

امکان‌سنجی کاربرد خودروهای برقی بعنوان نیروگاه‌های تولید پراکنده

امیرحسین رجائی ، محسن پارسا مقدم
دانشگاه تربیت مدرس ، دانشکده فنی مهندسی
ایران

واژه‌های کلیدی: خودرو برقی، تولید پراکنده، منحنی بار، ضریب بار

چکیده

خودروهای برقی روز به روز سهم بیشتری از بازار خودرو را به خود اختصاص می‌دهند. با توجه به مصرف برق این خودروها و امکان دریافت یا تحویل توان به شبکه، پتانسیل بالایی برای تولید برق توسط این خودروها به خصوص در زمان پیک مصرف وجود دارد. در این مقاله ابتدا به روشی ساده خودرو برقی را مدل سازی کرده، سپس به کمک آن منحنی تولید و مصرف برق یک خودرو را بدست می‌آوریم. در ادامه به کمک فرضیاتی که نحوه استفاده قشرهای مختلف مردم از خودرو شخصیشان را نشان می‌دهد، منحنی بار و تولید آن‌ها را در شبانه روز بدست می‌آوریم. چنانچه برنامه مدونی برای بهره‌گیری از خودروی برقی نداشته باشیم نه تنها تولید برق این خودروها کمکی به وضعیت شبکه برق نمی‌کند بلکه شارژ آن‌ها به دلیل تعداد انبوهشان، با پیک مصرف شبکه همزمان شده و مشکلات جدی برای شبکه ایجاد خواهد کرد. در این مقاله برای تغییر در برنامه شارژ و تولید برق این خودروها، روش‌های مختلفی پیشنهاد شده است.

۱- مقدمه

با توجه به بحران نفت و افزایش قیمت سوخت فسیلی در چند سال اخیر به ویژه در کشورهای صنعتی، موضوع

جایگزینی اتومبیل‌های کنونی (احتراق داخلی) یا ICV^۱ با خودروهای برقی یا EV^۲ مورد توجه جدی قرار گرفته است. عدم توانایی در طی مسافت طولانی و نیاز به شارژ مجدد مهمترین عیب خودروهای برقی است. در مقابل قیمت پایین انرژی الکتریکی و مسایل زیست محیطی نیز مهمترین مزیت آنهاست.

اهمیت شیفت دادن انرژی حمل و نقل از سوخت فسیلی به سمت الکتریسیته از آنجا مشخص می‌شود که حدود دو سوم مصرف نفت در بخش حمل و نقل می‌باشد. و ۹۷٪ انرژی مصرفی در این بخش وابسته به سوخت‌های فسیلی است با ازدیاد خودروهای برقی و نیاز به شارژ روزانه آنها می‌توان آنها را به عنوان بارهای جدید و بزرگ برای شبکه برق معرفی کرد. اما این بارها خصوصیتی دارند که آن‌ها را از سایر موارد جدا می‌کند، و آن توانایی در ذخیره سازی برق و امکان تزریق آن به شبکه به عنوان تولید پراکنده برق می‌باشد [1].

الگوی بهره‌برداری از اتومبیل‌های شخصی در جوامع مختلف متفاوت است لیکن به طور متوسط این گونه خودروها روزانه کمتر از ۴ تا ۵ ساعت مورد استفاده قرار می‌گیرند. در واقع در طول شبانه روز خودروها حدود ۲۰ ساعت بلااستفاده در پارکینگ‌ها متوقف می‌مانند.

1. Internal Combustion Vehicle
2. Electerical Vehicle

بر اساس مطالعات انجام شده توسط EPRI^۲ سیر تکامل خودروهای برقی به صورت نشان داده شده در شکل-۱-۱ پیش‌بینی شده است.

۳- شبیه سازی خودرو برقی

۳-۱- بازدهی خودرو برقی

به منظور تحلیل عملکرد خودرو برقی مدل‌های پیچیده‌ای مطرح شده است [4]. اما در این بخش مدل ساده‌ای از بازدهی این خودرو را در نظر می‌گیریم. رابطه زیر نحوه محاسبه انرژی خروجی را بر حسب انرژی ورودی بیان می‌کند.

$$E_{in} = \frac{1}{\eta_{fp}\eta_e} \left[\frac{E_{out}}{\eta_{dt}} - B\eta_{rb} + E_{ac} + E_{idle} \right] \quad (1)$$

در این رابطه :

- E_{in} : انرژی مصرفی اتومبیل

- E_{out} : انرژی که تبدیل به حرکت می‌شود.

- η_{fp} : بازدهی انرژی لازم برای رساندن سوخت به خودرو.

- η_e : بازدهی موتور خودرو.

- B : انرژی که در هنگام ترمز کردن می‌توان جذب کرد.

- η_{rb} : بازدهی جذب انرژی ترمز کردن

- E_{ac} : انرژی لازم برای لوازم جانبی خودرو

- E_{idle} : انرژی تلف شده در هنگام توقف خودرو (در جا کار کردن موتور)

مواردی که تفاوت بین اتومبیل‌های احتراق داخلی (ICV) و اتومبیل‌های برقی را نشان می‌دهند، E_{idle} و $B\eta_{rb}$ است. در مورد $B\eta_{rb}$ باید یادآور شد که مدارهای الکترونیک قدرت موجود در خودرو برقی می‌توانند هنگام ترمز، انرژی چرخ‌ها را از طریق عملکرد ژنراتوری موتور الکتریکی به باتری بازگردانند، در حالی که در موتورهای احتراق داخلی چنین امکانی فراهم نیست و انرژی کاملاً تلف می‌شود. در بسیاری موارد مثلاً در پشت چراغ‌های قرمز موتورهای احتراق داخلی مجبورند در جا کار کنند و در نتیجه انرژی زیادی تلف می‌شود، در حالی که E_{idle} برای خودروهای برقی صفر است، چون در موقع توقف خودرو مدار کاملاً قطع شده و انرژی مصرف نمی‌شود.

در این مقاله سعی بر آن است که با بررسی چگونگی نظم دادن به شارژ و دشارژ باتری اتومبیل‌ها و تزریق مزاد انرژی باتری‌ها به شبکه برق، و تولید برق توسط سیستم احتراق داخلی یا پیل سوختی در خودروهای هیبریدی، شرایطی ایجاد کنیم که این خودروها در رفع مشکل تولید برق در زمان پیک مصرف و اصلاح منحنی بار (از طریق پر کردن دره^۱) نقشی موثر در بهبود ضریب بار شبکه ایفا کند.

در این مطالعه با شبیه سازی الگوی مصرف خودروهای برقی، میزان مصرف و تولید آنها را بر اساس منحنی‌های بار و تولید بدست آورده به منظور همخوانی مناسب با منحنی بار شبکه، راه حل‌هایی را برای تغییر ساعات مناسب برای شارژ خودروها و تولید برق آنها پیشنهاد می‌کنیم.

۲- سیر تکامل خودروهای برقی

انواع فناوری‌های خودروهای برقی عبارتند از :

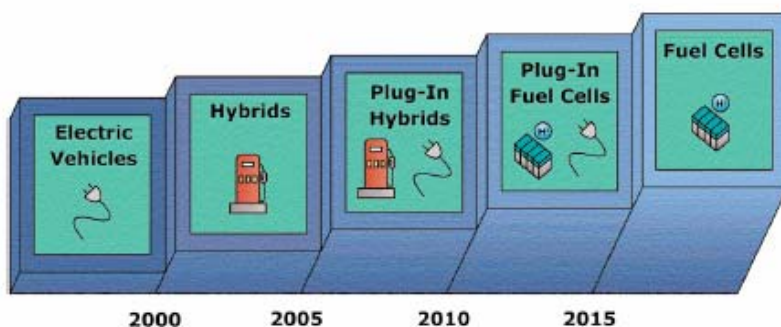
- EV: که فقط از باتری استفاده می‌کند [2].

- Hybrid: باتری و سیستم احتراق داخلی به موازات هم انرژی اتومبیل را تامین می‌کنند؛ و باتری فقط به کمک موتور احتراق داخلی شارژ می‌شود [2].

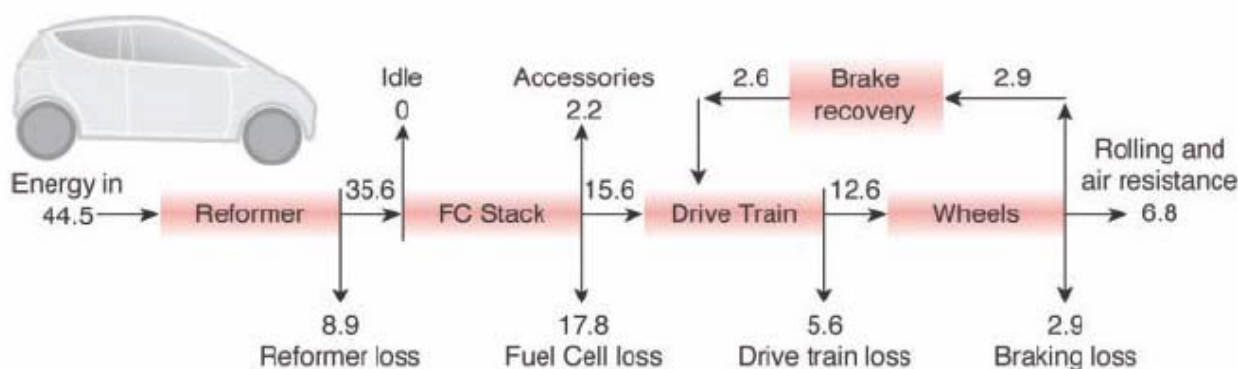
- PlugIn Hybrid: که علاوه بر امکان شارژ به کمک موتور امکان شارژ توسط برق شهر نیز وجود دارد. در نتیجه وابستگی خودرو به سوخت فسیلی کاهش می‌یابد. اتومبیل‌هایی که امروزه به عنوان ماشین‌های هیبریدی به بازار عرضه می‌شوند از همین نوع هستند [2].

- FC powered cars: اتومبیل‌های پیل سوختی که به جای موتور احتراق داخلی از یک پیل سوختی در کنار باتری استفاده می‌کنند. البته تکنولوژی لازم برای تولید اقتصادی این نوع خودروها هنوز تکمیل نشده است [2] و [3].

مطالعات صورت گرفته حاکی از آن است که بیشترین کاهش مصرف سوخت، کمترین محدودیت، بازدهی بالا، و مهمتر از همه مورد قبول عامه مردم قرار گرفتن در حال حاضر توسط خودروهای PlugIn Hybrid میسر می‌شود.



شکل ۱- برنامه تنظیم شده برای پیشرفت تکنولوژی خودروهای برقی



شکل ۲- نمونه ای از تلفات و بازدهی خودرو برقی

در این صورت احتمال شروع به شارژ تا زمان t با توجه به $P(x)$ به شرح ذیل خواهد بود.

$$N_{(t)} = \int_0^t P_{(x)} dx \quad (3)$$

اگر کل زمان لازم برای شارژ T ساعت باشد آنگاه:

$$N_{c(t)} = N_{(t)} - N_{(t-T)} \quad (4)$$

که $N_{c(t)}$ احتمال در حال شارژ بودن باتری در زمان t را نشان می‌دهد.

بدین ترتیب میزان مصرف انرژی در یک مرکز شارژ خودرو $D(t)$ را می‌توان از رابطه زیر بدست آورد:

$$D_{(t)} = fN_{c(t)} \quad (5)$$

که f میزان توان مصرفی مورد نیاز است.

اگر k درصدی از خودروها باشد که اقدام به شارژ می‌کنند $(1-k)$ درصدی از خودروها خواهد بود که می‌توانند به میزان $S_{(x)}$ برق تولید کنند. بنابراین:

۲-۳- معادلات بار و تولید خودرو برقی

شارژ خانگی (شارژ توسط مصرف کنندگان خانگی در شب) از دید شبکه برق بهترین نوع شارژ کردن است. اما برای قابل رقابت شدن خودروهای برقی نسبت به اتومبیل‌های کنونی باید امکان شارژ در طول روز و در پارکینگ‌ها، فروشگاه‌ها و مراکز عمومی دیگر نیز وجود داشته باشد. در نتیجه بدست آوردن نمودار برق مصرفی برای شارژ باتری خودرو اهمیت زیادی دارد.

فرض می‌شود که شارژ خودروها از توزیع گوسین (Gaussian distribution) تبعیت می‌کنند. لذا اگر $P(x)$ احتمال شروع به شارژ یک خودرو برقی در زمان x و $U(x)$ تعداد کل مراجعه‌کننده‌ها به مرکز مورد نظر باشد و k درصدی از خودروها باشد که در هنگام مراجعه خودرو خود را شارژ می‌کنند داریم:

$$P_{(x)} = \frac{k \times u_{(x)}}{100 \times \int_0^{24} u_{(x)} dx} \quad (0 \leq x \leq 24) \quad (2)$$

ششمین همایش ملی انرژی

$M_{C(t)}$ در واقع احتمال تولید برق در زمان t است. اگر g توان تحویلی به شبکه برای یک خودرو باشد میزان کل انرژی تولیدی برابر خواهد بود با:

$$E_{(t)} = g \times M_{C(t)} \quad (9)$$

نمودارهای زیر چگونگی فرآیند شارژ یک خودرو الکتریکی را نشان می‌دهند.

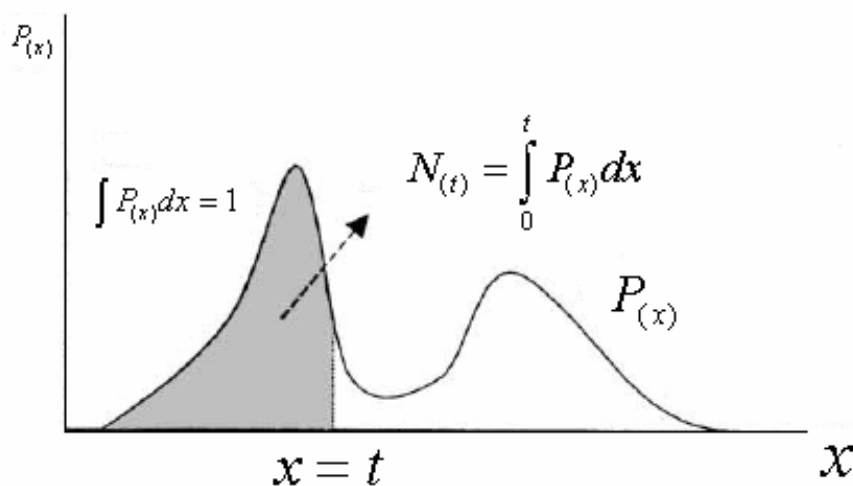
$$S_{(x)} = \frac{(1-k) \times u_{(x)}}{100 \times \int_0^{24} u_{(x)} dx} \quad (0 \leq x \leq 24) \quad (6)$$

زمان شروع به تولید تا زمان t به کمک $S_{(x)}$ بدست می‌آید.

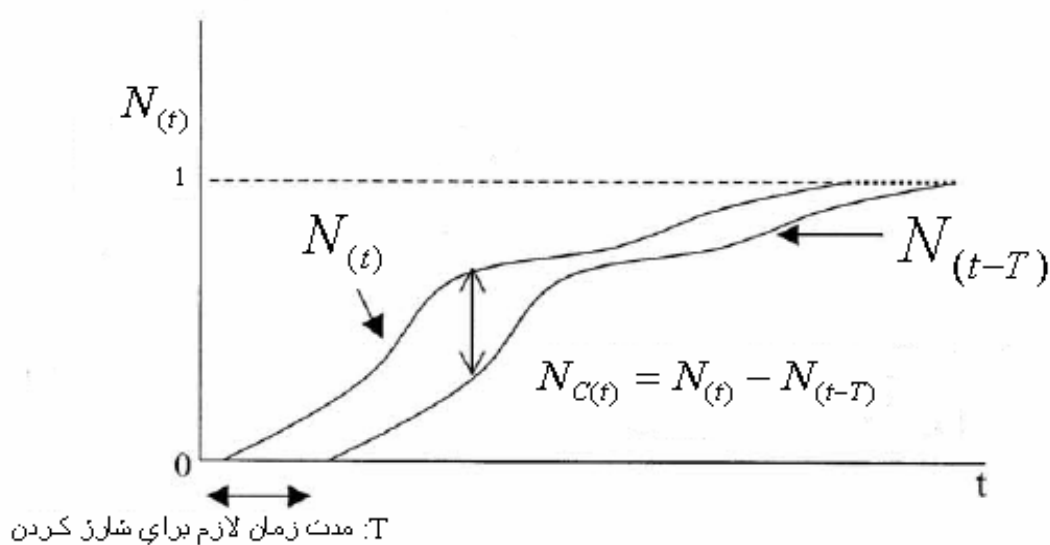
$$M_{(t)} = \int_0^t S_{(x)} dx \quad (7)$$

اگر کل زمانی که خودرو مشغول تولید است T_p باشد آنگاه

$$M_{C(t)} = M_{(t)} - M_{(t-T_p)} \quad (8)$$

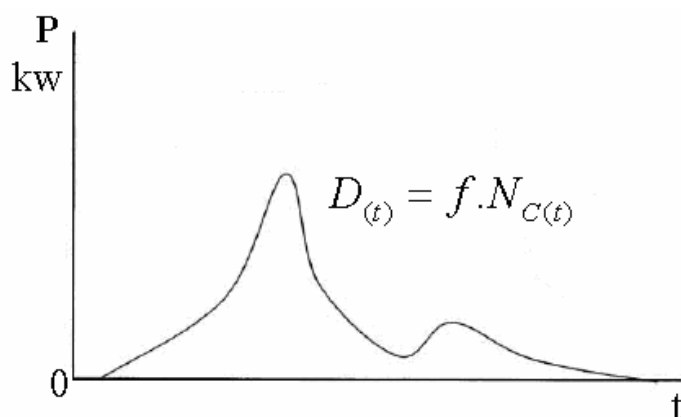


شکل ۳- نمودار احتمال شارژ شدن تا زمان t



شکل ۴- نمودار احتمال در حال شارژ بودن در زمان t

ششمین همایش ملی انرژی



شکل ۵- توان مصرفی خودرو برقی در طول شبانه روز

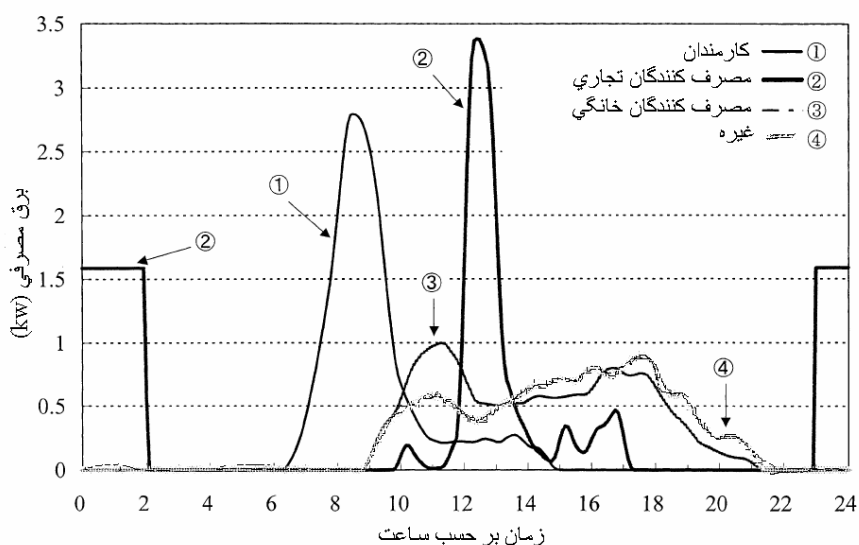
۳-۳- الگوی بهره برداری از خودرو

عموما دارندگان خودرو را می توانیم به ۴ گروه اصلی تقسیم کنیم: ۱- کارمندان، که از اتومبیل برای رفت و آمد بین خانه و محل کار استفاده می کنند. ۲- استفاده کنندگان تجاری، که از اتومبیل برای امور تجارت و کسب وکار استفاده می کنند. ۳-

گروه خانگی، که از اتومبیل برای کارهای روزمره مانند خرید و غیره استفاده می کنند. ۴- سایر موارد. نمونه موردی نحوه استفاده از خودرو در جدول ۱- و میزان برق مصرفی در شکل ۶- نشان داده شده است [5].

جدول ۱- نمونه موردی میزان توان برق مصرفی برای گروه های مختلف استفاده کننده از خودرو

پارامترها	کارمندان	تجاری	خانگی	غیره
مسافت طی شده (km/day)	۳۶,۷۵	۵۳,۴۵	۳۶,۷۵	۳۶,۷۵
مصرف روزانه انرژی kwh	۶,۲۵	۹,۰۹	۶,۲۵	۶,۲۵
زمان لازم برای شارژ روزانه (hour)	۰,۵۲	۰,۳۸	۰,۵۲	۰,۵۲
تعداد مراجعه به مرکز شارژ در هفته	۵	۵	۳,۳۷	۲,۵۸
تعداد شارژ خانگی در هفته	۲	۵	۳,۶۳	۴,۴۲
زمان لازم برای شارژ خانگی در هر روز (hour)	۴,۱۷	۳,۰۳	۴,۱۷	۴,۱۷



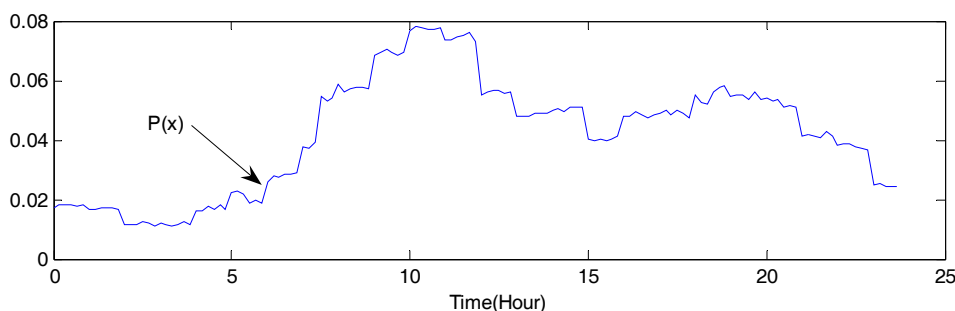
شکل ۶- میزان شارژ خودرو برای گروه های مختلف استفاده کننده از خودرو

۴- امکان‌سنجی شبیه‌سازی نمودار بار و نمودار تولید

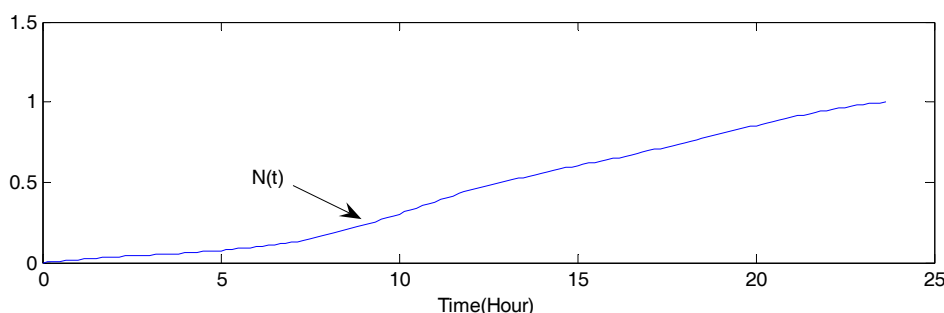
خودرو برقی در ایران

برای انجام مدل‌سازی در صورتی که ایستگاه‌های شارژی در کشور وجود می‌داشت می‌توانستیم با بررسی نحوه و زمان استفاده گروه‌های مختلف استفاده‌کننده از خودرو و بدست آوردن اطلاعات لازم، شبیه‌سازی را انجام دهیم. اما به دلیل آنکه چنین امکانی را در اختیار نداریم، فرضیات مختلفی را که مطابق با واقعیات جامعه هستند در نظر گرفته و به کمک آن‌ها شبیه‌سازی را انجام می‌دهیم. این فرضیات شامل ساعات کار ادارات و اصناف و ... است، و زمانی که مردم بیشتر از خودرو خود استفاده می‌کنند را نشان می‌دهد. مواردی که به شبیه‌سازی کمک می‌کنند عبارتند از:

۱. ساعات استفاده از خودرو
۲. میزان استفاده از خودرو
۳. میزان توان مصرفی در هنگام شارژ و توان تولیدی در هنگام تولید برق
۴. بدیهی است که اگر خودرویی در حال شارژ یا در حال تردد باشد برق تولید نمی‌کند و برعکس.

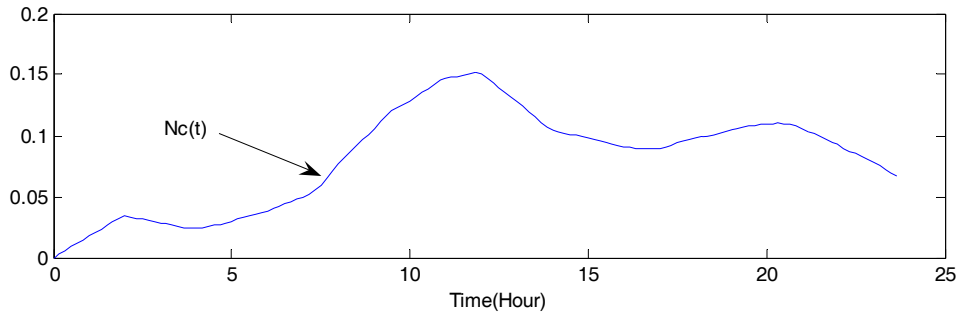


شکل ۷- الف نمودار احتمال شروع به شارژ یک خودرو برقی $P(x)$ در زمان t برای گروه کارمند

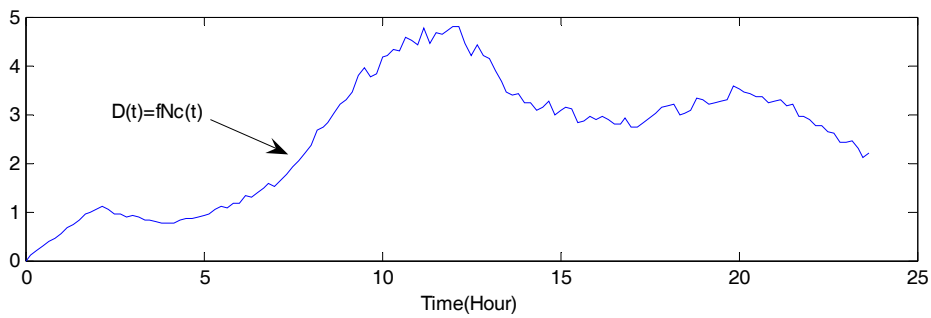


شکل ۷- ب نمودار احتمال شروع به شارژ تا زمان t ، $N(t)$ برای گروه کارمند

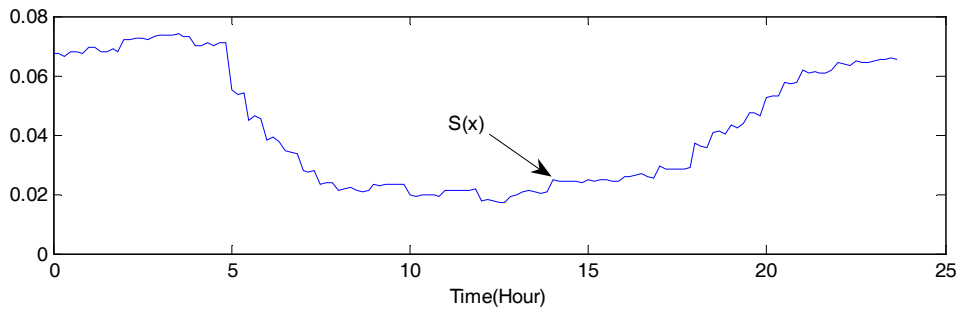
با در نظر گرفتن این موارد می‌توانیم تقریبی در مورد چگونگی استفاده قشرهای مختلف مردم از خودرو شخصی و زمان شارژ و دشارژ خودروها بدست آوریم. به کمک این اطلاعات می‌توانیم توان تولیدی و توان مصرفی خودروها را شبیه‌سازی کنیم. نتایج حاصل از شبیه‌سازی در شکل‌های زیر نشان داده شده است. در ابتدا نمودار بار مصرفی برای قشر کارمند جامعه و در ادامه نمودار توان تولیدی توسط خودروهای گروه خانگی نشان داده شده است.



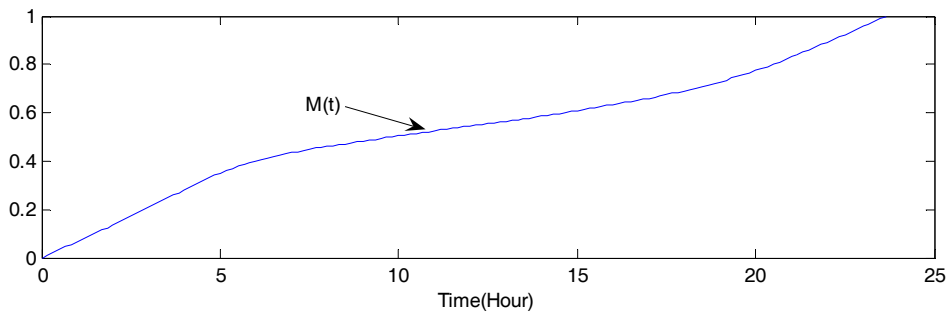
شکل ۷- پ نمودار احتمال در حال شارژ بودن خود در زمان t ، $N_c(t)$ برای گروه کارمند



شکل ۷- ت نمودار میزان انرژی مصرفی در طول شبانه روز برای گروه کارمند

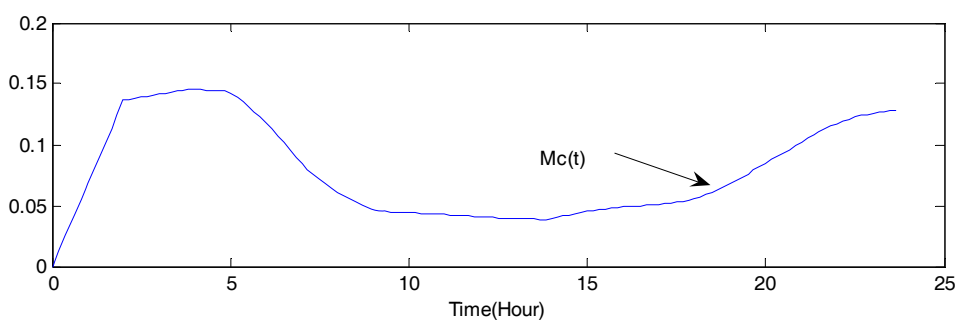


شکل ۸- الف نمودار احتمال اینکه خودرو در زمان x برق تولید کند، $S(x)$ برای مصرف کنندگان خانگی

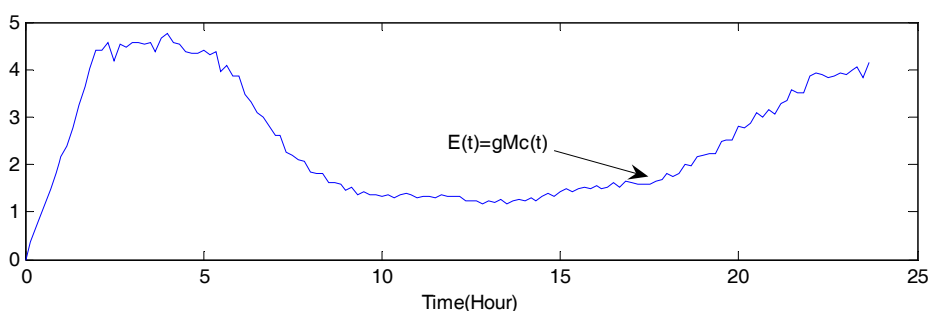


شکل ۸- ب نمودار احتمال شروع به شارژ تا زمان t ، $M(t)$ برای مصرف کنندگان خانگی

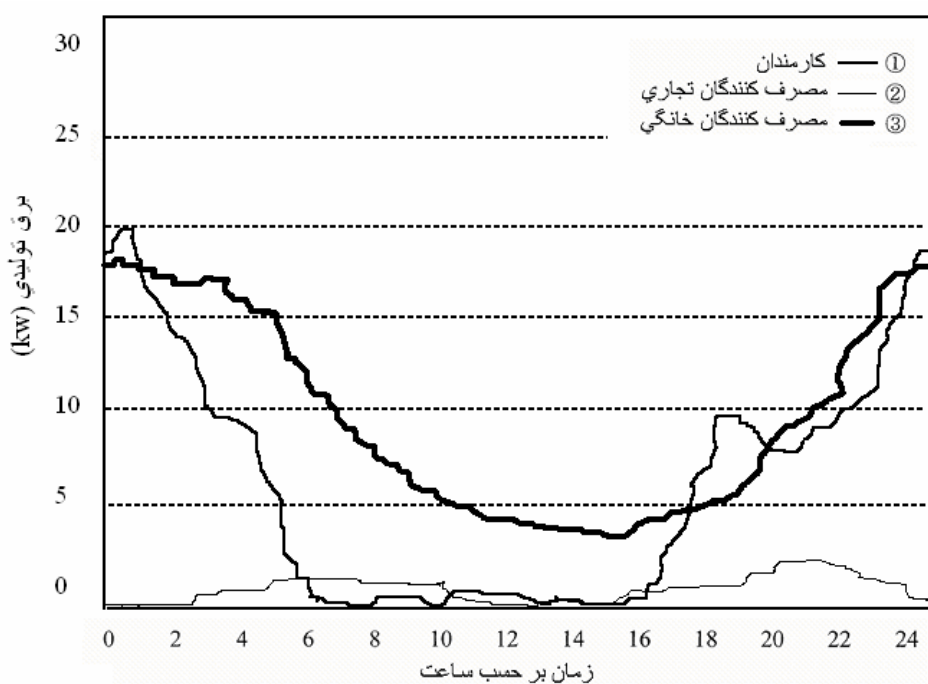
ششمین همایش ملی انرژی



شکل ۸- پ نمودار احتمال در حال شارژ بودن در زمان t برای مصرف کنندگان خانگی $Mc(t)$



شکل ۸- ت نمودار توان تولیدی در طول شبانه روز برای مصرف کنندگان خانگی



شکل ۹- شبیه سازی توان تولیدی برای سه نوع استفاده کننده عمده از خودرو برقی

کنندگان خانگی و کارمندان وضعیت متفاوت است. چون کمتر از خودرو شخصی استفاده می کنند. و بیشتر مواقع خودرو در پارکینگ پارک است. در نتیجه اکثر برنامه ها برای

با توجه به نمودار تولید می توان گفت مورد مصرف کنندگان تجاری به دلیل آنکه خودرو، اکثر مواقع در حال استفاده است، پتانسیل بالایی برای تولید توان ندارند. اما در مورد مصرف

باشد). تولید سالانه خودرو کشور نیز تقریباً ۱ میلیون خودرو است؛ اگر بتوانیم تنها ۵٪ از تولید خودرو کشور را به ساخت اتومبیل‌های پیل سوختی اختصاص دهیم، و هر خودرو در روز ۲ ساعت با اتصال به شبکه، برق تولید کند، برق تولیدی کشور سالانه ۴ مگاوات افزایش می‌یابد که به راحتی پاسخگوی بخشی از افزایش تقاضای مصرف برق خواهد بود، (مخصوصاً در زمان پیک مصرف). البته چون خودروها در شبکه توزیع برق تولید می‌کنند، در نظر گرفتن وضع کنونی شبکه و محدودیت‌های آن اهمیت دارد.

اگر خودرویی در شبانه روز ۴ ساعت و سالانه ۱۵ تا ۵۰ روز (در پیک مصرف) برق تولید کرده و به شبکه تحویل دهد، ضریب بهره‌برداری در حدود ۷٪، الی ۲٪ خواهد بود. هیچ سرمایه‌گذاری حاضر نیست در ساخت نیروگاهی سرمایه‌گذاری کند که ضریب بهره‌برداری آن این چنین پایین باشد. ولی در مورد خودروهای برقی وضعیت متفاوت است زیرا دلیل اصلی تهیه خودرو نه تولید برق بلکه حمل‌ونقل است. بنابراین هزینه اولیه‌ای برای ساخت این نیروگاه‌های کوچک نخواهیم داشت.

۵-۲ محاسبه ظرفیت تولید برق برای یک خودرو

ظرفیت انرژی تولیدی در خودروهای برقی را می‌توانیم از رابطه زیر بدست آوریم.

$$EC = (TES \times DED - \frac{CD}{EFF}) \times DF \quad (10)$$

- EC: ظرفیت تولید انرژی برق بر حسب kWh است.

- TES: انرژی قابل ذخیره در خودرو

- DED: درصدی از انرژی که می‌توانیم آن را تخلیه کنیم

- CD: مسافتی که اتومبیل روزانه طی می‌کند بر حسب کیلومتر

- EFF: بازدهی مجموعه محرک الکتریکی خودرو ($\frac{km}{kwh}$)

- SF: ضریب تلفات منبع، که معمولاً در حدود ۹٪ در نظر گرفته می‌شود.

ظرفیت تولید توان PC را نیز می‌توانیم از رابطه زیر بدست آوریم.

$$PC = \frac{EC}{PH} \quad (11)$$

گسترش استفاده از خودروهای هیبریدی و پیل سوختی باید بر روی این گروه‌ها متمرکز شود. (برنامه‌هایی مثل اعطای یارانه و وام‌های کم‌بهره برای قشر کارمند). نکته دیگری که با توجه به نمودار باید مورد توجه قرار گیرد آن است که اگر برنامه‌ای برای تغییر در ساعات تولید برق خودروها نداشته باشیم، بیشتر برق تولیدی در زمان‌های غیر پیک خواهد بود. زیرا عموماً مردم از خودروهای شخصی خود در ساعات اولیه شب که با پیک مصرف برق همزمان است استفاده می‌کنند، در نتیجه تولید برق توسط خودروها دقیقاً در ساعاتی که بیشترین نیاز به آن است کاهش چشم‌گیری می‌یابد.

۵- بررسی چگونگی کاربرد خودروهای برقی به عنوان تولید پراکنده

۵-۱- خودروها به عنوان نیروگاه

با توجه به برنامه‌های مختلفی که شرکت‌های سازنده خودرو برای دستیابی به تکنولوژی پیل سوختی دارند، و افزایش روزافزون استفاده از خودروهای هیبریدی، خودروهای برقی را می‌توان یکی از انواع منابع تولید برق به خصوص در هنگام پیک مصرف در نظر گرفت. موضوع تجدید ساختار صنعت برق و بحران‌هایی مانند بحران برق کالیفرنیا در سال ۲۰۰۱ و بحران برق اروپا در چند ماه گذشته، ضرورت پرداختن به چنین موضوعاتی را کاملاً مشخص می‌سازد. تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد، استفاده از خودروها برای تولید برق در ساعات اوج مصرف، و همچنین به عنوان رزرو چرخان در شبکه از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه است.

تولید برق توسط خودروها مزایای مختلفی دارد که از آن جمله می‌توان به این موارد اشاره کرد. تولید کننده توان AC موبایل، برق اضطراری برای منازل و خانه‌ها، تولید برق در زمان پیک مصرف، ایجاد سرویس‌های کمکی مورد نیاز شبکه مانند رزرو چرخان، تنظیم (ایجاد تعادل بین تولید و مصرف در بازار برق)، کنترل اتوماتیک تولید، توان راکتیو و پایداری خطوط.

یک اتومبیل با پیل سوختی دارای توانی در حدود ۵۰kw- ۳۵ است (برای کامیون‌ها این رقم باید در حدود ۷۵kw

خارج می‌شوند، و هر اتومبیل درصد بالایی از تولید توان را بر عهده دارد، نوسانات توان در شبکه کوچک ساخته شده زیاد خواهد بود.

۶- پر کردن دره منحنی بار به وسیله شارژ خودروهای برقی

نمودار شکل ۹- نشان می‌دهد در صورتی که هیچ برنامه‌ای برای تنظیم زمان شارژ خودروها وجود نداشته باشد، شارژ این خودروها با زمان اوج مصرف همزمان خواهد شد، و مشکلات جدی برای شبکه ایجاد خواهد کرد [6]. در حالی که اگر بتوانیم با برنامه ریزی و انجام امور تشویقی، توان مورد نیاز را در شب از شبکه جذب کنیم، نه تنها مشکلی برای شبکه پیش نمی‌آید، بلکه در اصلاح منحنی بار می‌تواند نقشی اساسی ایفا کند [7]. در این بخش به چند طرح پیشنهادی بدین منظور اشاره می‌شود:

۱- تعرفه برق ارزان در نیمه شب: که در حال حاضر در بیشتر کشورهای دنیا انجام می‌گیرد. ولی بیشتر مردم به دلیل استفاده زیاد از اتومبیل شخصی علاوه بر شارژ شبانه، در طول روز نیز به شارژ اتومبیل خود احتیاج دارند. مانند استفاده کنندگان تجاری که علاوه بر نیمه شب در ظهر (که پیک مصرف است) تقاضای برق آنها به شدت بالا می‌رود (به نمودار بار مراجعه شود).

۲- تاسیس مراکزی برای تعویض باتری های شارژ شده با باتری های دشارژ شده، مانند عملی که در مورد سیلندرهای گاز در کشور انجام می‌گیرد. البته شاید از لحاظ فنی جابجایی سریع باتری خودروها عملی نباشد. پس قبل از انجام هر پروژه‌ای در این زمینه مشورت با شرکت های سازنده خودرو ضروری است. اگر این امکان فراهم شود، به نظر می‌رسد با شارژ باتری ها در شب و جابجایی آنها با باتری های دشارژ در روز مشکل تقاضا به راحتی حل شود.

۳- ایجاد امکان ذخیره انرژی در مراکز شارژ خودرو: در شب توان شبکه را گرفته و به طریقی انرژی را ذخیره می‌کنیم و در روز برای شارژ خودروها از این انرژی استفاده می‌کنیم. با

PH: زمانی از شبانه روز که خودرو برق تولید می‌کند بر حسب ساعت.

برای اینکه تولید برق مقرون به صرفه باشد، لازم است سود حاصله بیشتر از هزینه باشد. هزینه سالیانه تولید برق برای یک خودرو CY، از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$CY = EC \times DY \times (BD + FR) \quad (12)$$

EC: ظرفیت تولید انرژی که از رابطه ۱۰ بدست می‌آید.

DY: تعداد دفعات تولید برق در هر سال است.

SD: استهلاک منبع تولید انرژی

FR: هزینه لازم برای تهیه سوخت منبع

با مقایسه هزینه با سود حاصله می‌توانیم اقتصادی بودن پروژه را بررسی کنیم.

تولید برق توسط خودروهای برقی را می‌توان به دو صورت کلی تقسیم بندی کرد:

۱- اتصال به شبکه سراسری: در این حالت مجموعه خودروها که در یک جا به شبکه متصل هستند و برق تولید می‌کنند را می‌توانیم به عنوان یک (Distributed generator) در نظر بگیریم. همان‌طور که می‌دانیم، اتصال DGها به شبکه امروزه بسیار مورد توجه است، که البته با توجه به خصوصیات شبکه مشکلاتی در پی خواهد داشت، از جمله مسائلی مانند حفاظت و کنترل.

۲- تولید ایزوله برق: یک خانوار در پیک مصرف خود توانی در حدود چند کیلووات (۱-۲ kw) مصرف می‌کند، بنابراین در یک منطقه که حدود ۲۰۰۰-۱۰۰۰ خانوار زندگی می‌کنند (در نتیجه حدود ۲MW برق مصرف می‌شود)، اگر در هر لحظه ۵۰ اتومبیل در پارکینگ آن منطقه پارک باشد برق مورد نیاز را به وسیله همین خودروها می‌توانیم تامین کنیم، و دیگر نیازی به اتصال به شبکه سراسری نیست. همین کار را در مورد بسیاری از مراکز عمومی مانند بیمارستان ها و ادارات می‌توان انجام داد. البته مشخص است که استفاده از این نوع سیستم ها مشکلاتی نیز به همراه دارد، که مهمترین آنها مربوط به مسائل دینامیکی و سوئینگ توان می‌شود. به دلیل آنکه اتومبیل ها پی در پی به شبکه برق محلی وارد و از آن

اماکن مختلف موجود در سطح شهر که مرکز تجمع خودروها هستند پتانسیل بالایی برای تولید برق از این طریق دارند. پارکینگ‌های عمومی، پارکینگ بیمارستان‌ها و ادارات دولتی. در پایان باید متذکر شد که به مطالعات بیشتری جهت بررسی دقیق تر الگوهای مصرف خودرو و مدل‌های مربوطه احتیاج می‌باشد.

مراجع:

- [1] IEEE Power & Energy June 2006
- [2] www.answrs.com
- [3] S. Eaves and J. Eaves, A cost comparison of fuel-cell and battery electric vehicles, power sources, 130, 2004 , 208–212
- [4] T. Markel and K. Wipke, Modeling Grid-Connected Hybrid Electric Vehicles Using ADVISOR, National Renewable Energy Laboratory, NREL/CP-540-30601
- [5] K. Nansai and S. Tohno and Motoki Kono and Mikio Kasahara, Effects of electric vehicles (EV) on environmental loads with consideration of regional differences of electric power generation and charging characteristic of EV users in Japan, Applied energy, 71 ,2002 111–125
- [6] S. Rahman and G.B. Shrestha, An Investigation Into the Impact of Electric Vehicle Load on the Electric Utility Distribution System, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 8, No. 2, 1993, 591
- [7] F. Koyanagi and Yoshihisa Uriu, A Strategy of Load Leveling by Charging and Discharging Time Control of Electric Vehicles, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 13, No. 3, 1998, 1179
- [8] B. Bolund and H. Bernhoff nad M. Leijon, Flywheel energy and power storage systems, renewable & sustainable energy reviews, 11, 2007, 235–258

توجه به راهی که برای ذخیره سازی انرژی انتخاب می‌کنیم، این بخش را می‌توانیم به قسمت‌های مختلفی تقسیم بندی کنیم.

الف) استفاده از باتری خانه: آسان‌ترین روش استفاده از یک باتری خانه در مراکز شارژ می‌باشد. مزیت این روش بازدهی بالا و مشکل آن هزینه سرمایه‌گذاری اولیه است.

ب) استفاده از flywheel : flywheel ها چرخ‌های با اینرسی زیاد و اصطکاک کم هستند، که با چرخاندن آنها انرژی به صورت انرژی حرکتی در آنها ذخیره می‌شود. شب به کمک یک موتور الکتریکی و دریافت توان از شبکه چرخ را به حرکت در می‌آوریم، و در روز به کمک ژنراتوری که این چرخ آن را به حرکت در می‌آورد باتری‌ها را شارژ می‌کنیم [8].

البته روش‌های ذخیره سازی انرژی بسیار متنوع‌تر و بیشتر از این تعداد است. که هر کدام از آنها می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد.

۷- نتیجه گیری

با توجه به رویکرد شرکت‌های بزرگ خودرو سازی به استفاده از انرژی برق در خودروهای نسل جدید و فراگیر شدن استفاده از خودروهای برقی در آینده ای نزدیک، چاره ای جز برنامه ریزی برای استفاده صحیح و اصولی از آنها نداریم، در این مقاله نشان داده شد در صورت اصلاح وضع شبکه و ایجاد امکانات مورد نیاز، از این خودروها می‌توانیم برای تولید برق در ساعات اوج مصرف استفاده کنیم، و بدین ترتیب نیاز به ساخت نیروگاه‌های جدید به منظور تأمین برق در این ساعات مرتفع خواهد شد، نیروگاه‌هایی که به دلیل ضریب بار پائین، ساخت آن‌ها چندان مقرون به صرفه نیست. همچنین لازم است تدابیر جدی برای تغییر زمان شارژ خودروها اندیشیده شود، تا در ساعات پیک مصرف شاهد افزایش بیش از حد تقاضا نباشیم.