد. همچنین در ردیف اول تا ششم جدول (۴-۱۱) مقادیر متوسط (مقدار متوسط توان راکتیو مصرفی در طول ۲۴ ساعت)، نمودارهای قسمت‌های الف تا ز شکل (۴-۲۴) را نمایش می‌دهد، در ردیف اول که مقادیر متوسط نمودارهای قسمت الف شکل (۴-۲۴) نمایش می‌دهد، با کاهش تعداد خودروهای (G2V) مقدار توان مصرفی راکتیو متوسط در هر گام بطور میانگین حدود ۳ درصد کاهش می‌یابد، در بقیه ردیف‌ها هم میزان کاهش در هر گام به همین صورت است. همچنین در هر ستون جدول از بالا به پایین که تعداد خودروها برقی (V2G) بصورت منظم افزایش می‌یابد، لذا میزان توان راکتیو مصرفی در هر گام بطور میانگین حدود ۲/۵ درصد کاهش می‌یابد. مقایسه دو نمودار قسمت ز، اثر مثبت خودروها برقی (V2G) را نشان می‌دهد بطوری که مقدار متوسط توان اکتیو در ردیف آخر جدول (۴-۱۱) که مربوط به نمودار آبی رنگ است، برابر ۱/۵۰۹۰۸۹ مگاوار می‌باشد، ولی در نمودار سیاه رنگ این مقدار متوسط برابر ۱/۷۵۵۳۰۳ مگاوار است، که یک کاهش حدود ۱۴٪ که قابل توجه می‌باشد، را نشان می‌دهد. قسمت‌های الف تا ز شکل (۴-۲۵) میزان تلفات اکتیو خطوط شبکه در حالت اول جدول (۴-۳) طبق سناریوهای موجود در جدول (۴-۹) را نشان می‌دهد.



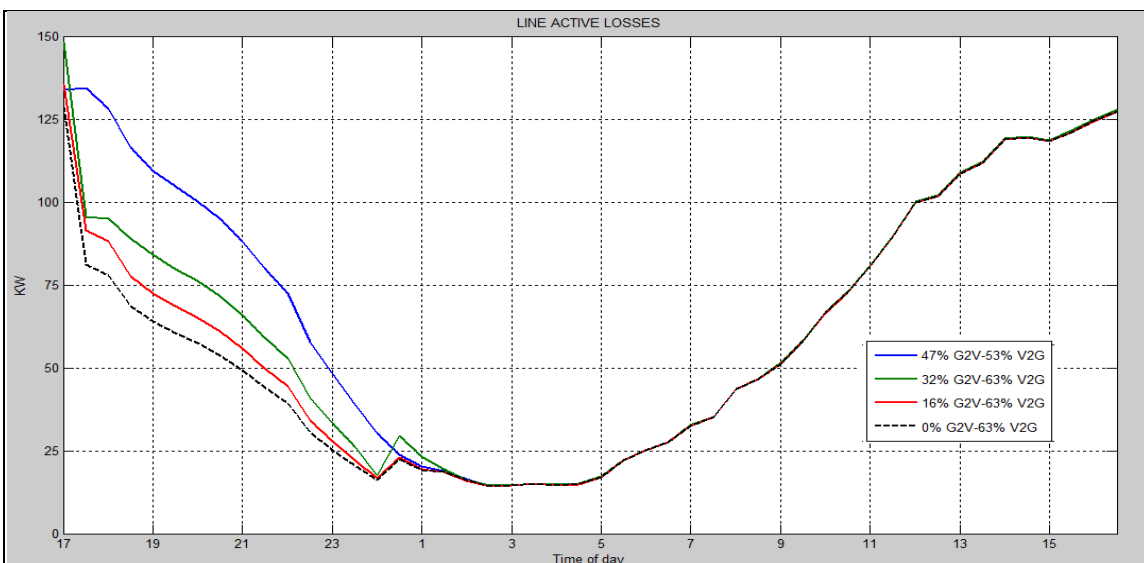
شکل الف : تلفات اکتیو خطوط شبکه در درصدهای مختلف حضور (درصد حضور (V2G=۱۶) ستون اول جدول (۴-۹))



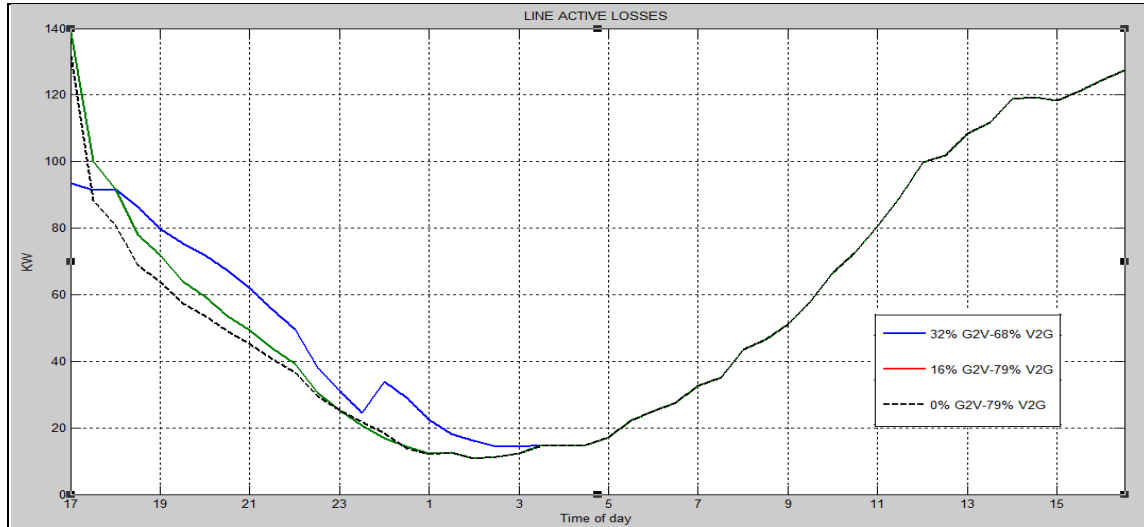
شکل ب: تلفات اکتیو خطوط شبکه در درصدهای مختلف حضور (درصد حضور $V2G=32\%$) ستون دوم جدول (۹-۴)



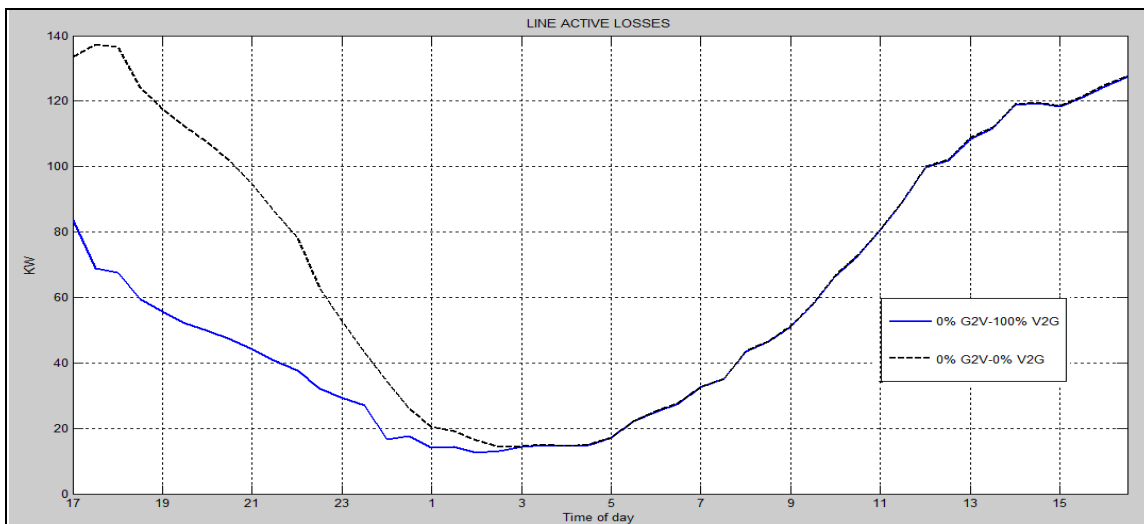
شکل ج: تلفات اکتیو خطوط شبکه در درصدهای مختلف حضور (درصد حضور $V2G=47\%$) ستون سوم جدول (۹-۴)



شکل د: تلفات اکتیو خطوط شبکه در درصدهای مختلف حضور (درصد حضور $V2G=63\%$) ستون چهارم جدول (۹-۴)



شکل ه: تلفات اکتیو خطوط شبکه در درصدهای مختلف حضور (درصد حضور (V2G=/.۷۹) ستون پنجم جدول (۹-۴))



شکل ز: تلفات اکتیو خطوط شبکه در درصدهای مختلف حضور (درصد حضور (V2G=/.۱۰۰) ستون ششم جدول (۹-۴))

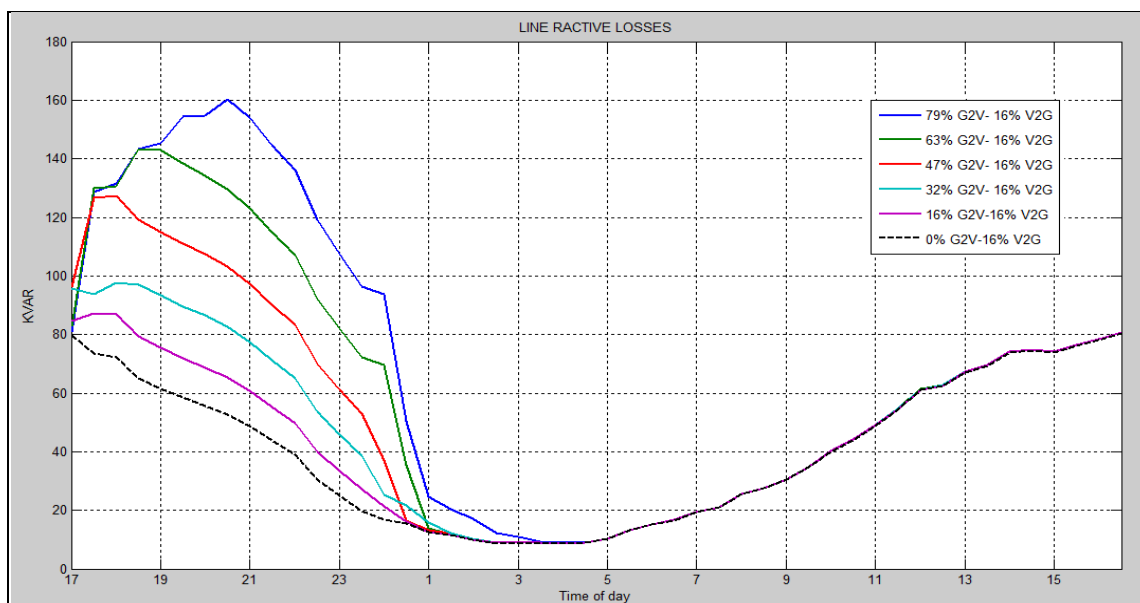
شکل (۴-۲۵): تلفات اکتیو خطوط شبکه در درصدهای مختلف حضور خودروها در جدول (۹-۴) بصورت دو طرفه در حالت

اول هماهنگ سازی شارژ خودروها

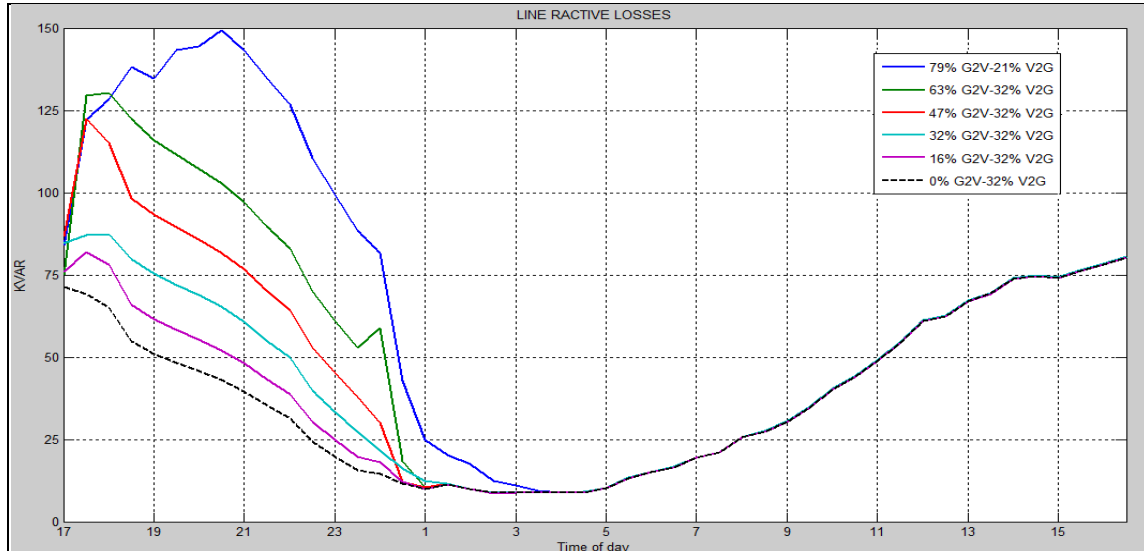
جدول (۴-۱۲): متوسط تلفات اکتیو خطوط شبکه در حالت اول جدول (۴-۳)

میزان متوسط تلفات اکتیو خطوط (KW)						
0	0.16	0.32	0.47	0.63	0.79	G2V V2G
66.19649	70.85351	76.34587	83.0548	90.25801	97.10217	0.16
62.56199	66.25873	70.87516	76.774	83.10189	94.20122	0.32-0.21
59.69213	62.46854	66.26013	70.8841	81.42262	-	0.47-0.37
58.05495	59.99006	62.97507	68.9735	-	-	0.63-0.53
57.22179	58.74424	61.0358	-	-	-	0.79-0.68
55.43757	-	-	-	-	-	1

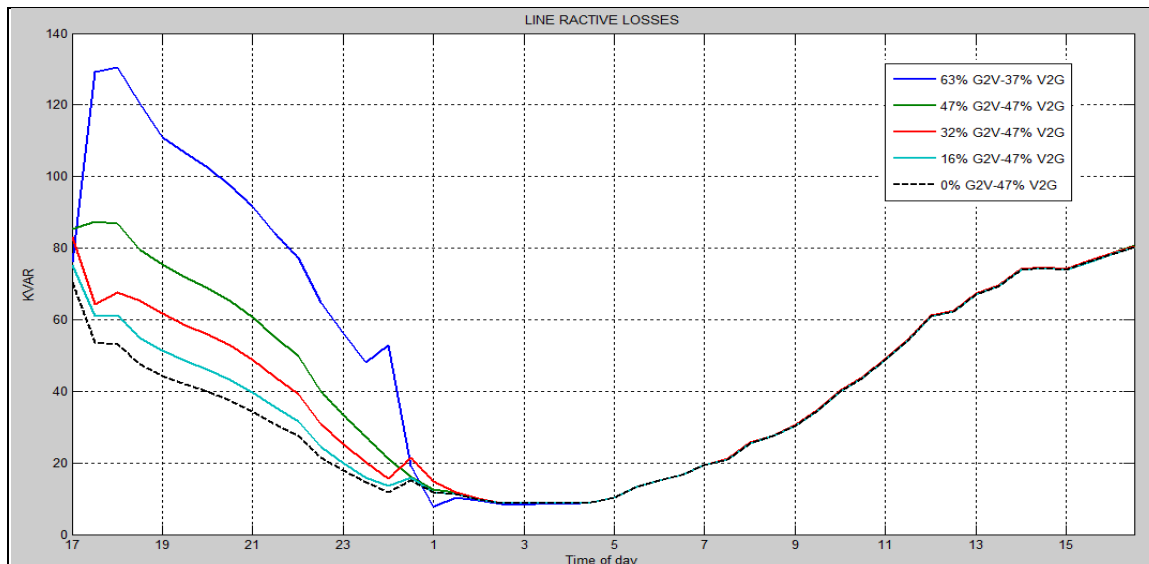
در مقایسه قسمت‌های الف تا ز شکل (۴-۲۵) تلفات اکتیو خطوط شبکه) با افزودن شدن تعداد بیشتری از خودروهای برقی در هر قسمت (برای انتقال شارژ به شبکه) (V2G) بصورت گام به گام، میزان تلفات اکتیو شبکه در تمامی نمودارها کاهش می‌یابد. همانند توان‌های مصرفی در قسمت ج تا ز شکل (۴-۲۵) بین ساعات ۲۳ تا ۱ نیمه شب جهش تلفاتی وجود دارد، که باعث افزایش میزان مصرف توان اکتیو می‌شود. همچنین در ردیف اول تا ششم جدول (۴-۱۲) مقدار متوسط (مقدار متوسط تلفات اکتیو خطوط شبکه در طول ۲۴ ساعت)، نمودارهای قسمت‌های الف تا ز شکل (۴-۲۵) را نمایش می‌دهد. برای نمونه در ردیف اول که مقادیر متوسط نمودارهای قسمت الف شکل (۴-۲۵) نمایش می‌دهد، با کاهش تعداد خودروهای برقی (G2V) مقدار تلفات اکتیو متوسط خطوط در هر گام بطور میانگین حدود ۶ درصد کاهش می‌یابد، در بقیه ردیف‌ها هم میزان کاهش در هر گام به همین صورت است. همچنین در هر ستون جدول از بالا به پایین که تعداد خودروها برقی (V2G) بصورت گام به گام افزایش می‌یابد، میزان تلفات اکتیو خطوط شبکه بطور میانگین در حدود ۰.۵٪ کاهش می‌یابد. بررسی دو نمودار قسمت ز که مشابه تلفات اکتیو است، اثر مثبت خودروها برقی (V2G) در مقایسه با حالتی که خودروهای برقی در شبکه حضور ندارد، را نشان می‌دهد. بطوری که مقدار متوسط تلفات اکتیو در ردیف آخر جدول (۴-۱۲) که مربوط به نمودار آبی رنگ است، برابر ۵۵/۴۳۷۵۷ کیلووات می‌باشد، ولی در نمودار سیاه رنگ این مقدار متوسط برابر ۷۰/۸۹۸۸۴ کیلووات است، که یک کاهش حدود ۲۲٪ که قابل توجه می‌باشد، را نشان می‌دهد. قسمت‌های الف تا ز شکل (۴-۲۶) میزان تلفات اکتیو خطوط شبکه در حالت اول جدول (۴-۳) را طبق سناریوهای جدول (۴-۹) را نمایش می‌دهد.



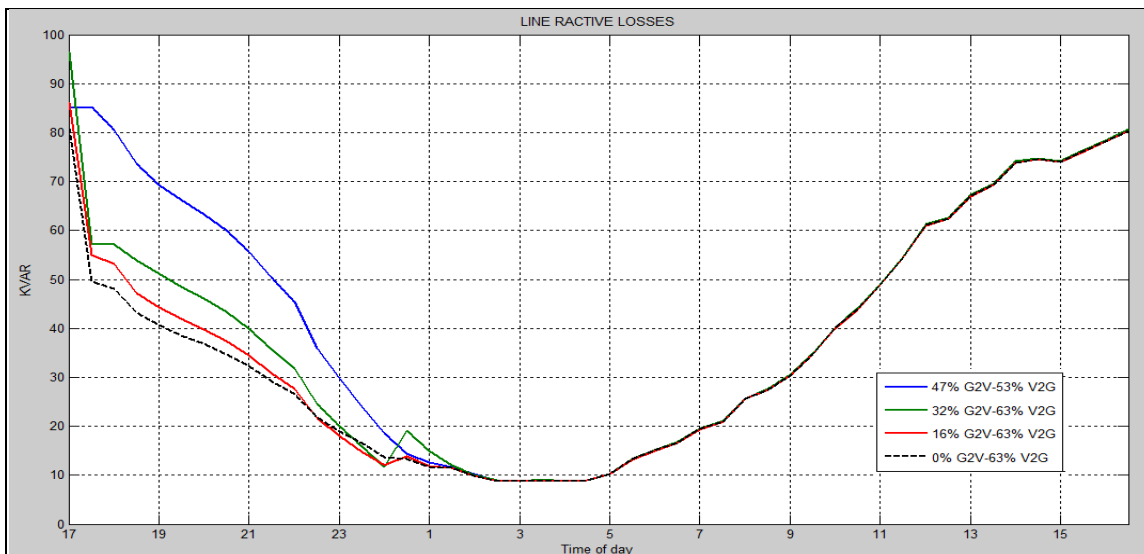
شکل الف : تلفات اکتیو خطوط شبکه در درصدهای مختلف حضور (درصد حضور (V2G=۱۶) ستون اول جدول (۴-۹))



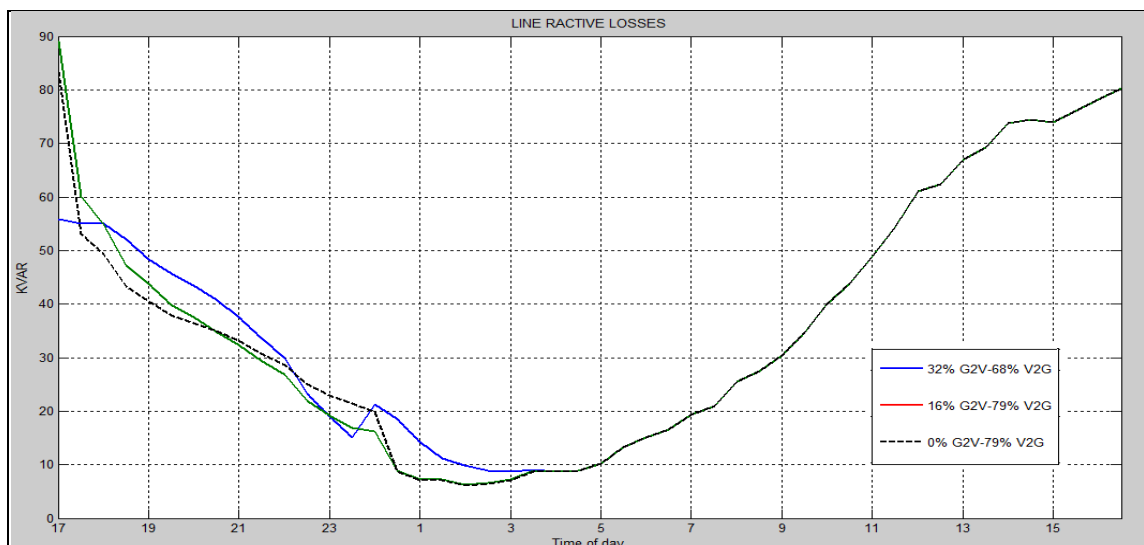
شکل ب: تلفات راکتیو خطوط شبکه در درصدهای مختلف حضور (درصد حضور $V2G=0.32$) ستون دوم جدول (۴-۹)



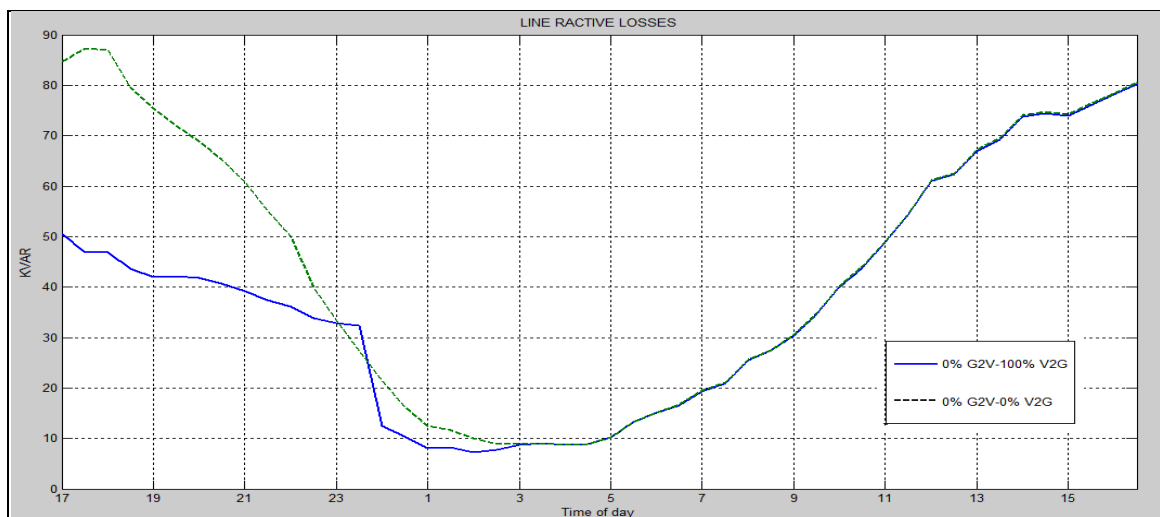
شکل ج: تلفات راکتیو خطوط شبکه در درصدهای مختلف حضور (درصد حضور $V2G=0.47$) ستون سوم جدول (۴-۹)



شکل د: تلفات راکتیو خطوط شبکه در درصدهای مختلف حضور (درصد حضور $V2G=0.63$) ستون چهارم جدول (۴-۹)



شکل ه: تلفات راکتیو خطوط شبکه در درصدهای مختلف حضور (درصد حضور $V2G=0.79$) ستون پنجم جدول (۹-۴)



شکل ز: تلفات راکتیو خطوط شبکه در درصدهای مختلف حضور (درصد حضور $V2G=0.100$) ستون ششم جدول (۹-۴)

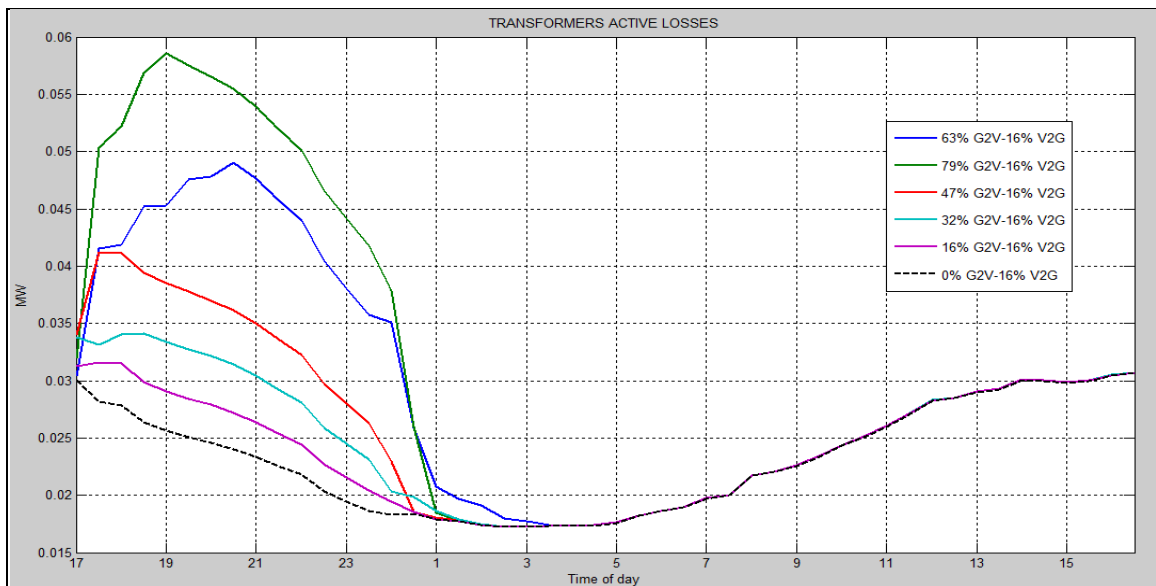
شکل (۴-۲۶): تلفات راکتیو خطوط شبکه در درصدهای مختلف حضور خودروها در جدول (۹-۴) بصورت دو طرفه در حالت اول هماهنگ سازی شارژ خودروها

جدول (۴-۱۳): متوسط تلفات راکتیو خطوط شبکه در حالت اول جدول (۴-۳)

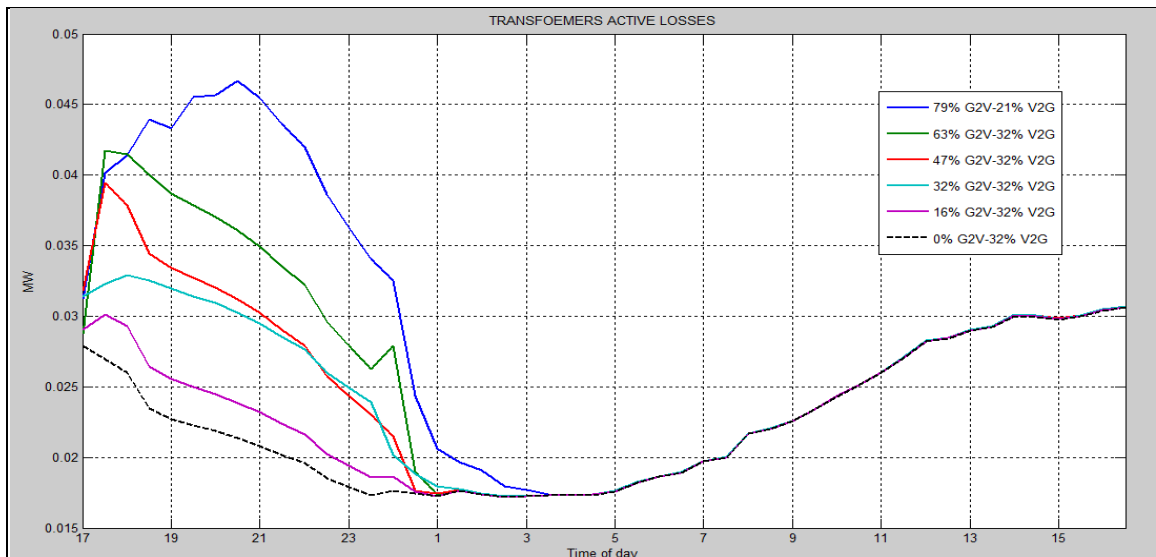
میزان متوسط تلفات راکتیو خطوط (KVAR)						
0	0.16	0.32	0.47	0.63	0.79	G2V V2G
40.6738	44.22825	48.73729	54.48704	61.04302	67.3849	0.16
38.18623	40.75259	44.25944	49.149	54.64155	64.6521	0.32-0.21
36.59176	38.1575	40.77471	44.27133	53.24602	-	0.47-0.37
36.25548	36.90684	38.65567	42.78714	-	-	0.63-0.5
36.38034	36.59151	37.30187	-	-	-	0.79-0.68
36.91786	-	-	-	-	-	1

قسمت‌های الف تا ز شکل (۴-۲۶) تلفات راکتیو خطوط شبکه در سناریوهای جدول (۴-۹) را نمایش می‌دهند. که همانند تلفات اکتیو خطوط، در هر قسمت با افزودن شدن تعداد بیشتری از خودروهای برقی (برای انتقال شارژ به شبکه) (V2G) بصورت گام به گام، میزان تلفات راکتیو خطوط شبکه در اکثر نمودارها کاهش می‌یابد. در ردیف اول تا ششم جدول (۴-۱۳) مقدار متوسط (مقدار متوسط تلفات راکتیو خطوط شبکه در طول ۲۴ ساعت)، نمودارهای قسمت‌های الف تا ز شکل (۴-۲۶) را نمایش می‌دهد، که در هر ردیف با کاهش تعداد خودروهای برقی (G2V) مقدار کاهش متوسط تلفات راکتیو خطوط در هر گام ثابت نیست، ولی بطور میانگین حدود ۰.۹٪ کاهش می‌یابد، بطوریکه در اواخر هر ردیف با کاهش تعداد خودروهای برقی (G2V) و افزایش تعداد خودروها برقی (V2G) بدلیل اینکه توان بیشتری از خودروها به شبکه از طریق هر فیدر ۴۰۰ ولت به ۲۰ کیلوولت تزریق می‌شود، میزان کاهش تلفات کمتری مشاهده می‌شود، بخصوص در ردیف‌های پایین‌تر که تعداد خودروها برقی (V2G) بیشتر می‌شود. در هر ستون جدول از ردیف اول به سوم با افزایش تعداد خودروها برقی (V2G) میزان تلفات راکتیو خطوط شبکه در هر گام بطور میانگین ۷ درصد کاهش می‌یابد، اما از ردیف سوم به بعد سرعت کاهش تلفات در همه ستون‌ها بجز ستون آخر بدلیل کاهش بیشتر تعداد خودروهای برقی (G2V) و افزایش تعداد خودروها برقی (V2G)، کاهش تلفات خیلی کمتر مشاهده شده، چنانچه که در ستون آخر که تمام خودروها (V2G) می‌باشند، افزایش جزئی تلفات مشاهده می‌شود، که همین موضوع در قسمت ز شکل (۴-۲۶) بین ساعت ۲۳ تا ۱۲ نیمه شب هم مشاهده می‌شود. علت این پدیده بطور کلی در این خلاصه می‌شود، که با تزریق شارژ تعداد قابل توجهی از خودروها (V2G) در حالی که خودروهای (G2V) بعنوان مصرف کننده در فیدرهای ۴۰۰ ولت یا حضور ندارند یا تعداد کمی دارند باعث افزایش جزئی تلفات می‌شوند. در بررسی دو نمودار قسمت ز، با وجود افزایش تلفات در بعضی سناریوها، اثر مثبت خودروها برقی (V2G) در مقایسه با حالتی که خودروهای برقی در شبکه حضور ندارد، را نشان می‌دهد، بطوری که مقدار متوسط تلفات راکتیو در ردیف آخر جدول (۴-۱۳) که مربوط به نمودار آبی رنگ است، برابر ۳۶/۹۱۷۸۶ کیلوواریت می‌باشد، ولی در نمودار سیاه رنگ این مقدار متوسط برابر ۴۴/۲۶۲۵۷ کیلوواریت است، که یک کاهش حدود ۱۶٪ را نشان می‌دهد.

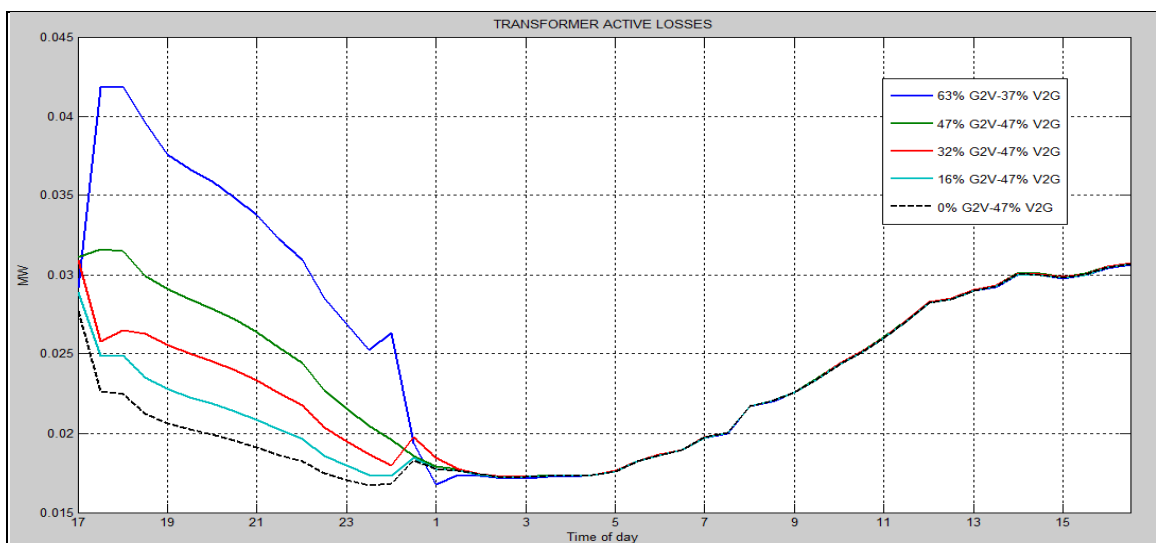
قسمت‌های الف تا ز شکل (۴-۲۷) میزان تلفات اکتیو ترانسفورماتورهای شبکه در حالت اول جدول (۳-۴) طبق سناریوهای موجود در ستون‌های جدول (۳-۹) را نمایش می‌دهند.



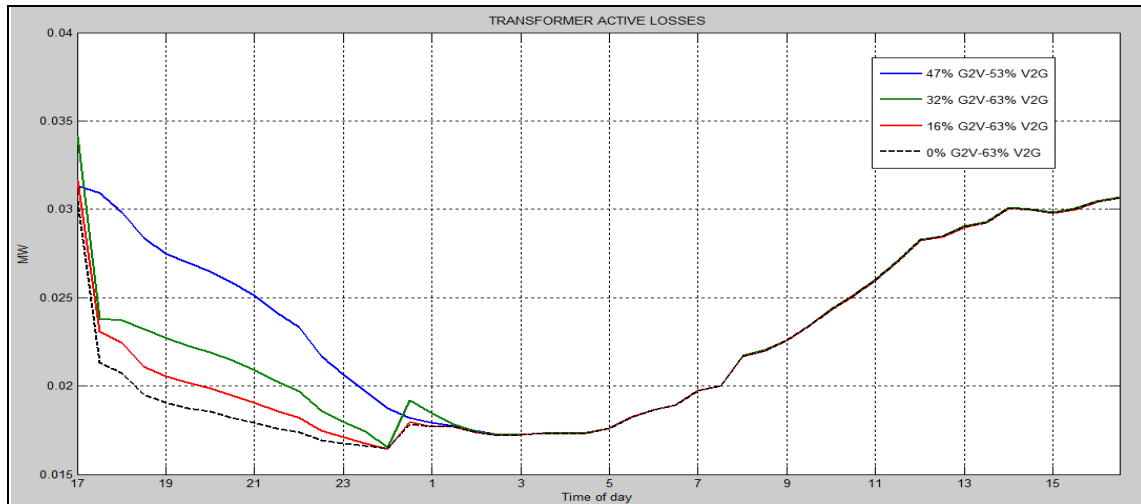
شکل الف : تلفات اکتیو ترانسفورماتورهای شبکه در درصدهای حضور (درصد حضور (V2G=/.۱۶) ستون اول جدول (۴-۹))



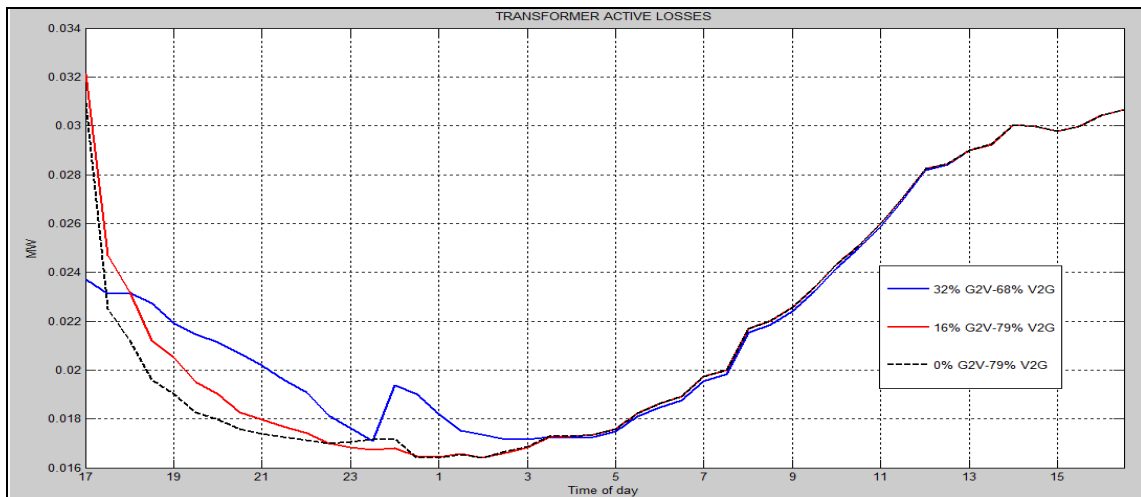
شکل ب : تلفات اکتیو ترانسفورماتورهای شبکه در درصدهای حضور (درصد حضور (V2G=/.۳۲) ستون دوم جدول (۴-۹))



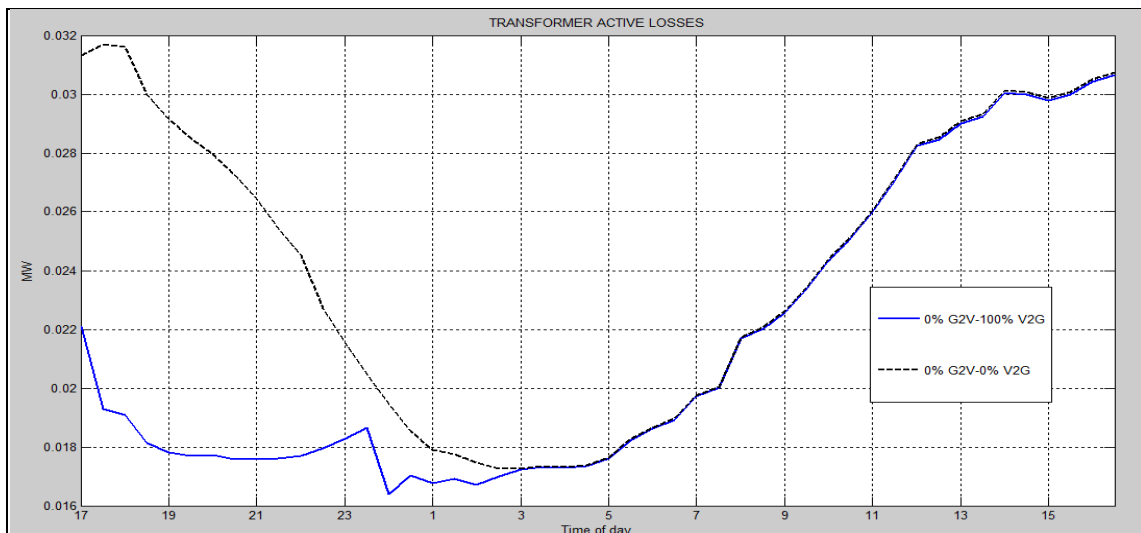
شکل ج : تلفات اکتیو ترانسفورماتورهای شبکه در درصدهای حضور (درصد حضور (V2G=/.۴۷) ستون سوم جدول (۴-۹))



شکل د: تلفات اکتیو ترانسفورماتورهای شبکه در درصدهای حضور (درصد حضور $V2G=63\%$) ستون چهارم جدول (۹-۴)



شکل ه: تلفات اکتیو ترانسفورماتورهای شبکه در درصدهای حضور (درصد حضور $V2G=79\%$) ستون پنجم جدول (۹-۴)



شکل ز: تلفات اکتیو ترانسفورماتورهای شبکه در درصدهای حضور (درصد حضور $V2G=100\%$) ستون هشتم جدول (۹-۴)

شکل (۴-۲۷): تلفات اکتیو ترانسفورماتورهای شبکه در درصدهای مختلف حضور خودروها در جدول (۹-۴) بصورت دو

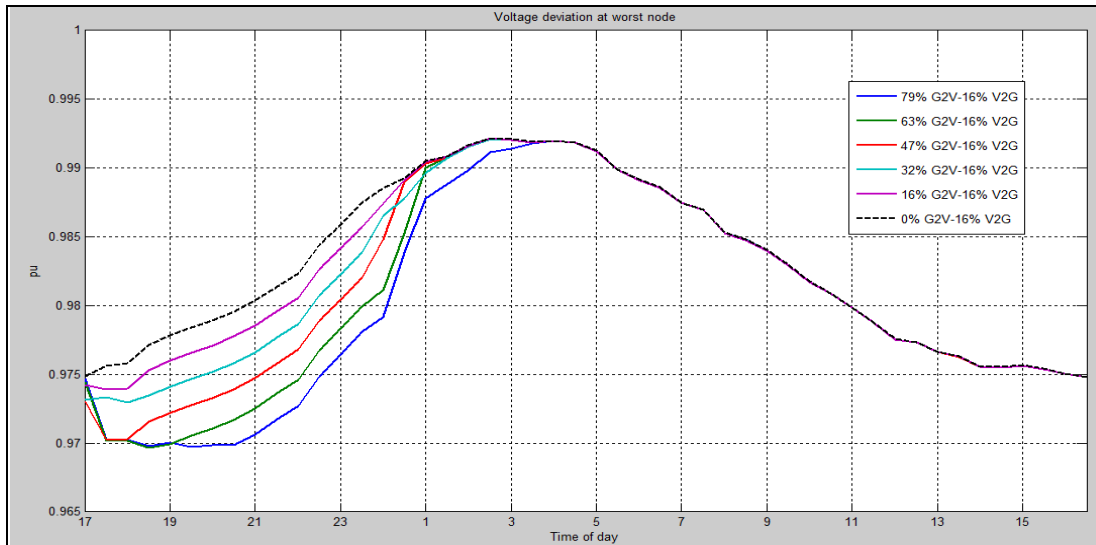
طرفه در حالت اول هماهنگ سازی شارژ خودروها

فصل چهارم: مدیریت شارژ و تخلیه شارژ باتری خودروهای برقی با استفاده الگوریتم پیشنهادی

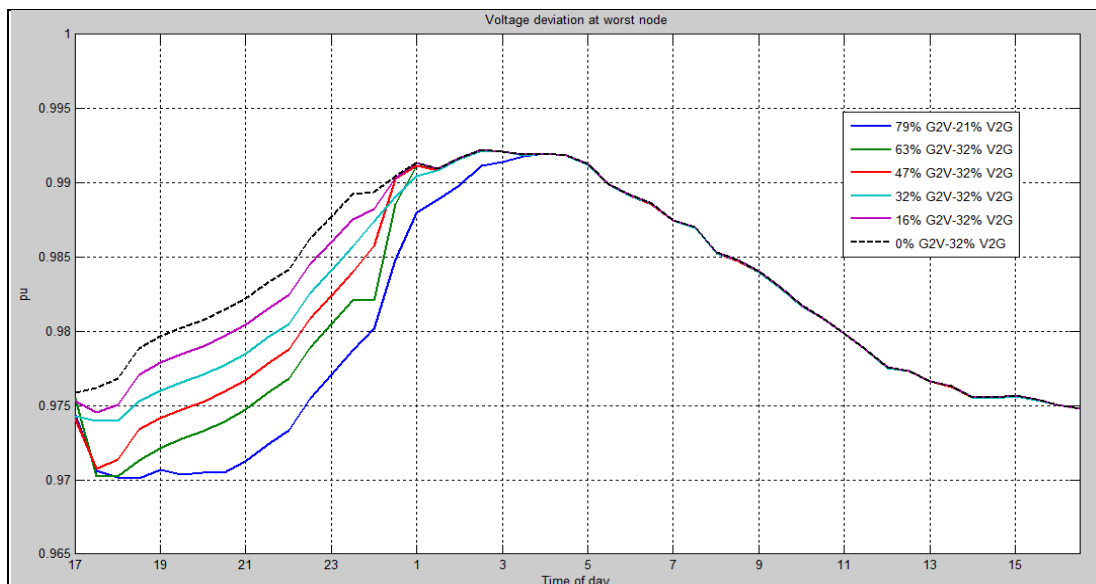
جدول (۴-۱۴): متوسط تلفات اکتیو ترانسفورماتورهای شبکه در حالت اول جدول (۳-۴)

میزان متوسط تلفات اکتیو ترانسفورماتورها (KW)						
0	0.16	0.32	0.47	0.63	0.79	G2V V2G
23.2263	24.11247	25.98002	26.52844	28.00112	29.365	0.16
22.5273	23.24109	24.11534	25.26336	26.5471	28.80277	0.32-0.21
22.0130	22.52327	23.22033	24.11168	26.23097	-	0.47-0.37
21.7449	22.09006	22.63422	23.74307	-	-	0.63-0.53
21.64	21.88936	22.26141	-	-	-	0.79-0.68
21.4232	-	-	-	-	-	1

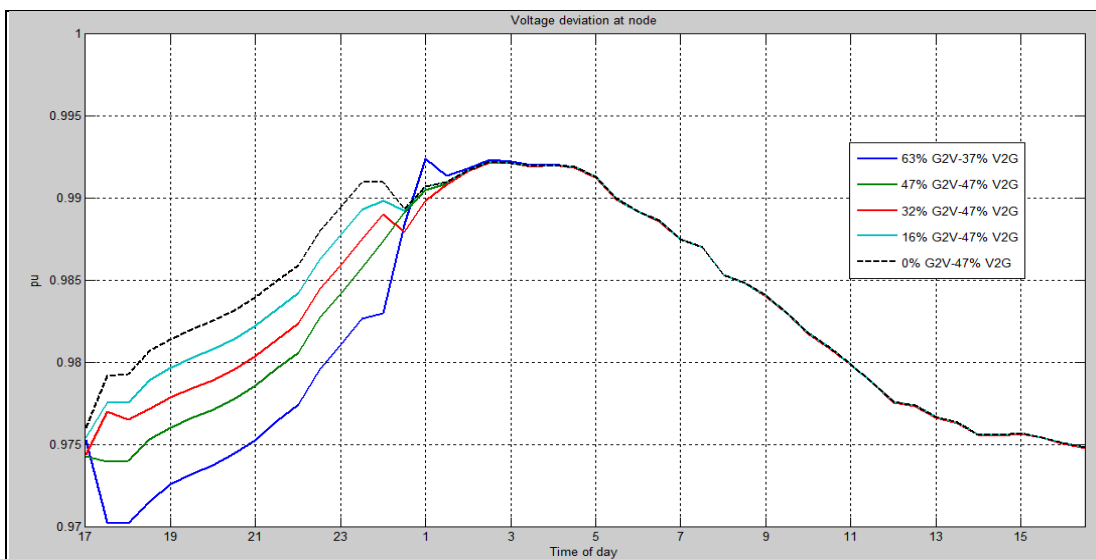
در هر یک از قسمت‌های الف تا ز شکل (۴-۲۷) تلفات اکتیو ترانسفورماتورهای ۲۰ کیلوولت به ۴۰۰ ولت شبکه در سناریوهای جدول (۴-۹) نمایش می‌دهند. که با افزودن شدن تعداد بیشتری از خودروهای برقی برای انتقال شارژ به شبکه (V2G) بصورت منظم، کاهش میزان تلفات راکتیو خطوط شبکه در تمامی نمودارها قابل مشاهده است. نتایج هر ردیف جدول (۴-۱۴) این موضوع را تایید می‌کند. در نمودارهای ب تا ه در بازه زمانی بین ساعت ۲۳ تا ۱ نیمه شب مشابه تلفات خطوط شبکه بدلیل خروج تعدادی از خودروهای (V2G)، تلفات اکتیو ترانسفورماتورها دچار جهش شده و افزایش پیدا می‌کند. همچنین ردیف‌های اول تا ششم جدول (۴-۱۴) مقدار متوسط (مقدار متوسط تلفات اکتیو ترانسفورماتورهای شبکه در طول ۲۴ ساعت)، نمودارهای قسمت‌های الف تا ز شکل (۴-۲۷) را نمایش می‌دهند. در ردیف‌های جدول مذکور با کاهش تعداد خودروهای برقی (G2V) بصورت منظم، مقدار تلفات اکتیو متوسط خطوط در هر گام بطور میانگین حدود ۰.۵٪ کاهش می‌یابد. همچنین در هر ستون جدول از بالا به پایین تعداد خودروها برقی (V2G) بصورت گام به گام افزایش یافته و از طرفی تعداد خودروهای برقی (G2V) ثابت است، لذا میزان تلفات اکتیو ترانسفورماتورها بطور میانگین حدود ۰.۲٪ کاهش می‌یابد. در بررسی دو نمودار قسمت ز، اثر مثبت خودروهای برقی (V2G) در مقایسه با حالتی که خودروهای برقی در شبکه حضور ندارد، را نشان می‌دهد، بطوری که مقدار متوسط تلفات اکتیو ترانسفورماتورها در ردیف آخر جدول (۴-۱۴) که مربوط به نمودار آبی رنگ است، برابر ۲۱/۴۲۳۲۳ کیلووات می‌باشد، ولی در نمودار سیاه رنگ این مقدار متوسط برابر ۲۴/۱۲۰۹۴ کیلووات است، که یک کاهش حدود ۱۱٪ را در تلفات اکتیو ترانسفورماتورها نشان می‌دهد.



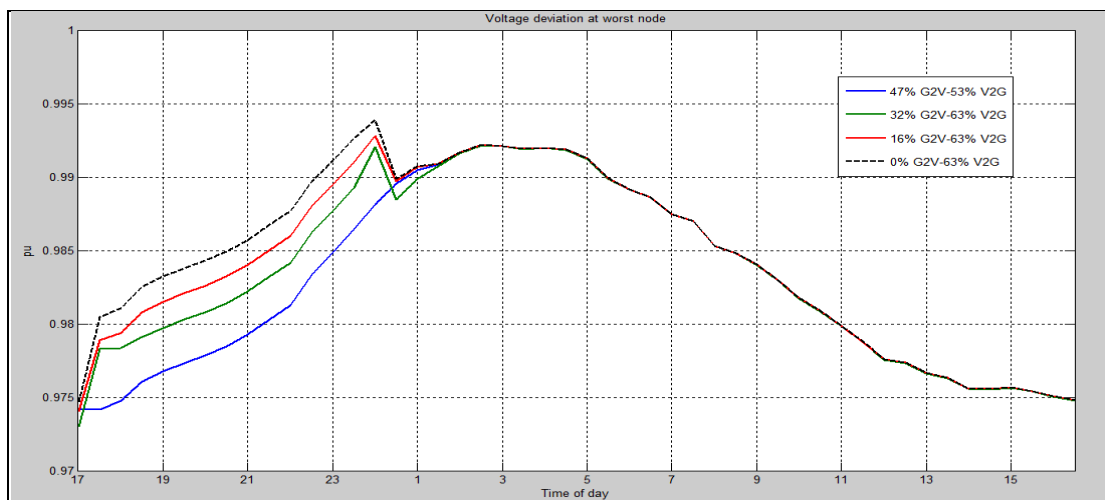
شکل الف: پروفیل ولتاژ بدترین فیدر شبکه در درصدهای حضور (درصد حضور $V2G=16\%$) ستون اول جدول (۴-۹)



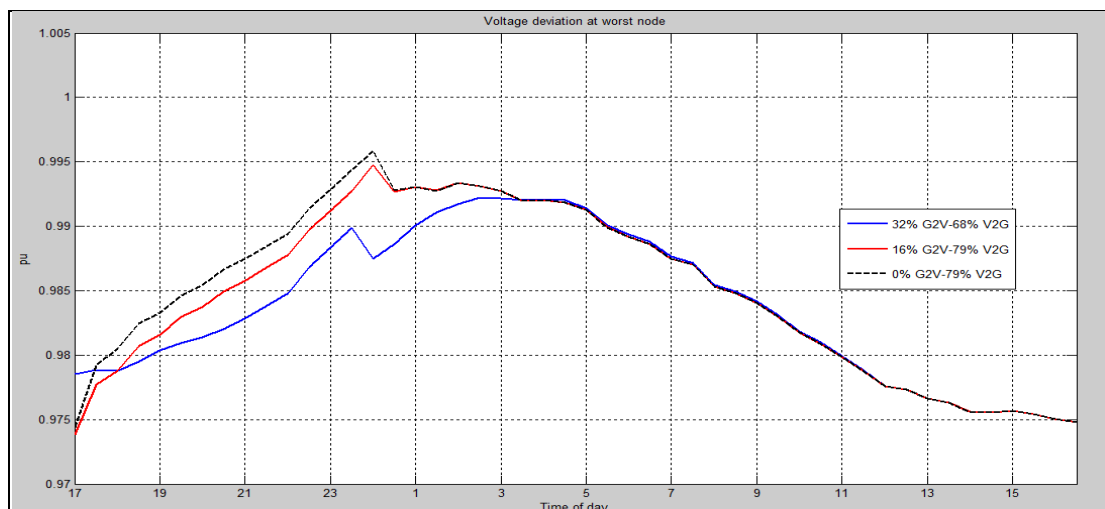
شکل ب: پروفیل ولتاژ بدترین فیدر شبکه در درصدهای حضور (درصد حضور $V2G=22\%$) ستون دوم جدول (۴-۹)



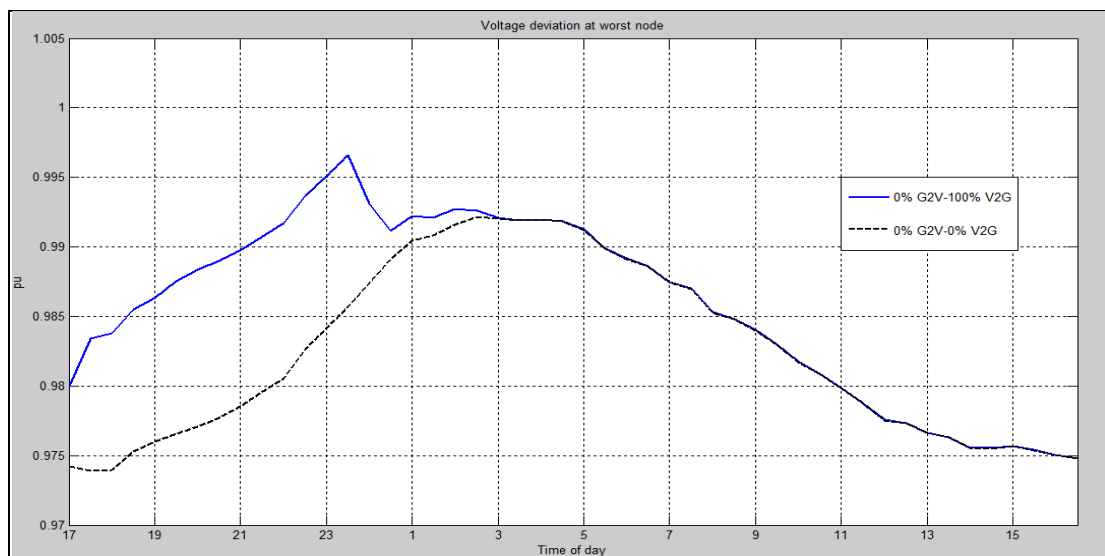
شکل ج: پروفیل ولتاژ بدترین فیدر شبکه در درصدهای حضور (درصد حضور $V2G=47\%$) ستون سوم جدول (۴-۹)



شکل د: پروفیل ولتاژ بدترین فیدر شبکه در درصدهای حضور (درصد حضور $V2G=63\%$) ستون چهارم جدول (۹-۴)



شکل ه: پروفیل ولتاژ بدترین فیدر شبکه در درصدهای حضور (درصد حضور $V2G=79\%$) ستون پنجم جدول (۹-۴)



شکل ز: پروفیل ولتاژ بدترین فیدر شبکه در درصدهای حضور (درصد حضور $V2G=100\%$) ستون ششم جدول (۹-۴)

شکل (۴-۲۸): پروفیل ولتاژ بدترین فیدر در درصدهای مختلف حضور خودروها در جدول (۹-۴) بصورت دو طرفه در

حالت اول هماهنگ سازی شارژ خودروها

جدول (۴-۱۵): متوسط پروفیل ولتاژ بدترین شبکه در حالت اول جدول (۳-۴)

میزان متوسط پروفیل ولتاژ بدترین فیدر شبکه (pu)						
0	0.16	0.32	0.47	0.63	0.79	G2V V2G
0.98297	0.98243	0.981868	0.981321	0.98069	0.98016	0.16
0.98351	0.983002	0.982422	0.981894	0.981325	0.980362	0.32-0.21
0.98401	0.98351	0.982953	0.982432	0.98151	-	0.47-0.37
0.98453	0.984034	0.983487	0.982654	-	-	0.63-0.53
0.98503	0.984551	0.98375	-	-	-	0.79-0.68
0.98573	-	-	-	-	-	1

فیدرهایی که بدترین پروفیل ولتاژ شبکه در شکل (۴-۲۸) دارند، در واقع همان فیدرهای بخش قبلی که خودروها فقط برای دریافت شارژ حضور داشتند، می‌باشند. بدین صورت که در نمودارهای که درصد حضور (G2V) ۴۷٪ و ۶۳٪ و ۱۶٪ و ۰٪ دارند، پروفیل ولتاژ مربوط به فیدر شماره ۱۲ مسکونی و نمودارهای درصدهای حضور (G2V) ۷۹٪ و ۳۲٪ پروفیل ولتاژ مربوط به فیدر ۱۱ مسکونی شکل (۳-۱) می‌باشد. در هر قسمت شکل (۴-۲۸) با افزایش تعداد خودروهای (V2G) پروفیل ولتاژ بهبود پیدا می‌کند. همچنین، در مقایسه قسمت الف تا ج شکل (۴-۲۸) (درصدهای حضور ۶۳٪ به پایین) با شکل (۴-۸) زمان شارژ و حضور خودروهای (G2V) کاهش یافته است، که این بعلا تأثیر مثبت حضور خودروهای (V2G) است، که با کاهش توان مصرفی شبکه در هر گام زمانی باعث افزایش تعداد خودروهایی می‌شود، که در هر گام برای شارژ حضور دارند و بدین شکل تأخیر شارژ خودروها کاهش می‌یابد. یکی از تغییراتی که در پروفیل ولتاژ فیدرها که در قسمت‌های ج تا ز مشهودتر است، در بازه‌ی زمانی ساعت ۲۳ تا ۱ نیمه شب رخ می‌دهد، که با پایین آمدن پروفیل ولتاژ همراه است، که در واقع مربوط به خروج تعدادی از خودروهای (V2G) می‌باشد. به همین صورت باعث افزایش میزان مصرف توان و تلفات می‌شود. در جدول (۴-۱۵) که متوسط پروفیل ولتاژ را نمایش می‌دهد، در هر ردیف با کاهش تعداد خودروهای (G2V)، مقدار متوسط در هر گام حدود ۱ درصد افزایش می‌یابد و در هر ستون با افزایش تعداد خودروهای (V2G) مقدار متوسط پروفیل در طول ۲۴ ساعت در هر گام جدول حدود ۱/۵ درصد افزایش می‌یابد. بررسی دو نمودار قسمت ز، اثر مثبت حضور ۱۰۰٪ خودروهای برقی (V2G) بر پروفیل ولتاژ شبکه، را نشان می‌دهد، بطوری که مقدار متوسط پروفیل ولتاژ ردیف آخر جدول (۴-۱۵) برابر ۰/۹۸۵۷۳ پرینیت می‌باشد، و در نمودار سیاه رنگ این مقدار متوسط برابر ۰/۹۸۲۴۲۳ پرینیت است، که یک افزایش حدود ۰/۱٪ را در پروفیل ولتاژ نشان می‌دهد.

۴-۳- تاثیر تغییر پارامترهای خطوط شبکه توزیع بر الگوریتم مدیریت شارژ

قسمت اعظمی از تلفات شبکه مربوط به تلفات خطوط است، که ناشی امپدانس آن می‌باشد، که در جدول ۲ پیوست ۱ نشان داده شده است. لذا تغییر در نسبت پارامترهای امپدانس شامل مقاومت و راکتانس تاثیر قابل توجهی بر تلفات کل شبکه و در نهایت توان‌های مصرفی شبکه دارد. با تغییر در توان‌های مصرفی شبکه ناشی از تغییر در امپدانس شبکه، بر مدیریت الگوریتم شارژ تاثیر مستقیم داشته و با توجه به افزایش یا کاهش توان‌های مصرفی، تعداد خودروهای برقی حاضر در شبکه توزیع برای شارژ تغییر می‌کند. در این قسمت خودروهای برقی در قالب سناریو اول جدول (۳-۱) فصل سوم وارد می‌شوند. در ۳ حالت (R/X) امپدانس خطوط ۲۰ کیلوولت و ۴۰۰ ولت شبکه تغییر می‌کند، بصورتیکه در حالت اول نسبت (R/X) ۱۰٪ افزایش پیدا می‌کند و در حالت دوم ثابت مانده و در حالت سوم ۱۰٪ کاهش می‌یابد. در جدول (۴-۱۶) هیستوگرام تصادفی ورود خودروهای برقی در اولویت زمانی اول به شبکه توزیع را نشان می‌دهد. در جدول (۴-۱۷) تعداد خودروهای برقی در حال دریافت شارژ در هر گام زمانی از ساعت ۱۷ تا ساعت ۷ صبح، در هر ۳ حالت تغییر امپدانس، نشان می‌دهد. در مقایسه ردیف اول با ردیف دوم تعداد خودروهای برقی کمتری در حدود ۶ تا ۸ عدد تا ساعت ۲۲ شب به شبکه متصل می‌شوند، که این بدلیل افزایش توان مصرفی در حالت اول است، که ناشی از افزایش (R/X) بوده، البته از ساعت ۱:۳۰ صبح به بعد تعداد خودروهای کمتری در حالت دوم نسبت به ردیف اول برای شارژ به شبکه متصل هستند. در ردیف سوم که (R/X) یا همان مقاومت کاهش یافته، نسبت به دو ردیف اول و دوم تعداد خودروی بیشتری در حدود ۷ تا ۸ عدد در هر گام زمانی تا ساعت ۲۲ شب به شبکه متصل می‌شوند، که بدلیل کاهش توان مصرفی در حالت سوم می‌باشد. مانند دو حالت قبل از ساعت ۱ تا ۱:۳۰ صبح به بعد تعداد خودروی کمتری شارژ می‌شود.

جدول (۴-۱۶): هیستوگرام تصادفی ورود خودروهای برقی به شبکه در اولویت زمانی اول

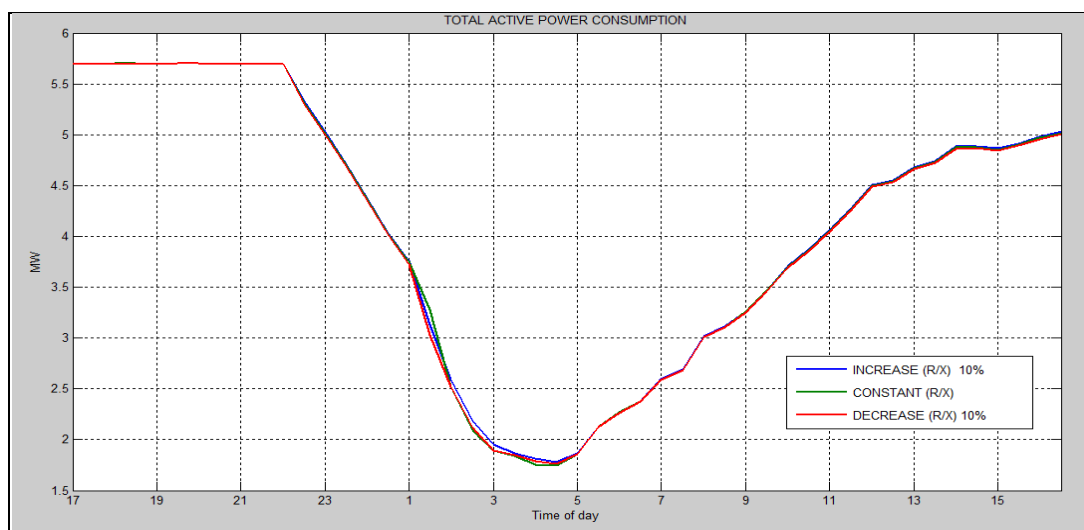
PL	17	17:30	18	18:30	19	19:30	20	20:30	21	21:30	22	22:30	23	23:30
100%	376	225	21	32	11	48	25	2	0	1	0	0	0	1

جدول (۴-۱۷): هیستوگرام تصادفی ورود خودروهای برقی به شبکه در اولویت زمانی اول

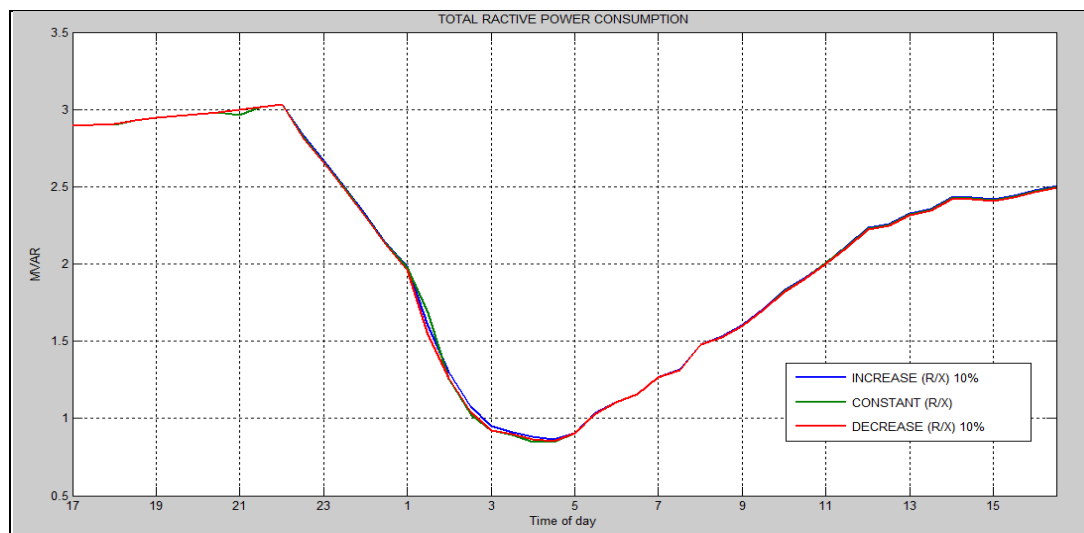
R/X	17	17:30	18	18:30	19	19:30	20	20:30	21	21:30	22	22:30	23	23:30
+10%	241	218	219	326	382	428	469	520	584	667	749	770	770	771
0%	248	220	226	333	388	435	476	527	599	674	756	770	770	771
-10%	255	226	232	339	395	442	483	543	599	681	764	770	770	771

R/X	00	00:30	1	1:30	2	2:30	3	3:30	4	4:30	5	5:30	6	6:30	7:00
+10%	771	771	771	612	365	198	97	51	35	6	1	1	1	1	1
0%	771	771	771	602	335	189	91	50	17	1	1	1	1	1	1
-10%	771	771	771	558	325	180	91	43	10	1	1	1	1	1	0

در شکل‌های (۴-۲۹) و (۴-۳۰) میزان توان‌های مصرفی اکتیو و راکتیو شبکه توزیع در هر سه حالت را نشان می‌دهد. در شکل (۴-۲۹) تا ساعت ۲۲ هر ۳ نمودار مربوط به هر ۳ حالت بعلت شرط توان اکتیو مصرفی الگوریتم مدیریت شارژ، بر هم منطبق اند. در شکل (۴-۳۰) هم تا ساعت ۲۲ هر ۳ نمودار برهم منطبق‌اند. در هر دو شکل (۴-۲۹) و (۴-۳۰) از ساعت ۱ تا ۵ صبح نمودارهای هر ۳ حالت در بازه‌های زمانی مختلف از هم فاصله دارند. که نتایج جدول (۴-۱۸) موبد همین مطلب هست. در شکل (۴-۲۹) از ساعت ۴:۳۰ صبح به بعد که خودرویی به شبکه متصل نیست، نمودار حالت اول از دو نمودار حالت دوم و سوم بالاتر است و نمودار دوم هم از نمودار سوم بالاتر است. ولی در شکل (۴-۳۰) نمودارهای سه حالت تقریباً برهم منطبق هستند.

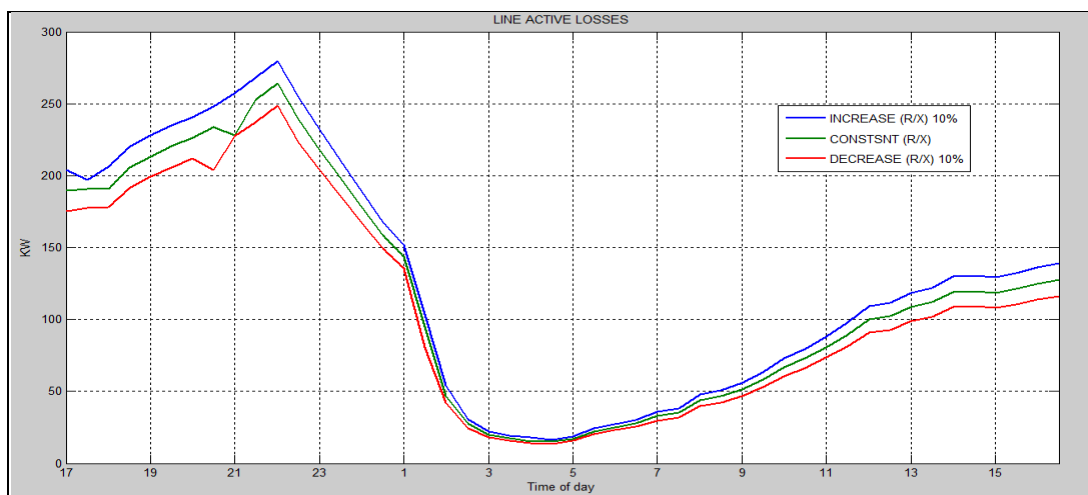


شکل (۴-۲۹): توان اکتیو مصرفی شبکه در ۳ حالت (افزایش ۱۰٪ (R/X)، ثابت (R/X)، کاهش ۱۰٪ (R/X))

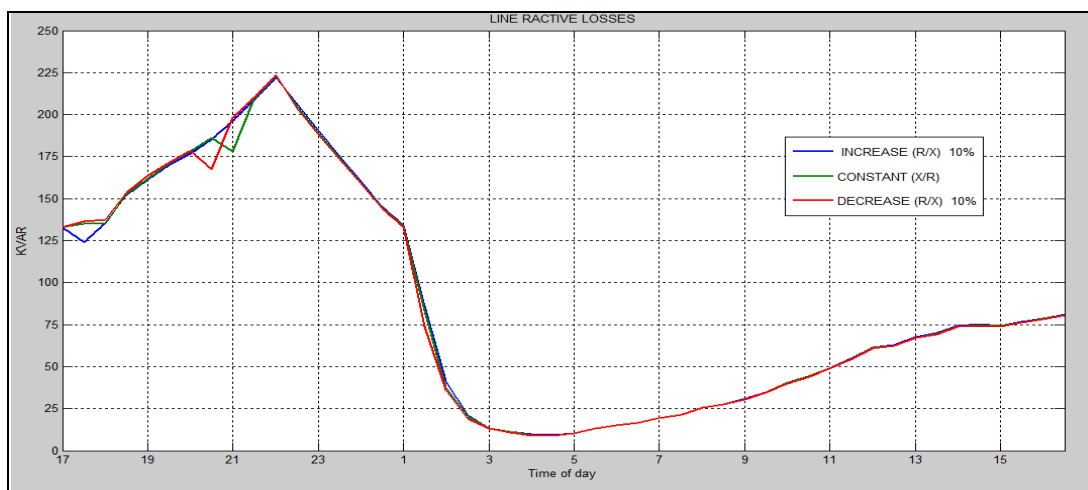


شکل (۴-۳۰): توان راکتیو مصرفی شبکه در ۳ حالت (افزایش ۱۰٪ (R/X)، ثابت (R/X)، کاهش ۱۰٪ (R/X))

در شکل‌های (۴-۳۱) و (۴-۳۲) تلفات اکتیو و راکتیو خطوط شبکه در هر ۳ حالت را نشان می‌دهد، که تاثیر مستقیمی از تغییر (R/X) امپدانس خطوط شبکه می‌پذیرند. در شکل (۴-۳۱) در محدوده زمانی ۱۷ تا ساعت ۲۲ نمودار حالت اول از دو حالت دیگر بالاتر است. اما از ساعت ۱ تا ۷ صبح که بارگذاری شبکه و تعداد خودروهای متصل به شبکه کم است، اختلاف ۳ نمودار کم می‌شود. از ساعت ۷ صبح به بعد هم اختلاف ۳ نمودار شکل (۴-۳۱) بعلاوه افزایش بارگذاری و در نتیجه عبور کردن توان بیشتری از خطوط شبکه، افزایش می‌یابد. در شکل (۴-۳۲) در زمان حضور خودروها از ساعت ۱۷ تا ۲:۳۰ نیمه شب مقدار جزیی ۳ نمودار با هم اختلاف دارند، ولی از ۳ نیمه شب به بعد تقریباً ۳ نمودار برهم منطبق‌اند، که علت در تغییر مقاومت خطوط و ثابت ماندن راکتانس خطوط می‌باشد. همچنین در ساعت ۲۱ مقدار نمودار دوم شکل‌های تلفات اکتیو و راکتیو کاهش یافته و به مقدار نمودار حالت اول رسیده است. که این بعلاوه ورود تصادفی خودروها در جدول (۴-۱۸) در ساعت ۲۱ که تعداد خودروها در حالت سوم و دوم برابر است، می‌باشد.

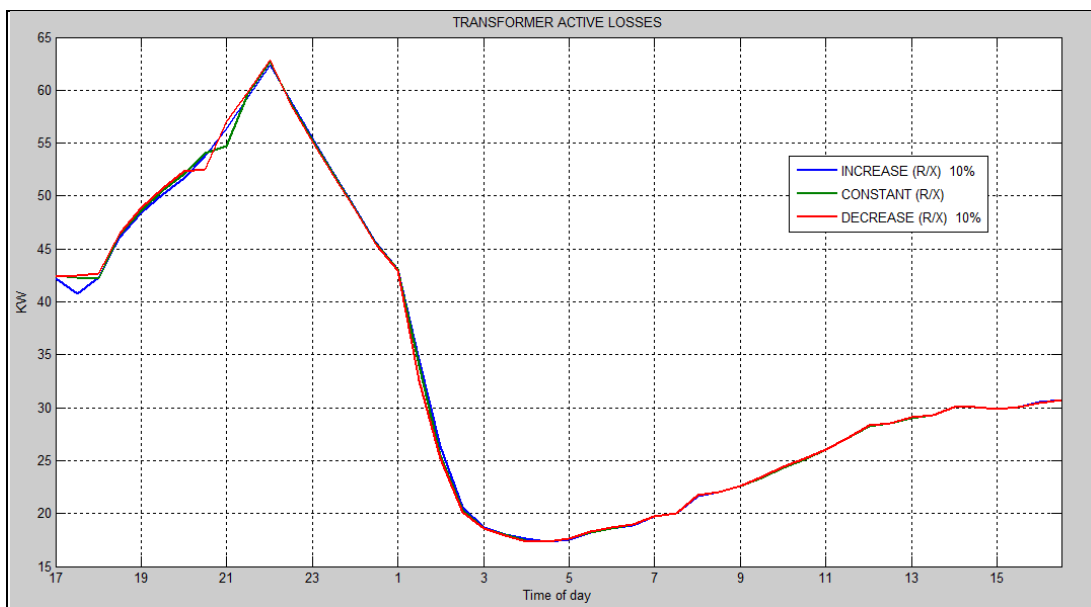


شکل (۴-۳۱): تلفات اکتیو خطوط شبکه در ۳ حالت (افزایش ۱۰٪ (R/X) ، ثابت (R/X) ، کاهش ۱۰٪ (R/X))

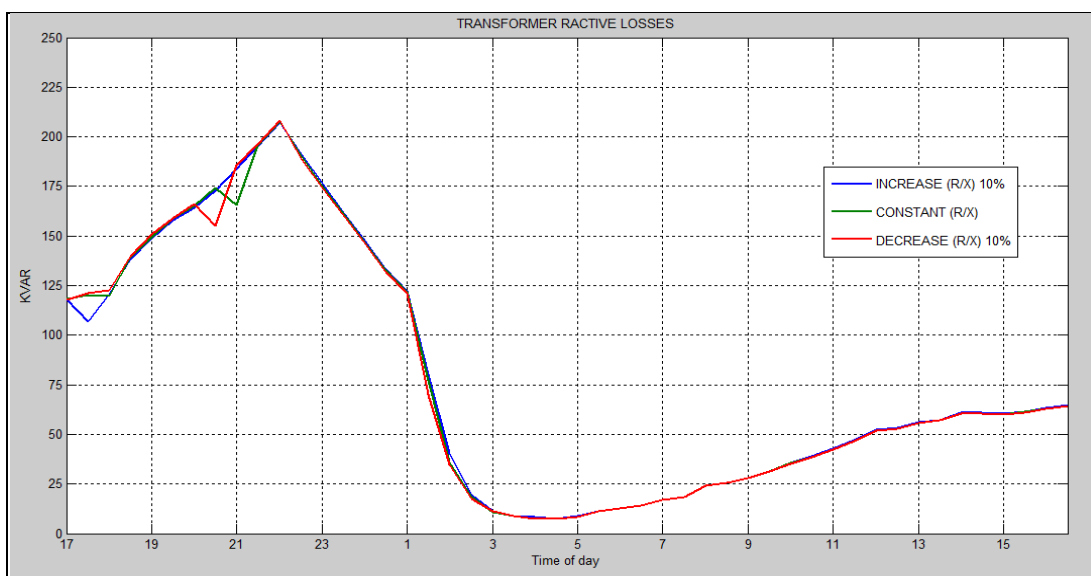


شکل (۴-۳۲): تلفات راکتیو خطوط شبکه در ۳ حالت (افزایش ۱۰٪ (R/X) ، ثابت (R/X) ، کاهش ۱۰٪ (R/X))

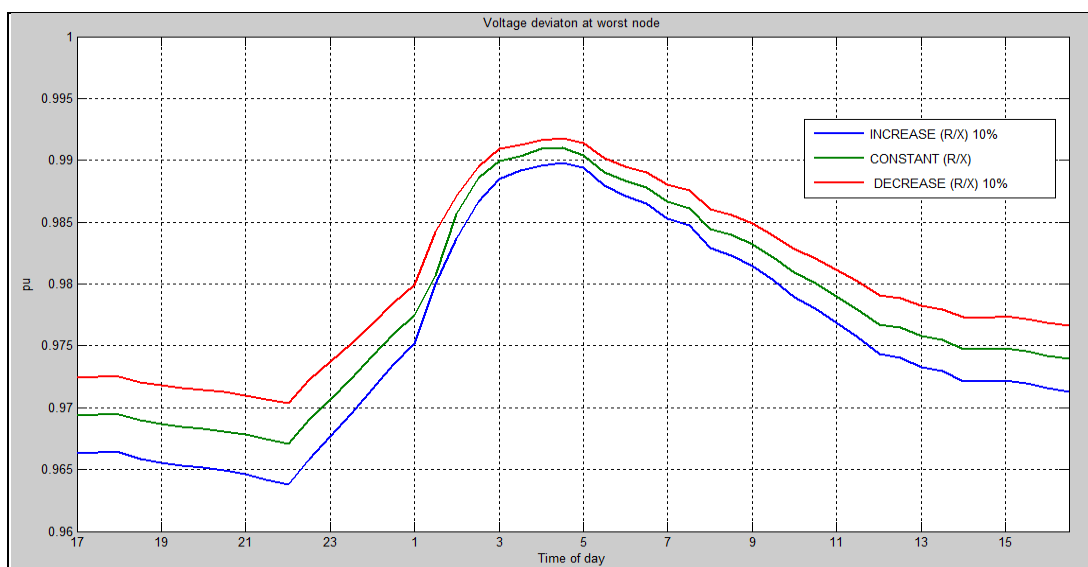
شکل‌های (۴-۳۳) و (۴-۳۴) تلفات اکتیو و راکتیو ترانسفورماتورهای شبکه توزیع نمایش داده شده است. در شکل‌های تلفات ترانسفورماتورها از ساعت ۱۷ تا ۲۲ نمودار حالت سوم از بقیه نمودار بالاتر است، چون امپدانس خطوط در حالت سوم از بقیه حالت‌ها کمتر است و خودروهای بیشتری نسبت به دو حالت دیگر، به شبکه متصل هستند. در نتیجه تلفات اکتیو و راکتیو ترانسفورماتورهای شبکه نسبت به دو حالت دیگر افزایش می‌یابد. نمودارهای حالت دوم و سوم در شکل‌های (۴-۳۳) و (۴-۳۴) در ساعات ۲۰:۳۰ و ۲۱ مشابه تلفات خطوط دچار جهش تلفاتی شده است. همچنین از ساعت ۴:۳۰ به بعد که خودروهای برقی در شبکه حضور ندارند، تقریباً نمودار ۳ حالت، دو شکل تلفاتی برهم منطبق هستند.



شکل(۴-۳۳): تلفات اکتیو ترانسفورماتورها در حالت ۳ (افزایش ۱۰٪ (R/X)، ثابت (R/X)، کاهش ۱۰٪ (R/X))



شکل(۴-۳۴): تلفات راکتیو ترانسفورماتورها در حالت ۳ (افزایش ۱۰٪ (R/X)، ثابت (R/X)، کاهش ۱۰٪ (R/X))



شکل (۴-۳۵): پروفیل ولتاژ بدترین فیدر شبکه در ۳ حالت (افزایش ۱۰٪ (R/X)، ثابت (R/X)، کاهش ۱۰٪ (R/X))

شکل (۴-۳۵) پروفیل ولتاژ فیدر ۱۱ مسکونی شبکه توزیع در ۳ حالت را نشان می‌دهد. نمودار حالت سوم که امپدانس خطوط کمتری نسبت به دو حالت دیگر دارد، از بقیه حالت‌ها بالاتر است. که این پدیده موید این است، که تلفات اکتیو خطوط قسمت اصلی تلفات شبکه را تشکیل داده و بیشترین تاثیر را بر پروفیل ولتاژ فیدرها دارد. در ساعت ۱ تا ۵ صبح در زمان کم باری شبکه میزان اختلاف ۳ نمودار از بقیه زمان‌ها کمتر می‌باشد. در جدول (۴-۱۸) میزان متوسط پارامترهای شبکه در طول ۲۴ ساعت در ۳ حالت را نشان می‌دهد. مقدار متوسط تلفات اکتیو خطوط حدود ۷/۸٪ در هر حالت را نشان می‌دهد، تلفات اکتیو خطوط در سه حالت تغییرات قابل توجهی ندارد، در تلفات اکتیو ترانسفورماتورها هر ۳ حالت به هم نزدیک‌اند و مقدار متوسط حالت دوم از هر دو حالت کمتر می‌باشد. همین شرایط درباره تلفات اکتیو ترانسفورماتورها صدق می‌کند، ولی با این تفاوت که مقدار متوسط حالت سوم از همه کمتر می‌باشد. مقادیر متوسط توان مصرفی اکتیو در هر ۳ حالت کمتر ۵/۰٪ افزایش را نشان می‌دهد. مقادیر متوسط توان اکتیو مصرفی در سه حالت تغییرات بسیار اندکی دارند.

جدول (۴-۱۸): میزان متوسط پارامترهای شبکه توزیع در ۳ حالت

حالت سوم	حالت دوم	حالت اول	پارامترهای شبکه توزیع
108.18724	116.9596	125.9007	تلفات اکتیو خطوط
86.73074	86.95507	87.34981	تلفات راکتیو خطوط
33.58318	33.58125	33.58584	تلفات اکتیو ترانسفورماتورها
77.93678	78.16211	78.50146	تلفات اکتیو ترانسفورماتورها
4.064539	4.073279	4.082262	توان مصرفی اکتیو
2.064193	2.064613	2.065435	توان مصرفی راکتیو
0.979738	0.977946	0.976143	پروفیل ولتاژ

۴-۴- جمع بندی و نتیجه گیری

در این قسمت یک جمع بندی از نتایج و شبیه‌سازهای این فصل صورت گرفته است. بدین صورت که بعد از محاسبه پارامترهای شبکه توزیع در فصل قبل، وجود یک روش مدیریتی برای شارژ ضروری بنظر رسید. بنابراین در این فصل با ارائه الگوریتم پیشنهادی، اثر آن بر کاهش توان‌های مصرفی و تلفات شبکه و پروفیل ولتاژ در ۳ حالت مشاهده شد. بنحوی که توان اکتیو مصرفی در درصد حضور ۱۰۰٪ در ۳ تا حالت جدول (۳-۴) فصل ۳ به ترتیب ۱۰٪ و ۱/۲٪ و ۱۹/۴٪ کاهش رخ می‌دهد. به همین نحو توان راکتیو در ۳ تا حالت به ترتیب ۱۱/۴۴٪ و ۱/۲۴٪ و ۲۱/۲۸٪ کاهش همراه است. در تلفات اکتیو خطوط در ۳ تا حالت به ترتیب ۲۵/۷۵٪ و ۵/۲۶٪ و ۴۳/۴۲٪ کاهش رخ می‌دهد. کاهش تلفات راکتیو در ۳ تا حالت به ترتیب ۲۸/۵۰۸٪ و ۵/۵۷٪ و ۴۸/۴۹٪ می‌باشد. در تلفات اکتیو ترانسفورماتورها در ۳ تا حالت به ترتیب ۲۴/۵۴٪ و ۳/۲٪ و ۲۹/۶۹٪ کاهش تلفات وجود دارد. در تلفات راکتیو ترانسفورماتورها در ۳ تا حالت به ترتیب ۳۰/۴۹٪ و ۵/۷۷٪ و ۴۷/۲۷٪ کاهش تلفات وجود دارد و پروفیل ولتاژ هم در درصد حضور ۱۰۰٪ در ۳ تا حالت با افزایش به ترتیب ۰/۶۵٪ و ۰/۴۱٪ و ۰/۸۹٪ همراه است. در بقیه درصدهای حضور هم کاهش توان و تلفات وجود دارد، ولی با درصد کاهش کمتری است. که این نتایج نشان عملکرد مناسب الگوریتم مدیریت شارژ می‌باشد. در قسمت بعدی که خودروهای برقی بصورت (V2G) وارد شبکه می‌شوند، توان‌های مصرفی و تلفات شبکه متناسب با درصد حضور خودروهای (V2G) کاهش رخ می‌دهد. بطوریکه در حالت اول جدول (۳-۴) در هر گام (تغییرات درصد حضور خودروهای (V2G)) توان اکتیو مصرفی ۲٪ و توان راکتیو مصرفی ۳٪ و تلفات اکتیو و راکتیو خطوط به ترتیب ۶٪ و ۹٪ و تلفات اکتیو و راکتیو ترانسفورماتورها ۵٪ و ۱۰٪ کاهش تلفات دارد و پروفیل ولتاژ هم ۱٪ افزایش دارد. بطورکلی با ورود خودروهای برقی بصورت (V2G) در حالت اول بر پارامترهای توان‌های مصرفی و تلفات شبکه تاثیر کاهشی و مثبتی دارد. ولی در حالت سوم فقط بر توان‌های مصرفی تاثیر کاهشی و مثبت داشته و بر بقیه پارامترها تاثیر ناچیز یا منفی دارد. در آخرین قسمت این فصل، با افزایش و کاهش نسبت (R/X) پارامترهای خطوط شبکه (مقاومت و راکتانس)، تلفات اکتیو خطوط شبکه و توان‌های مصرفی اکتیو شبکه توزیع در طول ۲۴ ساعت، افزایش و کاهش می‌یابند. تلفات راکتیو خطوط شبکه و توان‌های مصرفی راکتیو شبکه و تلفات اکتیو و راکتیو ترانسفورماتورها شبکه به رغم نوسانات در بازه‌های زمانی مختلف، بطور متوسط در طول ۲۴ ساعت تغییر قابل توجهی ندارند. همچنین تغییر نسبت پارامترهای امپدانس شبکه تاثیر مستقیمی روی تعداد خودروهای برقی که در هر بازه زمانی شارژ می‌شوند، دارند.

فصل پنجم:

مدیریت شارژ خودروهای برقی در حالت عدم تعادل شبکه توزیع

۵-۱- مقدمه

همانطور که در فصل‌های قبل بیان شده است، تمام نتایج بدست آمده در فصول قبلی بر پایه متعادل بودن شبکه می‌باشد. بدین معنی که مقدار بارهای اکتیو و راکتیو مسکونی و تجاری روی ۳ تا فاز (A,B,C) سیستم خطوط ۴۰۰ ولت و ۲۰ کیلوولت و متعاقبا روی ترانسفورماتورهای ۲۰ کیلوولت به ۴۰۰ ولت با هم برابر است. فقط باهم ۱۲۰ درجه اختلاف فاز دارند. البته شایان ذکر است، که تمام مشترکین خانگی بصورت تک فاز به شبکه متصل هستند. پس اتصال خودروهای برقی هم به شبکه بصورت تک فاز می‌باشد. ولی در واقعیت در شبکه‌های توزیع بدلیل اینکه تعداد مشترکین روی فازهای خطوط و ترانسفورماتور برابر نیستند، لذا همیشه عدم تعادل محسوسی در شبکه وجود دارد [۲۲]. در جدول (۵-۱) مشخصات فیدرهای مسکونی جدول (۳-۱) فصل ۳ را در حالت عدم تعادل نمایش می‌دهند. در ستون‌های کلید کل جدول (۵-۱) مجموع جریان ۴ فیدر خروجی (فیدر چهارم فیدر معابر است) ترانسفورماتورهای ۲۰ کیلوولت به ۴۰۰ ولت را نمایش می‌دهد. که عدم تعادل در ۳ فاز (A,B,C) به وضوح مشخص است. همچنین در جدول (۵-۳) هم مشخصات فیدرهای تجاری جدول (۳-۲) فصل ۳ را در حالت عدم تعادل نمایش داده شده است. البته در حالت عدم تعادلی از بارهای تجاری شبکه حذف شده‌اند، لذا توان‌های مصرفی شبکه نسبت به حالت تعادل کمتر می‌باشد.

جدول (۵-۱): مشخصات فیدرهای مسکونی در حالت عدم تعادل [۲۹]

ردیف	فیدر دانشگاه	قدرت ترازی				کلید کل
		A	B	C	N	
۱	خ فتح المبین شماره ۱	کد پست				۳۷۵
		400				
۲	خ فتح المبین شماره ۲	کد پست				۴۲۰
		500				
۳	خ هفت تیر	کد پست				۲۷۰
		315				
۴	جانبازان خ انبار دارونی	کد پست				۲۴۰
		315				
۴	هانیون خ استاد معین	کد پست				۱۹۷
		400				
۶	هانیون شهرک شمالی	کد پست				۲۶۶
		200				
۷	بلوار نماز جدید الاحداث	کد پست				۲۲۵
		200				
۸	انتهای بلوارصیاد شیرازی	کد پست				۷۷
		200				
۹	خ اوینی شماره ۲	کد پست				۵۳
		315				
۱۰	خ هانیون خ دهخدا	کد پست				۵۳
		315				
۱۱	خ اوینی قدیم شماره ۱	کد پست				۱۵۰
		200				
۱۲	خ جابربن حیان هشت برق استن	کد پست				۱۵۵
		500				

در این بخش ورود خودروهای برقی به شبکه فقط در درصد حضور ۱۰۰٪ برای دریافت شارژ از شبکه (G2V) و بصورت تصادفی صورت می‌گیرد. ورود خودروهای برقی در اولویت اول بین ساعت ۱۷

تا ۱۲ نیمه شب صورت می‌گیرد. در واقع همان حالت اول جدول (۳-۴) فصل ۳ می‌باشد، در جدول (۲-۵) ورود تصادفی خودروها به شبکه در درصد حضور ۱۰۰٪ نشان داده شده است.

جدول (۲-۵): هیستوگرام تصادفی ورود خودروهای برقی به شبکه در اولویت زمانی اول

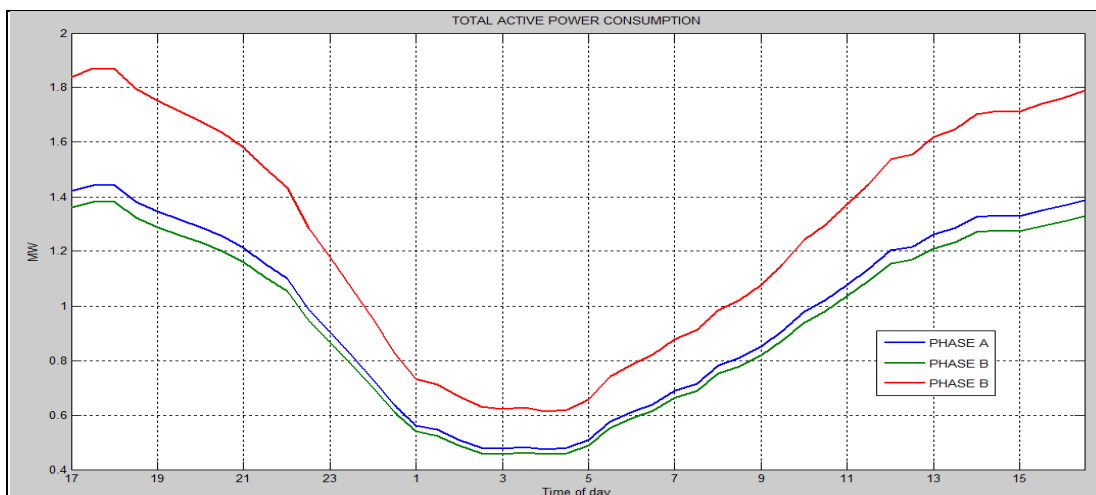
PL	17	17:30	18	18:30	19	19:30	20	20:30	21	21:30	22	22:30	23	23:30
100%	376	225	21	32	11	48	25	2	0	1	0	0	0	1

جدول (۳-۵): مشخصات فیدرهای تجاری در حالت عدم تعادل [۲۹]

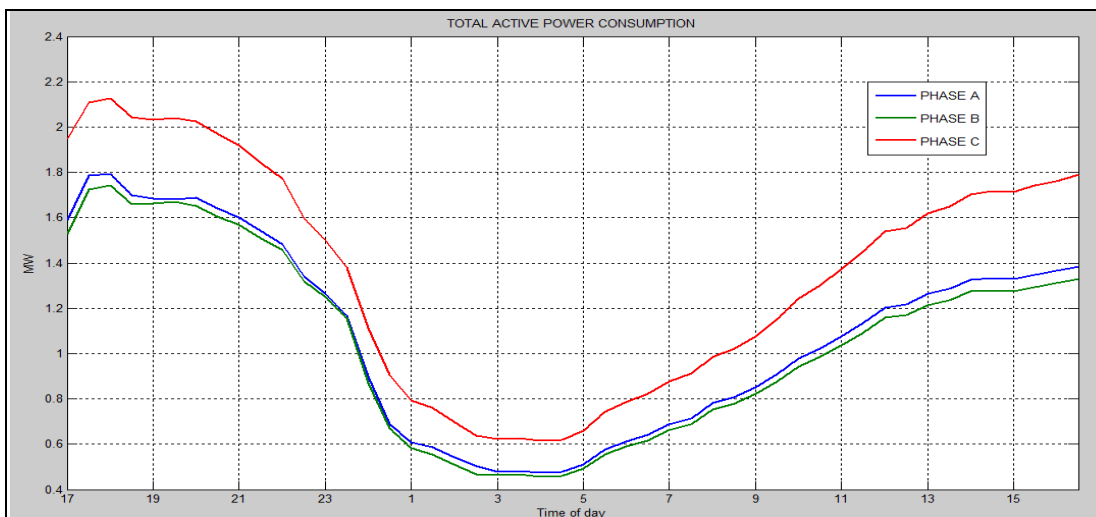
ردیف	فیدر دانشگاه				قدرت ترانس				کلید کل
	نام و آدرس پست		کد پست		A	B	C	N	
۱	میدان انقلاب		۳۱۵		۲۵۰	۱۹۰	۳۱۰		
۲	بلوار مدرس ژوبروی تلین اجتماعی		۳۱۵		۱۷۰	۱۱۰	۱۵۵		
۳	پست مجمع ورزشی امام علی		۱۰۰		۱۰۵	۱۰۰	۱۱۵		
۴	کارخانه نمک هانیوان		۱۰۰		۱۳۰	۱۱۵	۵۸		
۴	بلوار مدرس جرق استان		۳۱۵		۱۵۰	۱۷۰	۱۶۰	۵۰	
۶	محیط زیست استان		۳۱۵		۱۵۰	۱۷۰	۱۶۰	۵۰	

۵-۲- نتایج پارامترهای شبکه در حالت عدم تعادل

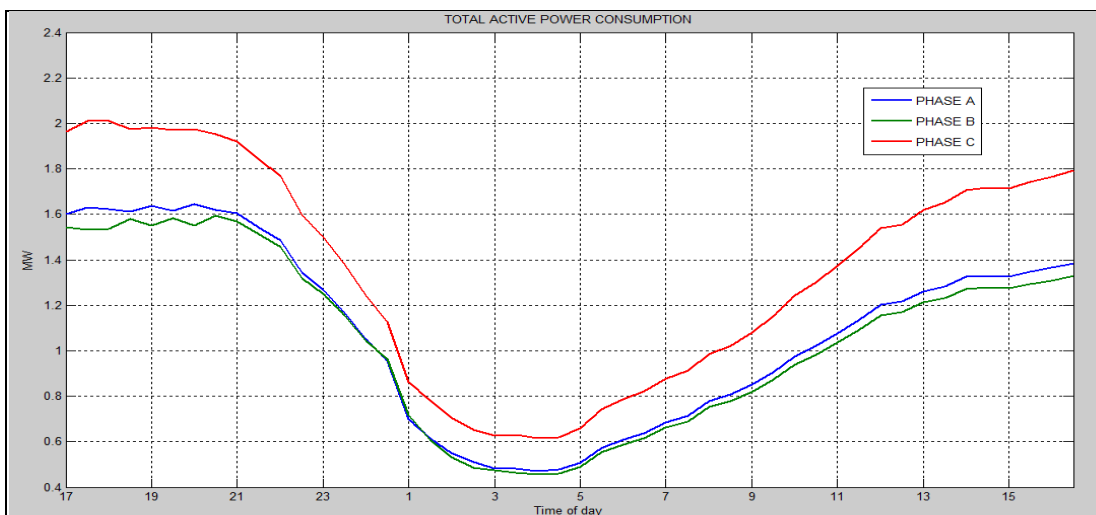
بطور کلی نتایج خروجی مشابه فصل‌های قبلی شامل توان‌های اکتیو و راکتیو مصرفی، تلفات اکتیو و راکتیو خطوط شبکه، تلفات اکتیو و راکتیو ترانسفورماتورهای شبکه و پروفیل ولتاژ بدترین فیدر شبکه در حالت ۳ است. در حالت اول نتایج خروجی شبکه توزیع بدون حضور خودروهای برقی در حالت عدم تعادل محاسبه می‌شود. در حالت دوم هم نتایج خروجی با حضور ۱۰۰٪ خودروهای برقی در شبکه طبق هیستوگرام تصادفی جدول (۲-۵) بدون استفاده از الگوریتم محاسبه می‌شود. حالت سوم هم مشابه حالت دوم است، ولی با استفاده از الگوریتم هماهنگ‌سازی، شارژ خودروهای برقی مدیریت می‌شود. شروط هماهنگ‌سازی شبکه مانند حالت تعادل است، ولی میزان حد توان اکتیو مصرفی با توجه به حداکثر توان اکتیو مصرفی بدون حضور خودروها در شبکه در طول ۲۴ ساعت برابر ۴/۷ مگاوات است. لذا با فرض افزایش ۱۰٪ این مقدار، حد توان اکتیو مصرفی برابر ۵/۱۷ مگاوات در نظر گرفته می‌شود. شکل (۵-۱) توان اکتیو مصرفی ۳ فاز شبکه در ۳ حالت مذکور را نمایش می‌دهد.



شکل الف: توان اکتیو مصرفی شبکه در حالت بدون حضور خودروهای برقی



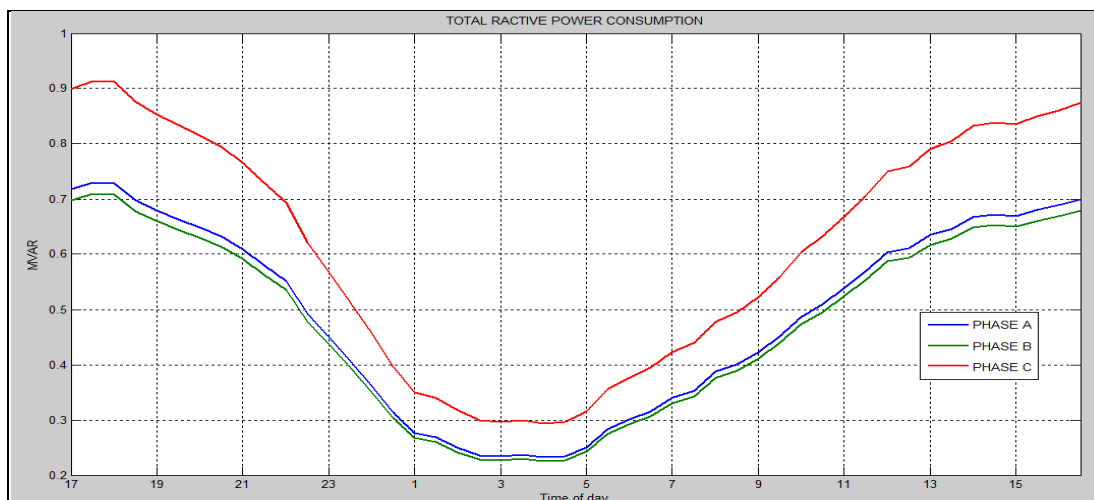
شکل ب: توان اکتیو مصرفی شبکه در حالت با حضور ۱۰٪ خودروهای برقی بدون هماهنگ‌سازی شارژ



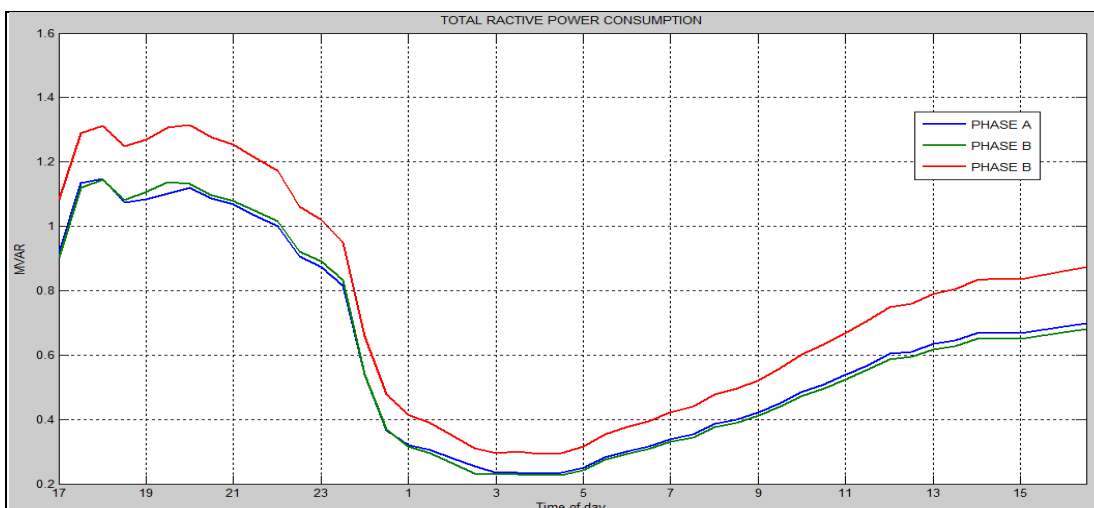
شکل ج: توان اکتیو مصرفی شبکه در حالت با حضور ۱۰٪ خودروهای برقی با هماهنگ‌سازی شارژ

شکل (۵-۱): توان اکتیو مصرفی شبکه در ۳ حالت (بدون خودرو، با حضور خودرو، با حضور خودرو بدون هماهنگ‌سازی، با حضور خودرو با هماهنگ‌سازی)

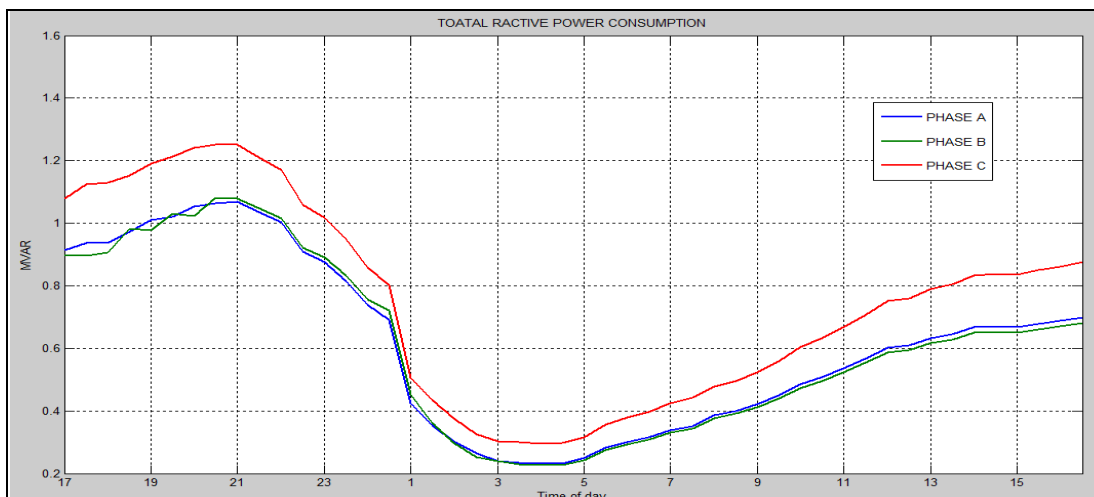
در قسمت‌های شکل (۵-۱) نمودار توان اکتیو مصرفی فازهای B و A بسیار به هم نزدیک هستند. نمودار فاز C با اختلاف بالاتر از آنها قرار می‌گیرد. که این میزان اختلاف با نمودار دو فاز دیگر در زمان پرباری شبکه بیشتر شده و در زمان کم‌باری کمتر می‌باشد. که این موضوع بدلیل این است، که تعداد بیشتری مشترک خانگی و تجاری به فاز C متصل شده‌اند. همچنین در ابتدای فیدر شبکه در شکل (۳-۱) فصل قبل ۴ بار مسکونی و تجاری با نام‌های (RGL1, RGL2, CGL1, CGL2) وجود دارند، که بیشتر به فاز C متصل هستند، ولی خودروی برقی در این قسمت این بارها به شبکه متصل نمی‌شود. در قسمت B که خودروهای برقی وارد شبکه می‌شوند، از ساعت ۳ نیمه شب به بعد نمودار ۳ تا فاز مانند نمودارهای قسمت الف می‌باشد. که بدلیل عدم حضور خودروها در این محدوده زمانی می‌باشد. در بازه زمانی ۱۷ تا ۳ نیمه‌شب بدلیل اتصال خودروها میزان توان مصرفی در نمودارهای هر ۳ تا فاز بالا می‌رود. اما در فاز C نسبت به فازهای B, A خودروهای برقی کمتری شارژ می‌شوند. لذا اختلاف توان اکتیو مصرفی ۳ تا فاز کمتر می‌شود. که این پدیده بعلت این است، که در تعداد زیادی از بارهای متصل به فاز C مانند بارهای عمومی اول ابتدای فیدر شبکه خودروی برقی شارژ نمی‌شود، لذا با ورود خودروهای برقی میزان افزایش توان اکتیو مصرفی در فاز C نسبت به فازهای دیگر کمتر است و در بازه زمانی ۲۰:۳۰ تا ۱۲ نیمه شب که تمامی خودروها در شبکه حضور دارند، با کاهش ضریب بارگذاری شبکه میزان اختلاف توان اکتیو مصرفی ۳ تا فاز کاهش یافته و به هم نزدیک می‌شوند. در قسمت ج، نمودار توان اکتیو مصرفی بعد از اعمال الگوریتم نمایش داده شده و در مقایسه با قسمت ب مقادیر نمودارهای توان اکتیو مصرفی ۳ تا فاز در بازه‌ی زمانی ۱۷ تا ۲۰:۳۰ کاهش می‌یابند. متعاقباً میزان مصرف در ۳ تا فاز در بقیه زمانها تا خروج خودروها از شبکه افزایش می‌یابند. برای مثال در ساعت ۱ نیمه‌شب در قسمت الف میزان توان اکتیو مصرفی فاز C کمتر از ۰/۸ مگاوات است، اما در قسمت ب این مقادیر به ۰/۸ و در قسمت ج به ۰/۸۲ مگاوات می‌رسد. در محدوده زمانی بین ساعت ۱۷ تا ۲۱ هم تغییرات توان مصرفی در هر نمودار بدلیل اعمال شروط توان اکتیو الگوریتم ناچیز می‌باشد. بطور کلی با اعمال الگوریتم هماهنگ‌سازی شارژ در بازه‌ی زمانی ۲۲ تا ۳ نیمه‌شب بخصوص در بازه زمانی ۱۲:۳۰ تا ۱ نیمه شب اختلاف مقادیر نمودارهای فازهای مختلف نسبت به قسمت‌های B و الف کاهش می‌یابند. این موضوع به متعادل کردن شبکه کمک می‌کند، به همین شکل در محدوده زمانی ۱۷ تا ۲۰ در قسمت ب نسبت به الف نیز اختلاف ۳ تا فاز کمتر می‌شود. در قسمت ج تقریباً به اندازه قسمت الف نامتعادلی در این بازه زمانی بیشتر می‌شود. شکل (۵-۲) توان اکتیو مصرفی ۳ فاز شبکه در ۳ حالت مذکور را نمایش می‌دهند.



شکل الف: توان راکتیو مصرفی شبکه در حالت بدون حضور خودروهای برقی



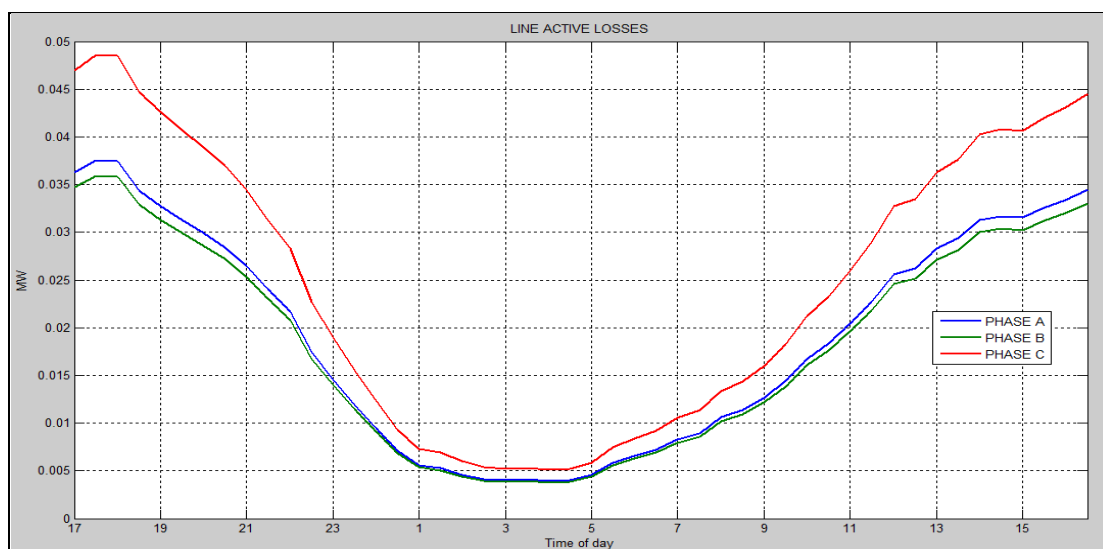
شکل ب: توان راکتیو مصرفی شبکه در حالت با حضور ۱۰٪ خودروهای برقی بدون هماهنگ سازی شارژ



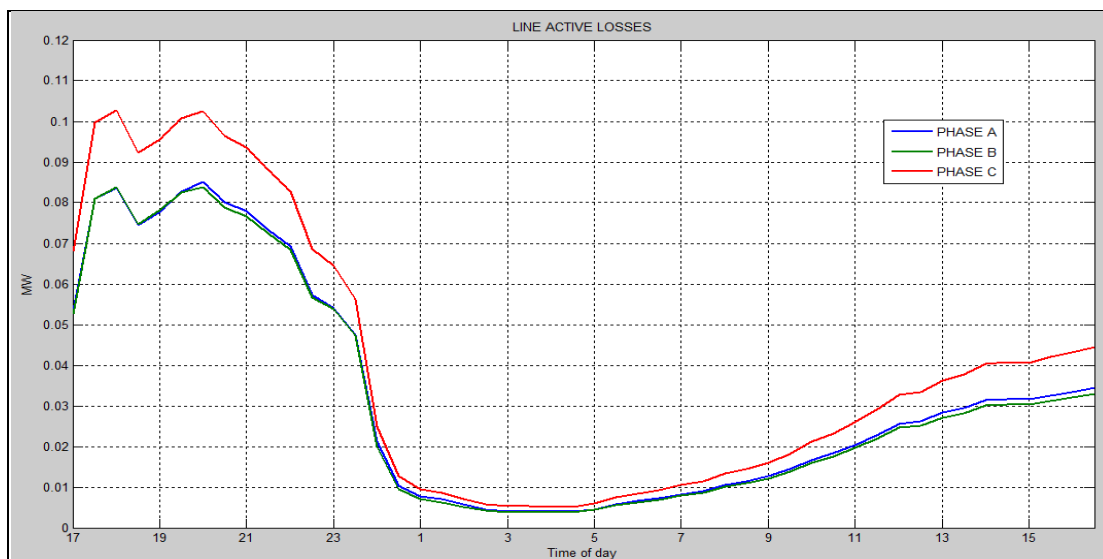
شکل ج: توان راکتیو مصرفی شبکه در حالت با حضور ۱۰٪ خودروهای برقی با هماهنگ سازی شارژ

شکل (۵-۲): توان راکتیو مصرفی شبکه در ۳ حالت (بدون خودرو، با حضور خودرو بدون هماهنگ سازی، با حضور خودرو با هماهنگ سازی)

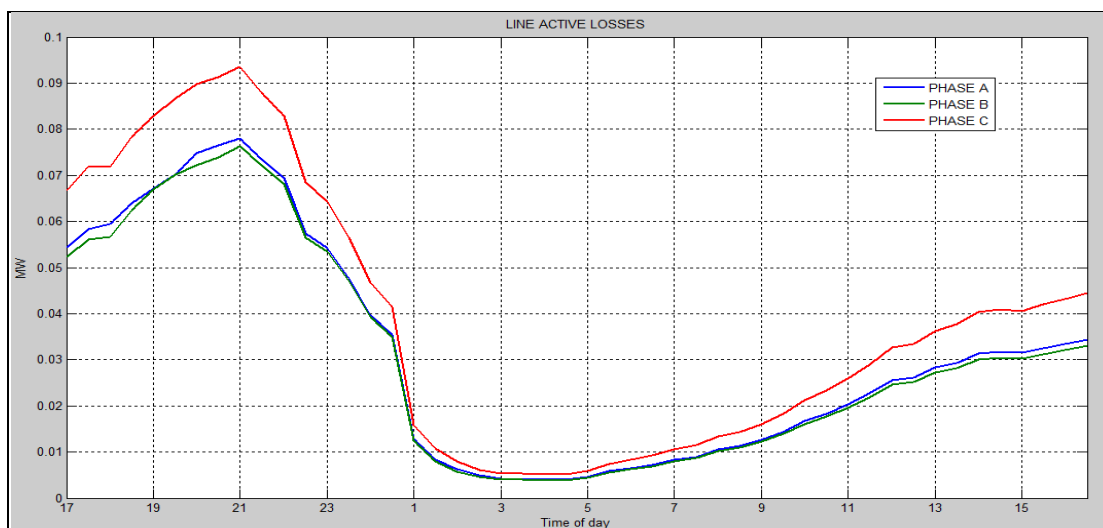
در قسمت‌های شکل (۵-۲) که توان راکتیو مصرفی شبکه در ۳ حالت نمایش می‌دهد. موارد مذکور درباره قسمت‌های شکل (۵-۱) صادق است. با این تفاوت که محدوده توان راکتیو از توان اکتیو بدلیل ضرایب قدرت بارهای شبکه کمتر است، همچنین در قسمت‌های شکل (۵-۲) نمودارهای توان راکتیو مصرفی فازهای A و B بسیار به هم نزدیک هستند و نمودار فاز C با اختلاف بالاتر از آنها قرار می‌گیرد. که این میزان اختلاف با نمودار دو فاز دیگر در زمان پرباری بیشتر و در زمان کم‌باری کمتر می‌باشد. در قسمت B که خودروهای برقی وارد شبکه می‌شوند، در بازه زمانی ۱۷ تا ۳ نیمه‌شب بدلیل اتصال خودروها میزان توان مصرفی در نمودارهای هر ۳ تا فاز بالا می‌رود. اما در فاز C نسبت به فازهای A, B خودروهای برقی کمتری شارژ می‌شوند. لذا اختلاف توان راکتیو مصرفی ۳ تا فاز مشابه توان اکتیو مصرفی کمتر می‌شود. در قسمت ج، نمودار توان راکتیو مصرفی شبکه بعد از اعمال الگوریتم هماهنگ‌سازی شارژ نمایش داده شده و در مقایسه با قسمت B مقادیر نمودارهای توان راکتیو مصرفی ۳ تا فاز در بازه‌ی زمانی ۱۷ تا ۳۰:۲۰ بدلیل خارج کردن تعداد از خودروهای برقی از شبکه برای برآورد کردن شروط هماهنگ‌سازی، کاهش می‌یابند. در نتیجه میزان مصرف توان راکتیو در ۳ تا فاز در بقیه زمان‌ها تا خروج خودروها از شبکه افزایش می‌یابند. همچنین در بازه‌ی زمانی ساعت ۲۲ تا ۳ نیمه‌شب بخصوص در بازه زمانی ساعت ۱۲:۳۰ تا ۱ نیمه‌شب که اکثر خودروهای برقی در شبکه حضور دارند، اختلاف مقادیر ۳ تا فاز نسبت به قسمت‌های B و الف کاهش می‌یابند. در قسمت B در این بازه زمانی نسبت به قسمت الف اختلاف توان مصرفی نمودارها کمتر می‌شود. به همین شکل در محدوده زمانی ساعت ۱۷ تا ۲۰ در قسمت B نسبت به الف اختلاف ۳ تا فاز کمتر می‌شود. در قسمت ج به اندازه قسمت الف نامتعادلی در این بازه زمانی بیشتر می‌شود.



شکل الف: تلفات اکتیو خطوط شبکه در حالت بدون حضور خودروهای برقی



شکل ب: تلفات اکتیو خطوط شبکه در حالت با حضور ۱۰۰٪ خودروهای برقی بدون هماهنگ‌سازی شارژ

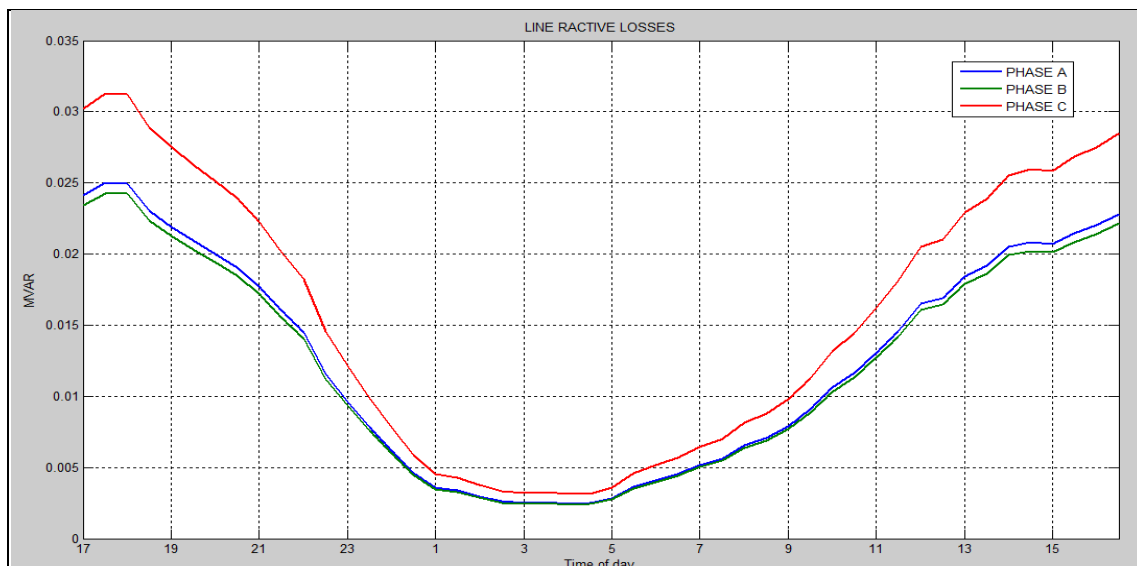


شکل ج: تلفات اکتیو خطوط شبکه در حالت با حضور ۱۰۰٪ خودروهای برقی با هماهنگ‌سازی شارژ

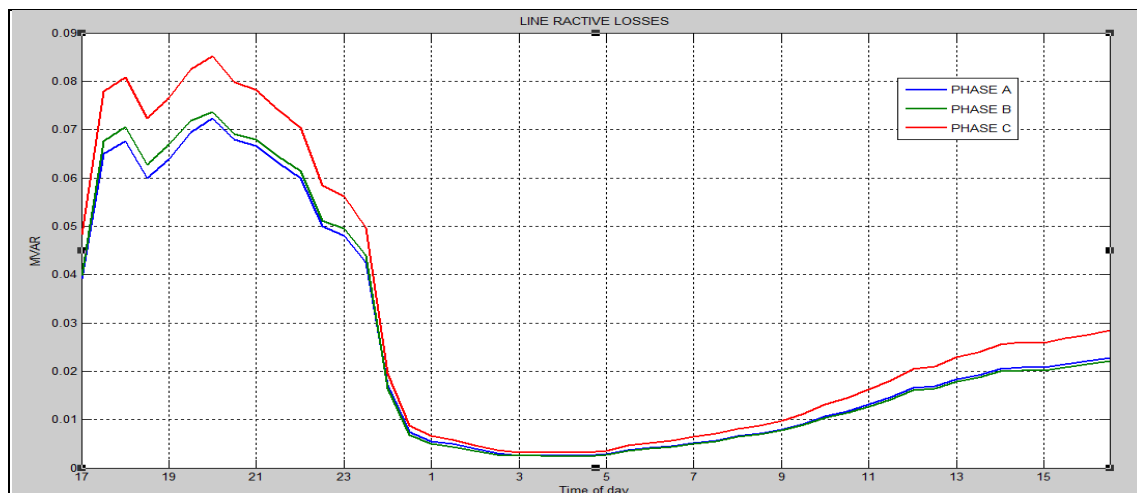
شکل (۵-۳): تلفات اکتیو خطوط شبکه در حالت (بدون خودرو، با حضور خودرو بدون هماهنگ‌سازی، با حضور خودرو با هماهنگ‌سازی)

در قسمت‌های شکل (۵-۳) هم همانند نمودارهای توان اکتیو مصرفی، نمودار تلفات اکتیو خطوط فازهای A و B بسیار به هم نزدیک هستند. نمودار تلفات اکتیو فاز C با اختلاف بالاتر از آنها قرار می‌گیرد. که این میزان اختلاف با نمودار دو فاز دیگر در زمان پرباری بیشتر و در زمان کم‌باری کمتر می‌باشد. در قسمت ب که خودروهای برقی وارد شبکه می‌شوند، در بازه زمانی ساعات ۱۷ تا ۱:۳۰ نیمه-شب هم بدلیل اتصال خودروها میزان توان مصرفی در نمودارهای هر ۳ تا فاز تقریباً به یک اندازه بالا می‌رود. اما نسبت به قسمت الف اختلاف نمودارهای ۳ تا فاز در بین ساعات ۱۷ تا ۲۰ کمی افزایش دارد. همچنین در بازه زمانی ساعات ۲۳ تا ۱ نیمه‌شب در مقایسه با قسمت الف اختلاف نمودارهای

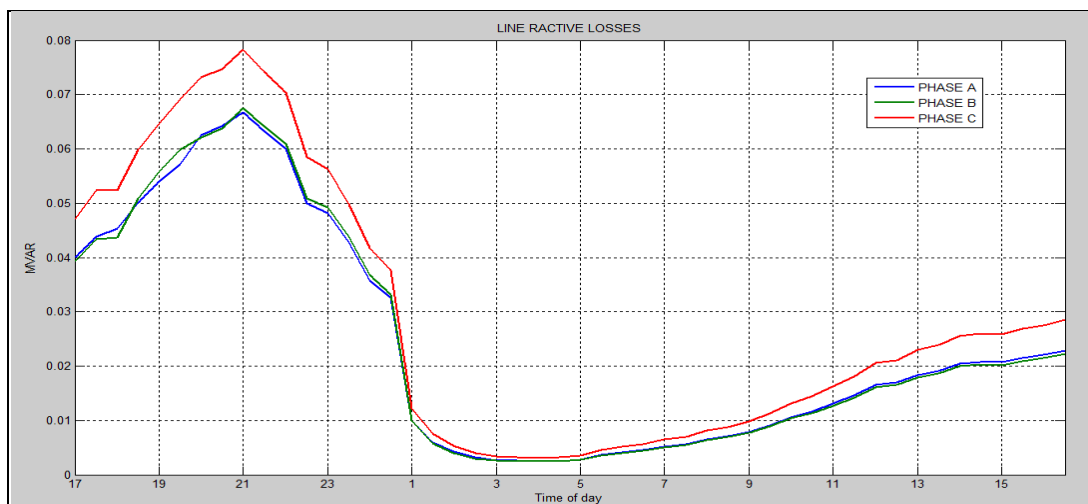
تلفات ۳ تا فاز کاهش می‌یابد. در قسمت ج نمودارهای تلفات اکتیو خطوط شبکه در ۳ تا فاز در مقایسه با قسمت ب در بازه‌ی زمانی ۱۷ تا ۲۰:۳۰ بدلیل خارج کردن تعداد از خودروهای برقی از شبکه کاهش یافته است. در نتیجه میزان تلفات اکتیو خطوط در ۳ تا فاز در بقیه زمانها تا خروج خودروها از شبکه افزایش می‌یابند. همچنین در بازه‌ی زمانی ۲۳ تا ۳ نیمه‌شب بخصوص در بازه زمانی ۱۲:۳۰ تا ۱ نیمه شب که اکثر خودروهای برقی در شبکه حضور دارند و ضرایب بارگذاری بارهای مسکونی و تجاری شبکه کاهش یافته‌اند، اختلاف مقادیر ۳ تا فاز نسبت به قسمت‌های ب و الف کاهش می‌یابند و متعادل‌تر می‌شوند. اما در محدوده زمانی ۱۷ تا ۲۰ اختلاف نمودارها در قسمت ج تقریباً به اندازه قسمت الف می‌رسد. در کل سیر تغییرات تلفات اکتیو خطوط مشابه توان‌های مصرفی شبکه می‌باشد. شکل (۴-۵) تلفات راکتیو خطوط ۳ فاز شبکه در ۳ حالت مذکور را نمایش می‌دهد.



شکل الف: تلفات راکتیو خطوط شبکه در حالت بدون حضور خودروهای برقی



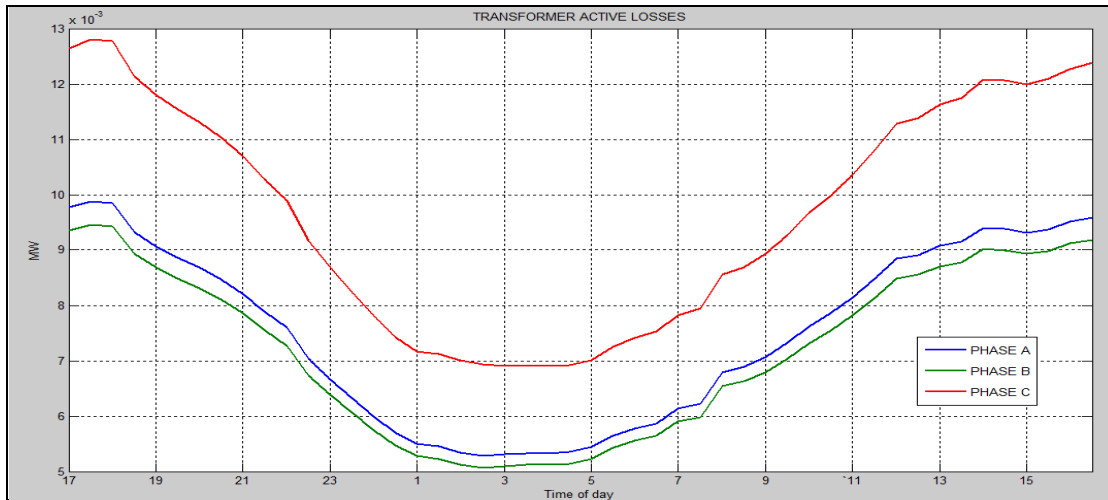
شکل ب: تلفات راکتیو خطوط شبکه در حالت با حضور ۱۰٪ خودروهای برقی بدون هماهنگ‌سازی شارژ



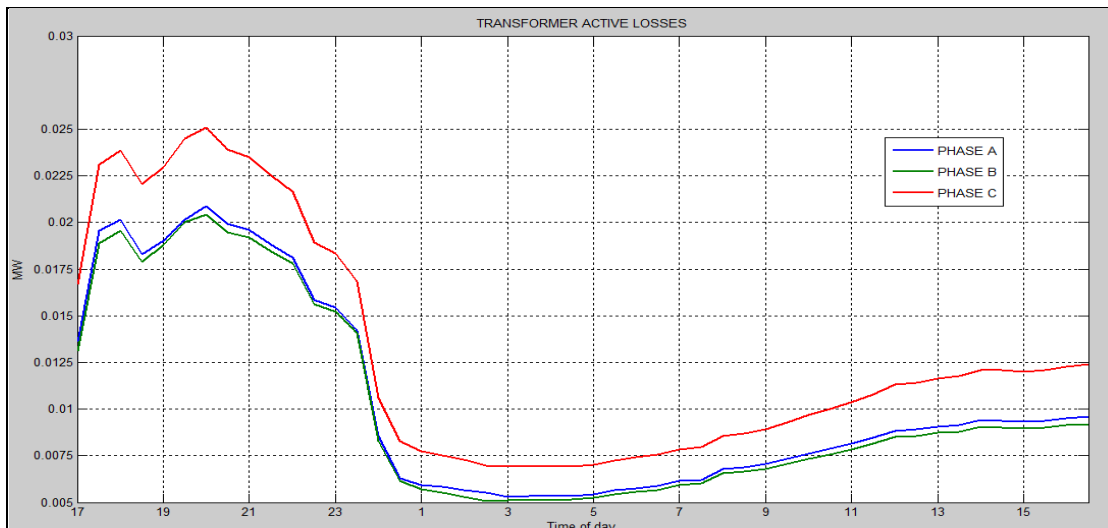
شکل ج: تلفات راکتیو خطوط شبکه در حالت با حضور ۱۰۰٪ خودروهای برقی با هماهنگ‌سازی شارژ

شکل (۴-۵): تلفات راکتیو خطوط شبکه در ۳ حالت (بدون خودرو، با حضور خودرو بدون هماهنگ‌سازی، با حضور خودرو با هماهنگ‌سازی)

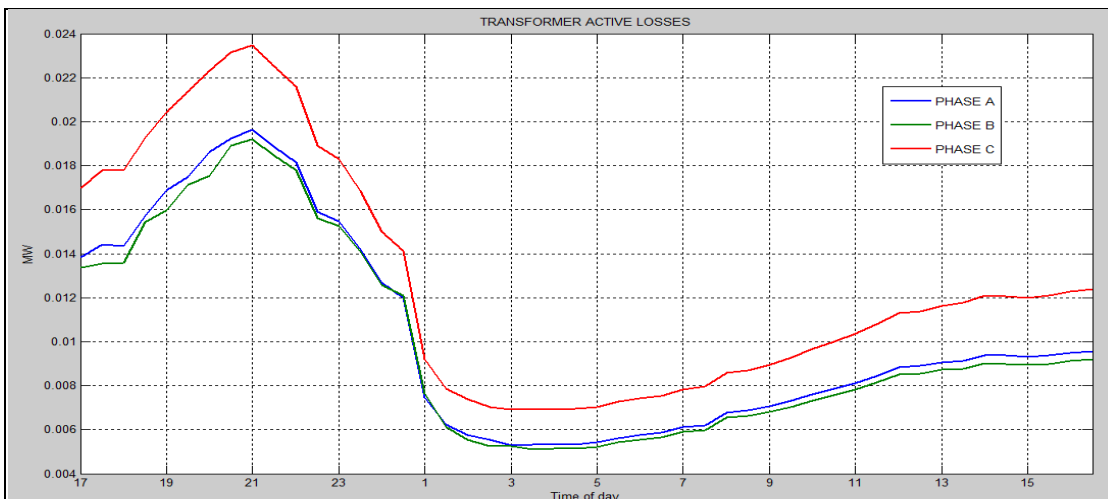
در قسمت‌های شکل (۴-۵) هم همانند نمودار تلفات اکتیو خطوط، نمودار تلفات راکتیو خطوط فازهای A و B بسیار به هم نزدیک هستند. نمودار تلفات اکتیو خطوط فاز C با اختلاف بالاتر از آنها قرار می‌گیرد. همچنین با توجه به مقاومت و راکتانس خطوط و ضرایب قدرت بارهای شبکه، مقادیر نمودارهای تلفات راکتیو از اکتیو کمتر می‌باشد. در قسمت B که خودروهای برقی وارد شبکه می‌شوند، همانند تلفات اکتیو خطوط شبکه از ساعت ۳ نیمه شب به بعد نمودار ۳ تا فاز مانند نمودارهای قسمت الف می‌باشد، که بدلیل عدم حضور خودروها در این محدوده زمانی است. در بازه زمانی ۱۷ تا ۳:۳۰ نیمه شب هم بدلیل اتصال خودروها میزان تلفات در نمودارهای هر ۳ تا فاز تقریباً به یک اندازه بالا می‌رود. اما نسبت به قسمت الف اختلاف نمودارهای ۳ تا فاز در ساعات بین ۱۷ تا ۲۰ کمی افزایش دارد. همچنین در بازه زمانی ۲۳ تا ۱ نیمه شب در مقایسه با قسمت الف اختلاف نمودارهای تلفات ۳ تا فاز کاهش می‌یابند. در قسمت ج، نمودارهای تلفات راکتیو خطوط شبکه ۳ تا فاز در مقایسه با قسمت B در بازه‌ی زمانی ۱۷ تا ۲۰:۳۰ بدلیل خارج کردن تعداد از خودروهای برقی از شبکه کاهش یافته است. در نهایت میزان تلفات راکتیو خطوط در ۳ تا فاز در بقیه زمانها تا خروج خودروها از شبکه افزایش می‌یابند. همچنین در بازه‌ی زمانی ۲۳ تا ۳ نیمه شب بخصوص در بازه ۱۲:۳۰ تا ۱ نیمه شب، اختلاف مقادیر ۳ نمودار فازهای مختلف شبکه نسبت به قسمت‌های B و الف کاهش می‌یابند و متعادل‌تر می‌شوند. در مجموع سیر تغییرات تلفات راکتیو خطوط مشابه تلفات اکتیو خطوط شبکه می‌باشد. شکل (۵-۵) تلفات اکتیو ترانسفورماتورهای فازهای مختلف شبکه در ۳ حالت مذکور را نمایش می‌دهد.



شکل الف: تلفات اکتیو ترانسفورماتورهای شبکه در حالت بدون حضور خودروهای برقی



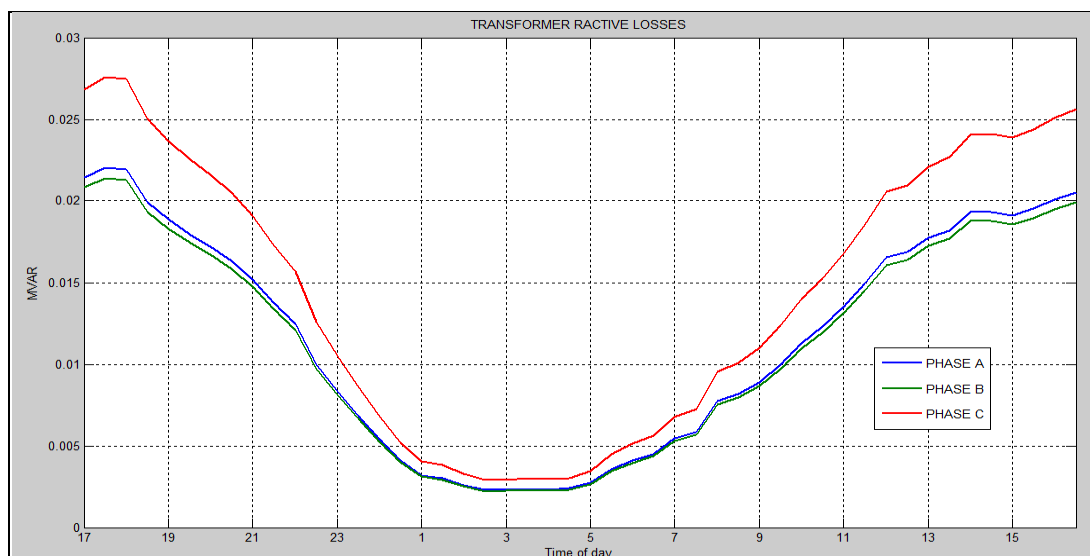
شکل ب: تلفات اکتیو ترانسفورماتورهای شبکه در حالت با حضور ۱۰۰٪ خودروها بدون هماهنگ‌سازی شارژ



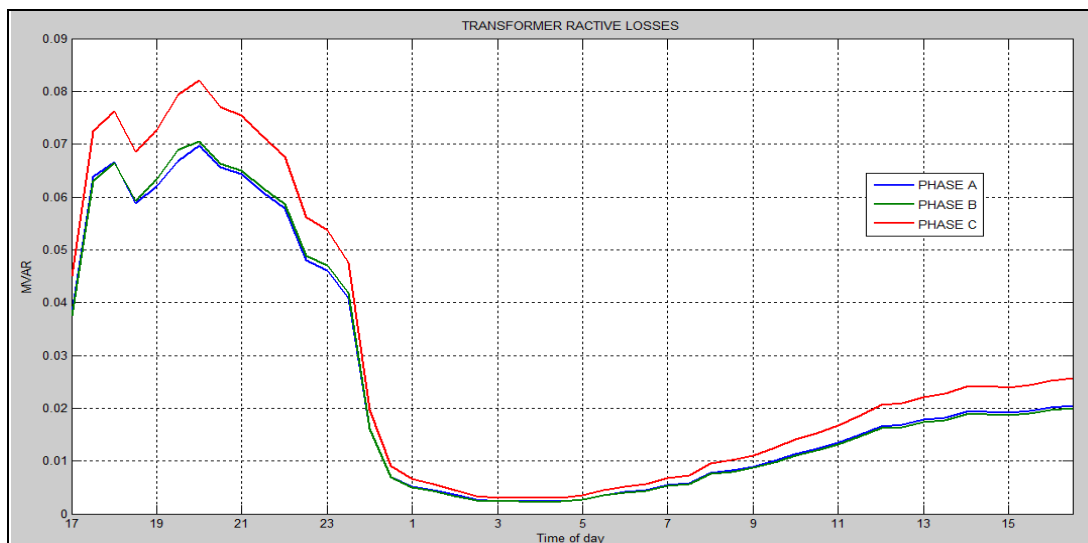
شکل ج: تلفات اکتیو ترانسفورماتورهای مصرفی شبکه در حالت با حضور ۱۰۰٪ خودروهای با هماهنگ‌سازی شارژ

شکل (۵-۵): تلفات اکتیو ترانسفورماتورهای شبکه در ۳ حالت (بدون خودرو، با حضور خودرو بدون هماهنگ‌سازی، با حضور خودرو با هماهنگ‌سازی)

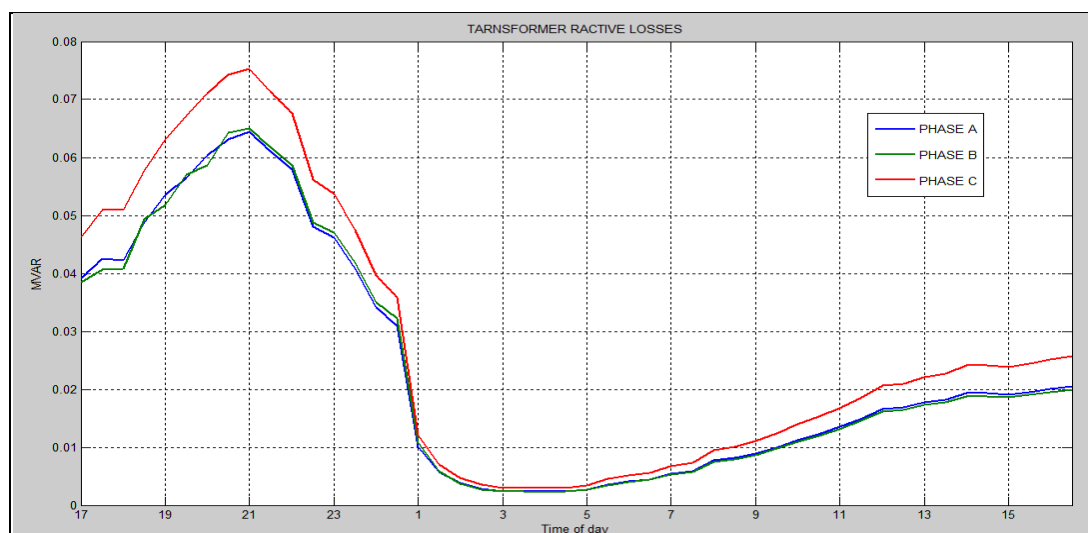
در قسمت‌های شکل (۵-۵) هم همانند نمودار تلفات اکتیو خطوط، نمودار تلفات اکتیو ترانسفورماتورها فازهای A و B بسیار به هم نزدیک هستند. نمودار فاز C با اختلاف بالاتر از آنها قرار می‌گیرد، که این میزان اختلاف با نمودار دو فاز دیگر در زمان پرباری بیشتر و در زمان کم‌باری کمتر می‌باشد. در قسمت ب که خودروهای برقی وارد شبکه می‌شوند، همانند تلفات اکتیو خطوط شبکه از ساعت ۳ نیمه شب به بعد نمودار ۳ تا فاز مانند نمودارهای قسمت الف می‌باشد. که بدلیل عدم حضور خودروها در این محدوده زمانی است. در بازه زمانی ۱۷ تا ۱:۳۰ نیمه‌شب هم بدلیل اتصال خودروها میزان تلفات در نمودارهای هر ۳ تا فاز تقریباً به یک اندازه بالا می‌رود. اما نسبت به قسمت الف اختلاف نمودارهای ۳ تا فاز در ساعات بین ۱۷ تا ۲۰ کمی افزایش دارد. همچنین در بازه زمانی ۲۳ تا ۱ نیمه‌شب در مقایسه با قسمت الف اختلاف نمودارهای تلفات فازهای مختلف کاهش می‌یابند. در قسمت ج نمودارهای تلفات اکتیو ترانسفورماتورهای شبکه فازهای مختلف در مقایسه با قسمت ب در بازه زمانی ۱۷ تا ۲۰:۳۰ بدلیل خارج کردن تعداد از خودروهای برقی از شبکه کاهش یافته و متعاقباً میزان تلفات اکتیو ترانسفورماتورها در ۳ تا فاز در بقیه زمان‌ها تا خروج خودروها از شبکه افزایش می‌یابند. در قسمت ب و ج هم نمودارهای تلفات فازهای A و B بسیار به هم نزدیک هستند. همچنین در بازه زمانی ۲۳ تا ۳ نیمه‌شب بخصوص در بازه ۱۲:۳۰ تا ۱ نیمه شب اختلاف مقادیر ۳ نمودار فازهای شبکه نسبت به قسمت‌های ب و الف کاهش می‌یابند و متعادل‌تر می‌شوند. در مجموع سیر تغییرات تلفات اکتیو ترانسفورماتورها مشابه تلفات اکتیو خطوط شبکه می‌باشد. شکل (۵-۶) تلفات اکتیو ترانسفورماتورهای ۳ فاز شبکه در ۳ حالت مذکور را نمایش می‌دهد.



شکل الف: تلفات اکتیو ترانسفورماتورهای شبکه در حالت بدون حضور خودروهای برقی



شکل ب: تلفات راکتیو ترانسفورماتورهای شبکه در حالت با حضور ۱۰۰٪ خودروها بدون هماهنگ‌سازی شارژ

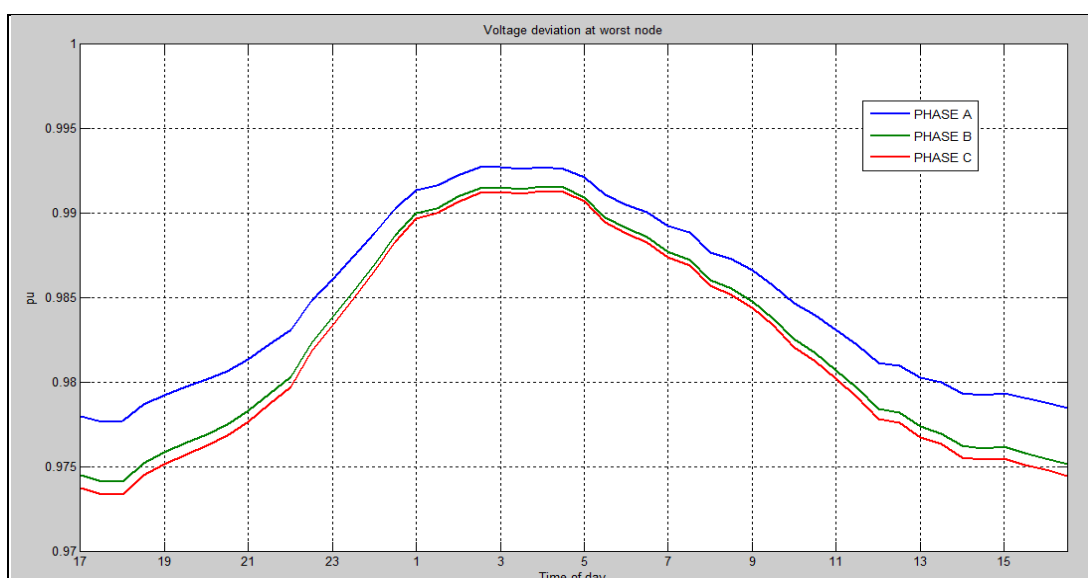


شکل ج: تلفات راکتیو ترانسفورماتورهای مصرفی شبکه در حالت با حضور ۱۰۰٪ خودروها با هماهنگ‌سازی شارژ

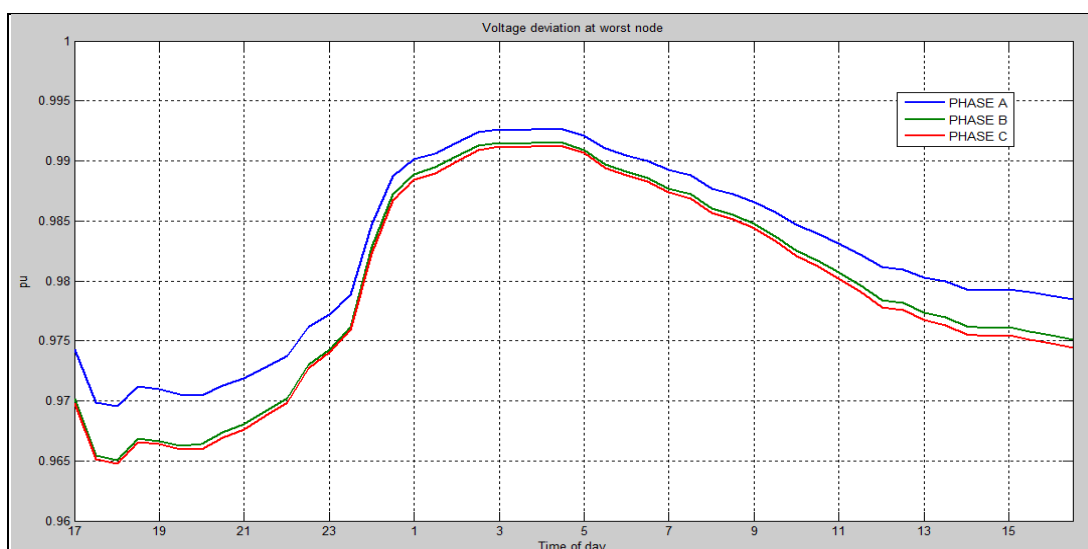
شکل (۵-۶): تلفات اکتیو ترانسفورماتورهای شبکه در ۳ حالت (بدون خودرو، با حضور خودرو، با حضور خودرو بدون هماهنگ‌سازی، با حضور خودرو با هماهنگ‌سازی)

در قسمت‌های شکل (۵-۶) هم همانند نمودار تلفات اکتیو ترانسفورماتورها، نمودار فازهای A و B بسیار به هم نزدیک هستند. نمودار فاز C با اختلاف بالاتر از آنها قرار می‌گیرد. در قسمت B که خودروهای برقی وارد شبکه می‌شوند، همانند تلفات اکتیو خطوط شبکه از ساعت ۳ نیمه شب به بعد نمودار ۳ تا فاز مانند نمودارهای قسمت الف می‌باشد. در بازه زمانی ۱۷ تا ۱:۳۰ نیمه شب هم بدلیل اتصال خودروها میزان توان مصرفی در نمودارهای هر ۳ تا فاز تقریباً به یک اندازه بالا می‌رود، اما نسبت به قسمت الف اختلاف نمودارهای ۳ تا فاز در ساعات بین ۱۷ تا ۲۰ کمی افزایش دارد. در قسمت ج نمودارهای تلفات راکتیو ترانسفورماتورهای شبکه در ۳ تا فاز در مقایسه با قسمت B در بازه-

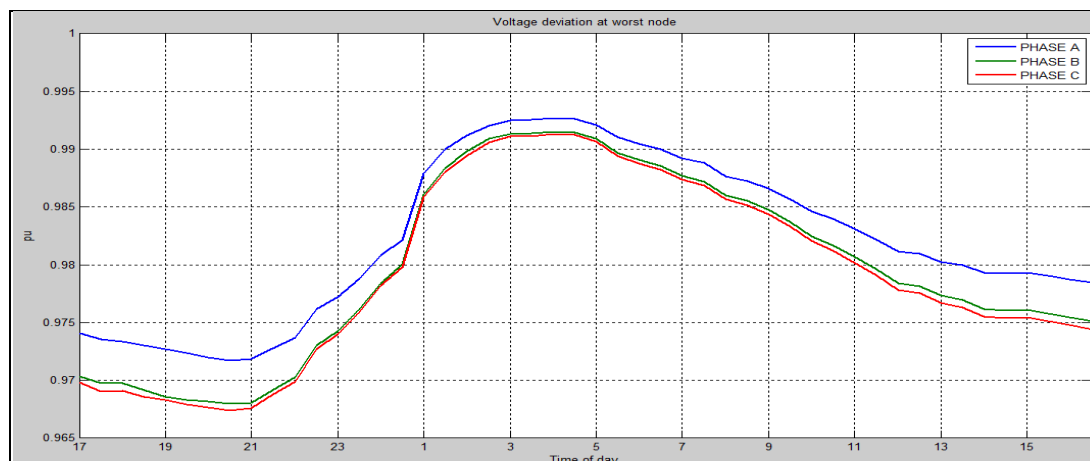
ی زمانی ۱۷ تا ۲۰:۳۰ بدلیل خارج کردن تعداد از خودروهای برقی از شبکه کاهش یافته است. متعاقبا میزان تلفات راکتیو ترانسفورماتورها در فازهای مختلف در بقیه زمانها تا خروج خودروها از شبکه افزایش می یابند. همچنین در بازه زمانی ۲۳ تا ۳ نیمه شب بخصوص در بازه ۱۲:۳۰ تا ۱ نیمه شب که اکثر خودروهای برقی در شبکه حضور دارند و ضرایب بارگذاری بارهای مسکونی و تجاری شبکه کاهش یافته اند، اختلاف مقادیر ۳ نمودار فازهای شبکه نسبت به قسمت های ب و الف کاهش می یابند و متعادل تر می شوند. در مجموع سیر تغییرات تلفات راکتیو ترانسفورماتورها مشابه تلفات اکتیو ترانسفورماتورها می باشد. با این تفاوت که بخاطر میزان فاکتور (X/R) تلفات راکتیو ترانسفورماتورها از تلفات اکتیو آن بیشتر است. شکل (۵-۷) پروفیل ولتاژ ۳ فاز شبکه در ۳ حالت مذکور را نمایش می دهد.



شکل الف: پروفیل ولتاژ بدترین فیدر شبکه در حالت بدون حضور خودروهای برقی



شکل ب: پروفیل ولتاژ بدترین فیدر شبکه در حالت با حضور ۱۰۰٪ خودروهای برقی بدون هماهنگ سازی شارژ



شکل ج: پروفیل ولتاژ بدترین فیدر شبکه در حالت با حضور ۱۰۰٪ خودروهای برقی با هماهنگ‌سازی شارژ

شکل (۵-۷): پروفیل ولتاژ بدترین فیدر شبکه در ۳ حالت (بدون خودرو، با حضور خودرو بدون هماهنگ‌سازی، با حضور خودرو با هماهنگ‌سازی)

در همه قسمت‌های شکل (۵-۷) نمودار پروفیل ولتاژ در فاز C از همه پایین‌تر است. سپس کمی بالاتر از آن نمودار فاز B قرار می‌گیرد. بالاتر از آن دو نمودار، نمودار فاز A می‌باشد. که این پدیده بعلت اختلاف فاز ۱۲۰ درجه فازهای مختلف ولتاژ هر فیدر می‌باشد. مشابه نمودارهای توان مصرفی و تلفات، این اختلاف در نمودارهای فازها در زمان پرباری بیشتر و در زمان کم‌باری کمتر می‌باشد. از ساعت ۳ نیمه شب به بعد نمودارهای قسمت الف و ب و ج بدلیل خروج تمامی خودروهای برقی مشابه هم هستند. در قسمت ب در بازه زمانی ۱۷ تا ۱:۳۰ نیمه‌شب بدلیل اتصال خودروها میزان توان مصرفی و تلفات در هر ۳ تا فاز تقریباً به یک اندازه بالا می‌رود و پروفیل ولتاژ هم پایین می‌آید. همچنین در بازه زمانی ۲۳ تا ۱ نیمه‌شب در مقایسه با قسمت الف اختلاف نمودارهای پروفیل ولتاژ ۳ تا فاز کاهش می‌یابد و تعادل بیشتری مشاهده می‌شود. در قسمت ج نمودارهای پروفیل ولتاژ ۳ تا فاز در مقایسه با قسمت ب در بازه زمانی ۱۷ تا ۲۰:۳۰ بدلیل خارج کردن تعداد از خودروهای برقی از شبکه بالاتر رفته است. متعاقباً نمودارهای پروفیل ولتاژ در ۳ تا فاز در بقیه زمانها تا خروج خودروها از شبکه کاهش یافته و پایین می‌آیند. در بازه زمانی ۲۳ تا ۳ نیمه‌شب بخصوص در بازه زمانی ۱۲:۳۰ تا ۱ نیمه شب اختلاف مقادیر ۳ نمودار فازهای شبکه نسبت به قسمت‌های ب و الف کاهش می‌یابد و پروفیل ولتاژ متعادل‌تر می‌شود.

۵-۳- نتیجه‌گیری فصل

در این فصل بارهای مسکونی و تجاری در حالت عدم تعادل فرض شده است. از این حیث این یکی از توانایی‌های مطلوب این الگوریتم پیشنهادی و شبیه‌سازی آن می‌باشد، که در حالت عدم تعادل شبکه

فصل پنجم: مدیریت شارژ خودروهای برقی در حالت عدم تعادل شبکه توزیع

نیز امکان مدیریت شارژ خودروها را دارد. در نتایج بدست آمده از توان اکتیو مصرفی، فاز C از دو فاز دیگر میزان توان مصرف بیشتری دارد، که این پدیده در بقیه نتایج اعم از توان مصرفی راکتیو و انواع تلفات شبکه نیز دیده می‌شود. این روند در حالت‌های بعدی که خودروها هم وارد شبکه شده‌اند، حفظ شده است. در جدول (۴-۵) میزان متوسط اختلاف در طول ۲۴ ساعت فازهای مختلف در پارامترهای شبکه هنگام ورود خودروهای برقی در حالت‌های بدون و با استفاده از الگوریتم مدیریت شارژ پیشنهادی نمایش داده شده است.

جدول (۴-۵): مقادیر اختلاف ۳ تا فاز در پارامترهای شبکه توزیع

پارامترهای شبکه توزیع	شبکه بدون خودروهای برقی	شبکه با خودروهای برقی بدون هماهنگ‌سازی	شبکه با خودروهای برقی با هماهنگ‌سازی
تلفات اکتیو خطوط	0.004184	0.005471	0.005485
تلفات راکتیو خطوط	0.002315	0.003332*	0.003389*
تلفات اکتیو ترانسفورماتورها	0.001652	0.00187	0.001854
تلفات راکتیو ترانسفورماتورها	0.002144	0.003226*	0.003281*
توان اکتیو مصرفی	0.214962	0.20103	0.202369
توان راکتیو مصرفی	0.091276	0.091764*	0.093362*

جدول (۵-۵): میزان درصد اختلاف فازهای پارامترهای شبکه در حالت عدم تعادل شبکه توزیع

پارامترهای شبکه توزیع	شبکه با خودروهای برقی بدون هماهنگ‌سازی	شبکه با خودروهای برقی با هماهنگ‌سازی
تلفات اکتیو خطوط	+٪۲۰/۱۷۶	+٪۳۱/۰۹
تلفات راکتیو خطوط	+٪۴۲/۹۳	+٪۴۶/۳۹
تلفات اکتیو ترانسفورماتورها	+٪۱۲/۱۹	+٪۱۲/۲۲
تلفات راکتیو ترانسفورماتورها	+٪۵۰/۴۶	+٪۵۰/۰۳
توان اکتیو مصرفی	-٪۶/۴۸	-٪۵/۸۵
توان راکتیو مصرفی	+٪۰/۵۳	+٪۲/۲۸

در جدول (۴-۵) با ورود خودروهای برقی بصورت تصادفی و ناهماهنگ برای دریافت شارژ میزان متوسط اختلاف ۳ تا فاز یا میزان نامتعادلی، جز در پارامتر توان اکتیو مصرفی (در این پارامتر کاهش نامتعادلی در هر دو حالت با و بدون الگوریتم هماهنگ‌سازی مشاهده شده) افزایش یافته است. در ادامه که الگوریتم پیشنهادی در شبکه اجرا می‌شود، بازهم نامتعادلی بجز در پارامتر تلفات اکتیو ترانسفورماتورها (کاهش نامتعادلی در این پارامتر مشاهده شده. ردیف ۴ و ستون ۴ جدول بالا) در بقیه پارامترها نسبت به حالت بدون الگوریتم شارژ، افزایش جزئی دارد.

فصل ششم:

نتیجه گیری و پیشنهادات

۶-۱- نتیجه‌گیری

در این فصل بعنوان فصل نهایی، ابتدا از کارها و نتایج بدست آمده از فصل‌های قبلی یک نتیجه‌گیری و جمع‌بندی کلی صورت گرفته است. سپس ایده‌ها و پیشنهادات جدیدی نسبت به تکمیل این پژوهش ارائه شده است.

✓ نتایج شبیه‌سازهای بدست آمده، حاکی از تاثیر منفی حضور خودروهای برقی بر پارامترهای شبکه توزیع در نبود یک الگوریتم مدیریتی شارژ می‌باشد. بنحوی که تلفات اکتیو و راکتیو خطوط و ترانسفورماتورها افزایش بسیار قابل توجهی داشته است.

✓ با ارائه الگوریتم پیشنهادی برای مدیریت شارژ خودروها، در سه حالت، پارامترهای شبکه توزیع، بخصوص در درصدهای حضور بالای خودروها برقی، بنحو چشمگیری بهبود پیدا کردند. بطوریکه در ساعات ورود خودروهای برقی در هر یک از حالت‌ها، توان‌های اکتیو و راکتیو مصرفی بخصوص در حالت اول و سوم کاهش یافتند. تلفات اکتیو و راکتیو خطوط، و تلفات اکتیو و راکتیو ترانسفورماتورها در سه تا حالت و به ویژه حالت اول و سوم کاهش یافته‌اند. پروفیل ولتاژ هم بهبود پیدا کرده است.

✓ هنگامیکه خودروهای برقی هم بصورت (G2V) و هم بصورت (V2G) در قالب سناریوهای مذکور در شبکه توزیع تحت الگوریتم پیشنهادی حضور یافتند، تاثیر مثبت قابل قبولی در پارامترهای شبکه در چند حالت، مشاهده شد. در حالت اول در هر گام تغییر درصد خودروهای برقی (V2G)، پارامترهای شبکه اعم از تلفات اکتیو و راکتیو خطوط و ترانسفورماتورها و توان‌های مصرفی اکتیو و راکتیو شبکه کاهش یافته، بهبود پیدا کرده‌اند. همچنین پروفیل ولتاژ فیدرها هم بهبود جزئی پیدا کرده‌اند.

✓ نتایج بدست آمده، از حضور ۱۰٪ خودروهای برقی بصورت (V2G) در سه حالت مذکور متفاوت هستند، بدین صورت که در حالت اول بطور برابر میزان تلفات اکتیو و راکتیو خطوط و ترانسفورماتورها و توان‌های مصرفی کاهش یافته و پروفیل ولتاژ فیدرها بهبود پیدا کرده‌اند.

✓ با افزایش و کاهش نسبت (R/X) پارامترهای خطوط شبکه (مقاومت و راکتانس)، تلفات اکتیو خطوط شبکه و توان‌های مصرفی اکتیو شبکه توزیع در طول ۲۴ ساعت، افزایش و کاهش می‌یابند، و تلفات راکتیو خطوط شبکه و توان‌های مصرفی راکتیو شبکه و تلفات اکتیو و راکتیو ترانسفورماتورهای شبکه به رغم نوسانات در بازه‌های زمانی مختلف، بطور متوسط در طول ۲۴ ساعت تغییر قابل توجهی ندارند. به همین صورت با افزایش و کاهش نسبت (R/X) پارامترهای خطوط شبکه، پروفیل ولتاژ بدترین فیدر شبکه، کاهش و افزایش می‌یابد.

✓ نتایج کسب شده، نشان می‌دهد زمانیکه خودروهای برقی برای دریافت شارژ به شبکه نامتعادل متصل شدند، بر پارامترهای شبکه توزیع در فازهای مختلف تأثیری متفاوتی داشتند. هنگام ورود خودروهای برقی بدون استفاده از الگوریتم پیشنهادی در تمامی پارامترها غیر از توان اکتیو مصرفی شبکه، نامتعادلی و اختلاف بین فازهای شبکه افزایش یافته است. به همین صورت با اجرای الگوریتم پیشنهادی، به غیر از تلفات اکتیو ترانسفورماتورها در بقیه پارامترها بازهم افزایش نامتعادلی در مقادیر فازهای مختلف مشاهده شده است. که این نشان از تأثیر منفی حضور خودروها بر این پارامترها با و بدون الگوریتم شارژ می‌باشد.

در پایان قسمت نتیجه‌گیری، می‌توان بیان نمود، که حاصل خروج این پایان‌نامه یک برنامه شبیه‌سازی شبکه توزیع در تمام حالت‌های شبکه توزیع (تعادل و عدم تعادل) می‌باشد، که در آن یک الگوریتم برنامه‌ریزی شده مناسب و کارا برای مدیریت حضور خودروهای برقی در هر سطح شارژ و هر ماهیتی وجود دارد. که نتایج قابل اعتمادی را ارائه می‌کند، که برای شرکت‌های توزیع که قصد مدیریت شبکه هوشمند توزیع خود را برای حضور خودروهای برقی دارند، بسیار پر کاربرد است.

۶-۲- پیشنهادات

➤ برای کاهش عدم تعادل در پارامترهای مختلف در زمان حضور خودروهای برقی در شبکه، پیشنهاد می‌شود، الگوریتم مدیریتی شارژ غیر از رعایت شروط اولیه (توان اکتیو و ولتاژ فیدرها)، شرطی با مفهوم کاهش عدم تعادل فازها در پارامترهای شبکه را لحاظ کند. بصورت نمونه در زمانی که لازم است برای رعایت شروط اولیه، تعدادی از خودروها از شبکه خارج شوند، برای انتخاب خودروها علاوه بر استفاده از آنالیز حساسیت، معیار دیگری هم وجود داشته باشد، که به کاهش اختلاف بین پارامترهای شبکه در فازهای مختلف بینجامد. برای

مثال اولویت خروج با خودرویی باشد، که به فازی متصل است، که نسبت به دوفاز دیگر اختلاف بیشتری دارد.

➤ برای کاهش تلفات شبکه و اثرات مضر که حضور خودروهای (V2G) در بعضی از حالت‌ها دارند، پیشنهاد می‌شود، یک دستور العمل مشخص برای ورود خودروهای برقی بصورت (V2G) با استفاده از تخمین شرایط مشترکان و شبکه بصورت غیر آنی ارائه گردد. تا با اطلاع قبلی به مشترکین خانگی مبنی بر اینکه نیازی به خدمات شارژ باتری خودروهای برقی آنها در این بازه‌های زمانی نیست. دیگر افزایش تلفات شبکه در این حالت‌ها مشاهده نشود.

➤ حضور خودروهای برقی به پارامترهای تصادفی زیادی مانند انواع مدل‌های خودروها و سطوح شارژ آنها بستگی دارد. لذا پیشنهاد می‌شود، ظرفیت شارژ باتری‌ها که معرف انواع خودروهای برقی در شبکه توزیع است، متفاوت در نظر گرفته شود. تا نتایج بدست آمده جامع‌تر و به واقعیت نزدیک‌تر باشند.

➤ رفتارهای انسانی و اجتماعی در تعیین سطوح شارژ خودروهای برقی و همچنین زمان ورود و خروج آنها برای دریافت یا تزریق شارژ بسیار موثر است. بنابراین پیشنهاد می‌شود، با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده از الگویی رفتار مالکان خودروها و روش‌های تصادفی برای تخمین رفتار رانندگان، تاثیر مستقیم این فاکتورها بر سطوح شارژ خودروها محاسبه گردد.

پیوست‌ها:

پیوست ۱:

در این پیوست مشخصات خطوط و ترانسفورماتور شبکه توزیع شهر ایلام نشان داده شده است. که در جدول ۱ مشخصات کامل فنی ترانسفورماتورهای ۲۰ کیلوولت به ۴۰۰ ولت بعلاوه تعداد آنها در شبکه توزیع را نشان می‌دهد، همچنین در جدول ۲ مشخصات کامل خطوط شبکه نشان داده شده است.

جدول ۱: مشخصات فنی انواع ترانسفورماتورهای شبکه توزیع

تعداد	تلفات بی‌باری (KW)	جریان بی‌باری (%)	X/R	UK%	توان نامی (KVA)
2	0.375	0.37501	1.624711	4	100
4	0.37	0.18501	1.984508	4	200
8	1.05	0.333343	4.617968	6	315
2	1.2	0.30001	4.898979	6	400
2	1.4	0.28001	4.898979	6	500

جدول ۲: مشخصات فنی خطوط شبکه توزیع

قطر (mm)	راکتانس (Ω/Km)	مقاومت DC (Ω/Km)	جریان نامی (KA)	ولتاژ نامی (KV)
16.28	0.1266026	0.253	0.324	20
4.37	0.04823	0.0605	0.64	1

فهرست منابع:

- [1] Curtis A, (2009), Master of Science Thesis, " Power System Level Impacts of Plug-In Hybrid Vehicles", Georgia Institute of Technology.
- [2] Annual Oil Market Chronology: available at <http://www.eia.doe.gov/cabs/amoc/full.html>.
- [3] U.S. Department of Transportation, 2006: available at <http://climate.dot.gov/about/transportations.html>.
- [4] Patricia Sandmeier, Simon Felsenstein, (2009), " Electric Vehicle Infrastructure ABB Market Potentials", ABB Internal Report.
- [5] <Http://www.pluginamerica.org/vehicles>.(2013)
- [6] <Http://www.gerdavari.com/hibrid.aspx>.(2013)
- [7] Saman Babaei, (2010), Master of Science Thesis, " Plug-In Hybrid Electric Vehicles and Distributed Generations in Power Systems Effects and Penetration Level Studies", Chalmers University of Technology.
- [8] <Http://www.protoscar.com/>.(2013)
- [9] Yunus. K, (2010), Master of Science, "Plug-in Electric Vehicle Charging Impacts on Power Systems", Chalmers University of Technology.
- [10] Sakis. M, (2009), Final Project Report, " Power System Level Impacts of Plug-In Hybrid Vehicles", Georgia Institute of Technology.
- [11] Tsz. K. A, (2012), Master of Science, " Assessment of Plug-in Electric Vehicles Charging on Distribution Networks", University of Washington.
- [12] Sikes. K, Gross. T, Lin. Z, Sullivan. T, Cleary. N,(2010), "Plug-in Hybrid Electric Vehicle Value Proposition study: final report U.S.," U.S. Department of Energy.
- [13] Peças lopes.J, Soares .F, (2009), "Smart Sharging Strategies for Electric Vehicles: Enhancing Grid Performance and Maximizing the Use of Variable Renewable Energy Resources," in EVS24, Stavanger, Norway.
- [14] Pedro. m, (2011), Degree of Doctor of Philosophy, " Impact of Vehical to Grid in the Power System Daynamic Behaviour", University of Porto.
- [15] Bhat.C, Singh. S, (2000), "a comprehensive daily activity-travel generation model system for Workers," Transportation Research Part a: Policy and Practice, vol. 34, no. 1, pp. 1-22.
- [16] Chigozie .H, (2011), Master of Science, " Impact of Plug in of Electric Vehicle on Residential Electric Distrubution System Using Stochastic and Sensitivity Approch", California Polytechnic State University.

- [17] Kelly.L, (2005), Master of Applied Science, “ Probabilistic Modelling of Plug-in Hybrid Electric Vehicle Impacts on Distribution Networks in British Columbia’’, University of Waterloo.
- [18] Kuss.M, Markel.T, and Kramer.W, (2010), “Application of Distribution Transformer Thermal Life Models to Electrified Vehicle Charging Loads Using Monte-carlo Method”, 25th World Battery,Hybrid and fuel Cell Electric Vehicle Symposium & Exhibition, Shenzhen, China, November 5 – 9.
- [19] Masoum.M, Moses.P.S and Smedley.M.K, (2011), “Distribution Transformers Losses and Performance in Smart Grids with Residential Plug-in Electric Vehicles”, Innovative, Smart Grid IEEE, Hilton Anaheim, ca.
- [20] Masoum.M, Moses.P.S and Smedley.M.K, (2011), “Harmonic Losses and Stresses of Nonlinear Three-phase Distribution Transformers Serving Plug-in Electric Vehicle Charging Stations”, Innovative, **Smart Grid IEEE**, Hilton Anaheim, ca.
- [21] Fuchs. E. F, Roesler.D.J, (1999), “Modeling and Simulation, and Heir Validation of Three-phase Transformers with Three Legs under dc Bias”, **IEEE Trans on Power Del**, vol. **14**, pp **443-449**.
- [22] Kersting .W.H., (2001), “Radial Distribution Test Feeders”, Power Engineering Society Winter Meeting, Vol. **2,908 – 912**.
- [23] Gong.Q, Midlam-Mohler.S, Serra.E, Marano.V, (2012), “Distribution Transformer Tests for PEV Smart Charging Control”, **Energytech_IEEE**, Cleveland, OH, Energytech **29-31**.
- [24] Turker. H, Bacha.S, Chatroux.D, and Hably.A, (2012), “Low-Voltage Transformer Loss-Of Life Assessments for a High Penetration of Plug-in Hybrid Electric Vehicles (PHEVs)”, **IEEE Trans. Power Del**, VOL. **27**, no. **3**, pp. **876–880**.
- [25] [Http://www.mitsubishi-motors.com.au/vehicles/i-miev](http://www.mitsubishi-motors.com.au/vehicles/i-miev).(2013)
- [26] Masoum.M, Moses.P.S and Smedley.M.K, (2013), “Real-Time Coordination of Plug-in Electric Vehicle Charging in Smart Grids to Minimize Power Losses and Improve Voltage Profile’’, **IEEE Trans. Smart Grid**, vol. **2**, no. **3**, pp. **1832–1841**.
- [27] Masoum.M, Ladjevardi.M, (2010), “Application of Local Variations and Maximum Sensitivities Selections for Optimal Placement of Shunt Capacitor Banks under Nonsinusoidal Operating Conditions”, **IEEE Trans. Power Del.**, vol. **19**, no. **4**, pp. **1412–1419**.
- [28] Ma.Z, Callaway.D and Hiskens.I, (2013), “Decentralized Charging Control of Large Populations of Plug-in Electric Vehicles’’,**IEEE Trans. Power Del.**, vol. **21**, no. **1**, pp. **1794–1801**.

[۲۹] اطلاعات معاونت برنامه‌ریزی شرکت برق توزیع استان ایلام ، فرودین ۱۳۹۲

- [30] Ma.Z, Callaway.D , Hiskens.I, (2013), “Coordinated Charging of Plug-In Hybrid Electric Vehicles to Minimize Distribution System Losses”, **IEEE Trans. SmartGrid.**, vol. 2, no. 1, pp. 1604–1611.
- [31] Acha.S, Green.T.C and Shah.N, (2013), “Effects of Optimised Plug-in Hybrid Vehicle Charging Strategies on Electric Distribution Network Losses”, **IEEE Trans. Power Del.**, vol.18, no. 4, pp. 1261–1268.
- [32] Derakhshandeh.S, Masou. A.S. , Deilami.S, Masoum, M.A.S., (2013), “Coordination of Generation Scheduling with PEVs Charging in Industrial Microgrids”, **IEEE Trans. Power Sym.**, vol. 28, no. 13, pp. 3451–3461.
- [33] Masoum.A.S, Deilami.S, Siada.A.Abu, Masoum.M.A.S, (2012), “Smart Load Management of Plug- In Electric Vehicles in Distribution and Residential Networks with Charging Stations for Peak Shaving and Loss Minimisation Considering Voltage Regulation”, **IET. Gener**, vol. 5, Iss. 8, pp. 877–888.
- [34] Qian Xu. Da, Joós.G, Lévesque.M, Maier.M, (2013), “Integrated V2G, G2V, and Renewable Energy Sources Coordination Over a Converged Fiber-Wireless Broadband Access Network”, **IEEE Trans. SmartGrid**, vol. 4, no. 3, pp. 1381–1390.
- [35] Khodaya.M.E, Lei.W, Lévesque.M, Shahidehpou.M, (2012), “Hourly Coordination of Electric Vehicle Operation and Volatile Wind Power Generation in SCUC”, **IEEE Trans. SmartGrid**, vol. 3, no. 3, pp. 1271–1279.
- [36] Mets.K, Lei.W, Dhulst.R, Develder.C, (2012), “Comparison of Intelligent Charging Algorithms for Electric Vehicles to Reduce Peak Load and Demand Variability in a Distribution Grid”, **Journal of Communication and Networks**, vol. 14, no. 6, pp. 672–681.
- [37] Liu.C, Wang.Jianhui, Botterud.M, Zhou.Y, Vyas.A, (2012), “Assessment of Impacts of PHEV Charging Patterns on Wind-Thermal Scheduling by Stochastic Unit Commitment”, **IEEE Trans. SmartGrid**, vol. 3, no. 2, pp. 675–682.
- [38] Hung Khan.N, Ju Bin.S, (2013), “Optimal charging and discharging for Multiple PHEV with demand side management in vehicle-to-building”, **Journal of Communication and Networks**, vol. 14, no.6,pp. 662–671.
- [39] Moses.P.S, Masoum.A.S, (2012), “Overloading of Distribution Transformers in Smart Grid Due to Uncoordinate charging of plug-In electric vehicles”, *Smart grid Technologies (ISGT)*, 6, Washington.Dc, USA.

- [40] Beer.S, Gomez.T, Dillinger.D, Momber.I, (2013), “An Economic Analysis of Used Electric Vehicle Batteries Integrated Into Commercial Building Microgrids”, **IEEETrans.SmartGrid**, vol. 3, no. 1, pp. 517–525.
- [41] Goebel.C, Callaway. D.S. , (2013), “Using ICT-Controlled Plug- in Electric Vehicles to Supply Grid Regulation in California at Different Renewable Integration Levels”, **IEEE Trans .SmartGrid**, vol.4, no. 7, pp. 729–740.
- [42] Chao.W, Jung. C.C. , Jen.T, Pangan. T. , (2013), “Decentralized Plug-in Electric Vehicle Charging Selection Algorithm in Power Systems”, **IEEE Trans .SmartGrid**. vol. 4, no. 7, pp. 729–740.
- [43] Shuaib.K, Zhang. L. , (2012), “A priority based approach for PEV charging in a Smart Grid”, Computing, Communications and Applications Conference (ComComAp), 5, Hong Kong, China.
- [44] Chenye.W, Mohsenian-Rad. H, Jianwei. H, Jatskevich.J, (2012), “PEV-based Combined Frequency And Voltage Regulation for Smart Grid”, Smart grid Technologies (ISGT), 6, Washington Dc, USA.
- [45] Rezaaei.P, Frolik.J, Hines.P.D, (2014), “Packetized Plug-In Electric Vehicle Charge Management”, **IEEE Trans. SmartGrid**, vol. PP, no. 3, pp. 845–852.
- [46] Steen.D, Tuna.L.A, Carlson.O, Bertling.L, (2012), “Assessment of Electric Vehicle Charging Scenarios Based on Demographical Data”, **IEEE Trans. SmartGrid.**, vol. 3, no. 4, pp. 1457–1468.
- [47] Wencong.S, Mo-Yuen. C. , (2011), “Investigating a Large-scale PHEV/PEV parking deck in a Smart Grid Environment”, North American Power Symposium (NAPS), 6, Boston, USA.
- [48] Gunter.S.J, Afridi.K.K, Perreault.D.J, (2013), “Optimal Design of Grid-Connected PEV Charging Systems with Integrated Distributed Resources”, **IEEE Trans. SmartGrid.**, vol. 4, no. 2, pp. 956– 967.

Abstract

The positive and negative effects of electrical vehicles on different parameters of the network being considered because of their present in distribution network. Thus, in this study the new method, based on algorithm for battery charge management, was investigated. This algorithm was defined in range of consumption power and voltage profile by using sensitivity analysis. One part of distribution network with accidental present of electrical vehicles for receiving and transferring the charge of batteries was simulated with Digsilent software. The suggested algorithm was carried out for coordinating of receive and transfer the charge of batteries. This algorithm show significant positive effect on reduction of consumption power, reduction of loss and also enhancing the profile voltage of network. These results show the accuracy of management algorithm. The effects of resistance and reactance of distribution network were also investigated. The electrical vehicles for charge receiving in unstable condition of distribution network were studied. The output results of network parameters in three phases were calculated and their negative effects in unstable condition of network were investigated. The suggested method can manage and program the electrical vehicles with flexible conditions.

Key words: Electrical vehicles, Smart network distribution, Coordination of electrical Vehicles's charge, Loss of distribution networks, Voltage profile.



Thesis

Submitted in Partial Fulfillment of the
Requirements for the Degree of Master of Science (M.Sc.)
In Power Engineering

Optimization Coordination of Plug-in Electric Vehicles Charging in Residential Grid in Smart Grid to Reduction Power Losses

By:

Mohammadreza kikhavani

Supervisor:

Dr. Amin Hajizadeh

Advisor:

Dr. Mehdi Banejad

February 2014