طراحی الگوریتم شارژ کنترل شده‌ی خودروهای الکتریکی هیبریدی قابل اتصال به شبکه با در نظر گرفتن قابلیت خودرو به شبکه

منیر کمالی، مریم السادات اخوان حجازی و محمد محمدی

چکیده - در این مقاله به برنامه‌ریزی برای بارهای خانگی در پاسخ به تعرفه متغیر به زمان با هدف کمینه‌سازی هزینه‌های مشتری پرداخته می‌شود. این برنامه‌ریزی با عنوان سامانه‌ی مدیریت هوشمند بارهای خانگی برای تعیین زمان استفاده از بارهای پاسخگو و نیز بازه‌ی شارژ و دشارژ خودروهای الکتریکی هیبریدی قابل اتصال به شبکه برای روز آینده طرح‌ریزی می‌شود. بار، زمان طولانی و همزمانی شارژ باتری خودروها می‌تواند موجب افزایش بار و به خطر افتادن امنیت سیستم گردد. به همین منظور مدل‌های شارژ باتری خودرو بررسی و الگوریتم شارژ بهینه باتری طراحی می‌گردد. در نهایت برنامه‌ریزی احتمالاتی توسط کنترل‌کننده‌ای در خانه‌ی هوشمند اجرا و الگوهای بهینه‌ی شارژ بارها تعیین می‌گردد.

***واژه‌های کلیدی*- الکتریکی هیبریدی قابل اتصال به شبکه، قابلیت خودرو به شبکه، تقاضای انرژی.**

۱- مقدمه

انتشار بیش از حد گازهای گلخانه ای[1] (GHG) و مصرف بالای سوخت توسط وسایل نقلیه‌ی موتوری در سطح جهان با توجه به کاهش منابع سوخت فسیلی، آلایندگی زیاد محیط زیست و گرم شدن کره زمین، موجب توجه روزافزون به استفاده از سایر منابع انرژی گشته است. یکی از مناسب‌ترین روش‌ها استفاده از خودروهای برقی است که نیروی محرکه‌ی آن‌ها از انرژی الکتریکی شبکه یا باتری‌ها تأمین می‌شود. بطور کلی، خودروهای برقی به سه دسته تقسیم می‌شوند: دسته‌ی اول خودروهای الکتریکی[2] (EV) می‌باشند، در این خودروها به جای موتور درونسوز از یک موتور الکتریکی و به جای مخزن سوخت از یک باتری الکتریکی استفاده می‌شود. عیب اصلی این خودروها، وابستگی کامل آنها به باتری می‌باشد. به منظور برطرف کردن این عیب از دسته‌ی دوم خودروهای برقی، خودروهای الکتریکی هیبریدی[3] (HEV) استفاده می‌گردد. در صنعت خودرو، به خوردوهایی که از دو موتور مجزا، موتور بنزینی یا دیزلی و موتور الکتریکی تشکیل شده‌اند، خودروی هیبریدی می‌گویند. این خودروها دارای موتور سوختی و موتور برقی با باتری کافی (۱ تا ۳ کیلووات ساعت) با قابلیت ذخیره انرژی از موتور سوختی و ترمز خودرو می‌باشند. باتری‌ها در زمان مورد نیاز به کمک خودرو می‌آیند تا نیروی کمکی تولید کنند یا در سرعت‌های پایین، با خاموش شدن موتور سوختی، نیروی محرکه خودرو را تأمین نمایند. عیب اصلی این خودروها وابستگی به موتور مصرف‌کننده سوخت فسیلی (عدم قابلیت حرکت خودرو تنها با استفاده از موتور برقی) می‌باشد. دسته‌ی سوم از خودروها، خودروهای برقی قابل اتصال به شبکه[4] (PEV) می‌باشند که به دو دسته‌ی کلی خودروی الکتریکی باتری‌دار[5](BEV) و خودروهای الکتریکی هیبریدی قابل اتصال به شبکه[6] (PHEV) تقسیم می‌شوند. خودروی الکتریکی هیبریدی قابل اتصال به شبکه (PHEV)، یک وسیله نقلیه دوگانه‌سوز با باتری قابل شارژ است که می‌تواند با اتصال به یک منبع قدرت الکتریکی به شارژ کامل برسد. در این خودروها، سیستم موتور سوخت فسیلی بصورت کامل وجود دارد. این خودروها به شبکه برق متصل[7](G2V) و همانند یک بار مصرفی از شبکه انرژی دریافت می‌کنند. از سوی دیگر به عنوان ذخیره‌ساز انرژی به تزریق برق به شبکه در طول ساعت اوج، از طریق قابلیت

منیر کمالی، مربی دانشگاه فنی و حرفه‌ای شهید مهاجر، دانشکده برق و کامپیوتر، اصفهان، (mnrkamali@gmail.com)
مریم السادات اخوان حجازی، استادیار دانشگاه کاشان، کاشان، (mhejazi@kashan.ac.ir)
محمد محمدی، استادیار دانشگاه شیراز، شیراز، (m.mohammadi@shirazu.ac.ir)

1- Green House Gas
2- Electric Vehicle
3-Hybrid Electric Vehicle
4- Plug-in Electric Vehicle
5- Vehicle Battery Electric
6-Plug-in Hybrid Electric Vehicle
7- Grid To vehicle

تأمین بار شبکه[۸] (V2G) می‌پردازند و همانند یک نیروگاه مجازی کوچک با سرعت راه‌اندازی بسیار بالا و بدون هزینه راه‌اندازی رفتار می‌کنند [۱] تا [۳]. در کنار همه‌ی تأثیرات مثبت ذکر شده، نگرانی‌هایی در مورد شارژ گسترده و بدون برنامه‌ریزی این خودروها در شبکه وجود دارد. برنامه‌ریزی شارژ باتری نیازمند مدلسازی خودرو می‌باشد. مدلسازی خودروها بر اساس مشخصات آنها صورت می‌گیرد. مشخصات خودرو به دو دسته‌ی کلی مشخصات معین (مشخصات وابسته به نوع خودرو) و مشخصات نامعین (مشخصات وابسته به زمان شارژ خودرو) تقسیم می‌شوند.

در این مقاله ابتدا به مدلسازی مشخصات باتری خودرو پرداخته می‌شود. سه مدل شارژ کنترل شده و کنترل نشده با قابلیت خودرو به شبکه در مدلسازی در نظر گرفته می‌شود. نتایج عددی با استفاده از پیوند بین نرم‌افزارهای MATLAB و GAMS حاصل می‌شوند. پس از بررسی مدل‌های شارژ باتری خودرو، الگوریتم شارژ طراحی و در نهایت الگوهای شارژ و دشارژ باتری خودرو و یک بار پاسخگو خانگی (ماشین لباسشویی) برای یک خانه هوشمند تعیین می‌گردد. هدف کلی برنامه‌ریزی در این مقاله کاهش هزینه‌ی پرداختی مالک خودرو می‌باشد.

نگرانی اصلی باتری خودروهای هیبریدی قابل اتصال به شبکه طول عمر[۹] آنها می‌باشد. شارژ و دشارژ باتری دارای اثرات منفی بر عمر باتری است، بسته به نوع باتری و میزان دشارژ (DOD)[۱۰] می‌توان ویژگی طول عمر را تعیین کرد. هنگامی که کنترل‌کننده‌ای وظیفه‌ی شارژ و دشارژ خودرو را انجام می‌دهد، نرخ شارژ ثابت نیست و باتری می‌تواند در ساعات مختلف در سطوح مختلفی شارژ شود، اما با توجه به مشخصات باتری و شبکه تغذیه نمی‌تواند از مقداری بیشتر شود.

ظرفیت باتری یکی از عوامل مهم در تعیین مسافتی است که خودرو می‌تواند در حالت الکتریکی طی کند که به آن مسافت طی شده الکتریکی یا اصطلاحاً[۱۱] AER گفته می‌شود؛ این مقدار وابسته به شرکت سازنده خودرو می‌باشد. خودروی PHEV که می‌تواند صرفاً با برق، فاصله x را حرکت کند به عنوان PHEV–x شناخته می‌شود. سطح شارژ[۱۲](SOC) درصدی از شارژ باقی‌مانده در خودرو، زمانی‌که بعد از آخرین سفر روزانه وارد پارکینگ می‌شود را نشان می‌دهد. عملکرد خودرو بر اساس سطح شارژ در دو حالت است:

۱. تخلیه‌ی شارژ[۱۳] (CD)
۲. حفظ شارژ[۱۴] (CS)

می‌باشد.

عملکرد موتور الکتریکی در خودروی PHEV زمانی آغاز می‌گردد که سطح شارژ باتری خودرو بالا و در حالت تخلیه‌ی شارژ قرار دارد. در غیر اینصورت موتور احتراق داخلی وظیفه‌ی راه‌اندازی خودرو و حفظ شارژ را برعهده می‌گیرد.

راه حل اول: سطح شارژ اولیه‌ی باتری خودروی PHEV مقدار ثابت فرض می‌شود. این مقدار ثابت براساس عمق دشارژ (DOD) باتری خودرو در "(۱)" بیان شده است:

$$SOC_0 = 100 - DOD \qquad (۱)$$

راه حل دوم: انرژی متناسب مورد نیاز[۱۵](PEN) برای شارژ کامل باتری خودرو برابر با تفاضل ظرفیت باتری (Cap_{bat}) و سطح شارژ اولیه SOC_0 می‌باشد. این عبارت را می‌توان در "(۲)" بیان نمود.

$$PEN = Cap_{bat} - SOC_0 \qquad (۲)$$

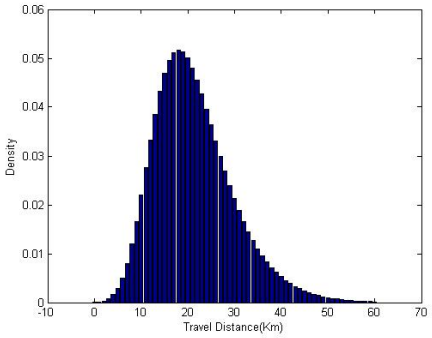
سطح شارژ اولیه خودرو در "(۳)" بیان شده است.

$$SOC_0 = 100 - \frac{t_{rd}}{C_{eff} \times Cap_{bat}} \times 100 \qquad (۳)$$

در فرمول فوق، C_{eff} ضریب بهره‌ی خودرو است که مقدار آن به عادت‌های رانندگی و شرایط ترافیکی بستگی دارد. همچنین Cap_{bat} بیانگر ظرفیت باتری و t_{rd} بیانگر مسافت طی شده توسط خودرو می‌باشد [۴] تا [۶]. مطالعه‌ی آماری گسترده‌ای که بر رفتار مالکان خودروی هیبریدی و سفرهای روزانه آنها، نشانگر رفتار متفاوت رانندگان این خودروها در روزهای مختلف است. این مطالعه مؤید غیرمعین بودن آن دسته از مشخصه‌های خودرو است که وابسته به رفتار رانندگان و اتفاقات محیطی است. از آنجا که برای برنامه‌ریزی مصرف روز آینده نیازمند این اطلاعات هستیم، این مشخصه‌ها توسط مصرف‌کننده تخمین زده می‌شود. برای مدلسازی پارامتر مسافت طی شده در طول روز[۱۶](t_{rd}) تابع توزیع احتمال غیرگوسین[۱۷] Gev مورد استفاده قرار گرفته است.

8- Vehicle To Grid
9- Cycle Life
10- Depth of Discharge
11- All-Electric-Range
12- State-Of- Charge
13- Charge Depleting
14- Sustaining Charge
15-Proportional Energy Needed
16-Travelled Distance
17- Generalized Expected Value

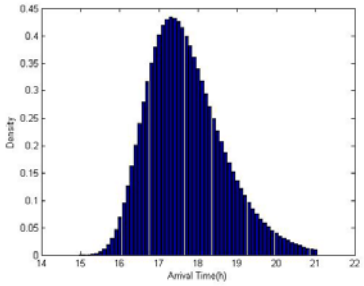
شکل (۱) تابع توزیع احتمال مسافت پیموده شده را نشان می-دهد. با توجه به شکل ملاحظه می‌شود بیشترین مسافت طی شده در بازه‌ی ۲۰ تا ۳۰ کیلومتر می‌باشد.



شکل ۱- مسافت پیموده شده (t_{rd})[۳].

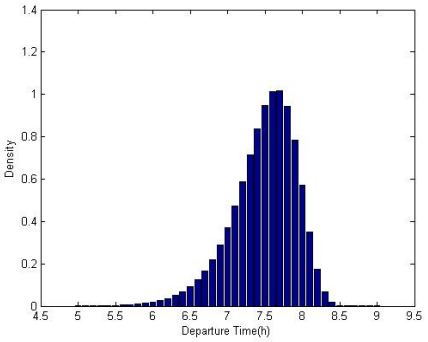
تابع توزیع احتمال Gev مناسب‌ترین گزینه برای مدلسازی زمان بازگشت خودرو[۱۸] (a_t) به پارکینگ در نظر گرفته شده‌است.

در نهایت شکل (۲) تابع توزیع زمان بازگشت خودرو را نشان می‌دهد.



شکل۲- زمان بازگشت (a_t) [۳].

تابع توزیع احتمال غیرگوسین Weibull به عنوان مناسب‌ترین تابع برای مدلسازی پارامتر تصادفی زمان عزیمت[۱۹] (d_t) در نظر گرفته شده است. شکل (۳) تابع توزیع احتمال زمان عزیمت از پارکینگ را نشان می‌دهد [۳].



شکل۳- زمان عزیمت(d_t)[۳].

18-Arrival Time
19- Departure Time

۲- بررسی مدل‌های شارژ خودرو

جهت تعیین فواید برنامه‌ریزی شارژ خودروی الکتریکی هیبریدی قابل اتصال به شبکه و نیز تأثیر قابلیت خودرو به شبکه، سه مدل مختلف شارژ خودرو در نظر گرفته شده است [۲].

مدل شارژ بدون کنترل خودرو و بدون قابلیت خودرو به شبکه: در این حالت هیچ کنترلی روی شارژ خودروها در پارکینگ وجود ندارد. لذا خودرو پس از بازگشت به پارکینگ در زمان a_t، باتری خودرو شروع به شارژ شدن می‌کند. با توجه به سطح شارژ اولیه خودرو و نیز نرخ شارژ و دشارژ، باتری خودرو باید در بازه‌ی زمانی مجاز a_t تا b_t به شارژ کامل برسد. این بازه‌ی شارژ، منطبق بر اوج بار شبکه می‌باشد، لذا هزینه‌ی پارکینگ افزایش یافته و بر اثر افزایش اوج بار شبکه، امنیت آن نیز به خطر خواهد افتاد.

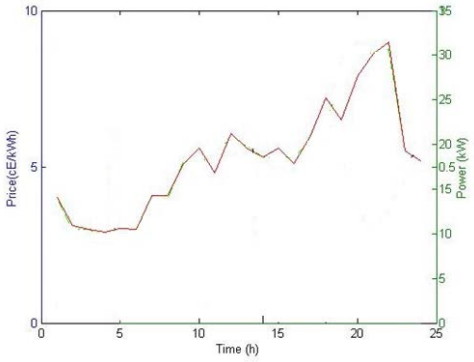
- مدل شارژ کنترل شده خودرو و بدون قابلیت خودرو به شبکه: در این حالت فرض می‌شود که کنترلری در پارکینگ وظیفه‌ی شارژ خودروها را بر عهده دارد؛ لذا هنگامی که خودرو به پارکینگ می‌رسد الزاماً شارژ باتری خودرو شروع نمی‌شود، بلکه کنترلر برنامه‌ریزی شارژ را بر این اساس انجام می‌دهد که هزینه‌ی پرداختی پارکینگ حداقل گردد. در این سناریو هیچ دشارژی صورت نگرفته و تنها باتری شارژ می‌شود.
- شارژ کنترل شده خودروهای با قابلیت خودرو به شبکه: در این سناریو علاوه بر اینکه کنترلری در پارکینگ وظیفه‌ی شارژ کلیه‌ی خودروها را بر عهده دارد، پارکینگ می‌تواند در صورت امکان برای افزایش سود خود بخشی از مصرف شبکه را نیز در ساعات پیک تامین کند و در ازای مقدار باری که در این ساعات برای شبکه تأمین می‌کند، اعتبار مالی یا $contract_price_G(t)$ که بیشتر از هزینه‌ی شارژ است را از اپراتور سیستم دریافت کند. در این حالت در ساعات غیر اوجِ مصرف، باتری خودروها شارژ شده و از سوی دیگر در ساعات اوج، پارکینگ مقداری از توان خود را به شبکه می‌دهد.

برنامه‌ریزی شارژ خودرو با هدف کمینه‌سازی هزینه‌ی پرداختی صورت می‌گیرد. تابع هدف برنامه‌ی بهینه‌سازی به صورت "(۴)" است. (۴)

$$Minimize: \sum_{N_{PHEV}} \sum_{a_t}^{b_t} (P^P(t).price(t) - P^S(t).contract_price_G(t))$$

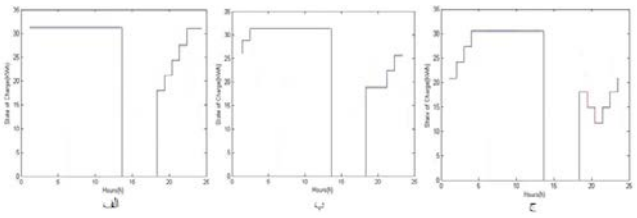
در رابطه‌ی فوق N_{PHEV} نشان‌دهنده‌ی تعداد خودروها، $price_G(t)$ قیمت خرید برق توسط مالک خودرو در

لحظه t، $contract_price_G(t)$ قیمت فروش برق به شرکت برق، $P^P(t)$ توان حقیقی که جهت شارژ خودرو از شبکه‌ی برق دریافت می‌شود و $P^S(t)$ توان حقیقی که مالک خودرو به شرکت برق می‌فروشد را نشان می‌دهد. با توجه به برنامه-ریزی‌های صورت گرفته انتظار می‌رود که به منظور کمینه کردن هزینه‌ی مالک خودرو، شارژ خودروها در زمان‌هایی که تعرفه برق پایین است صورت بگیرد. (تعرفه‌ی برق بر اساس قیمت‌های واقعی و پیش‌بینی بازار برق اسپانیا در یک روز تابستانی در نظر گرفته شده است). ورودی‌های مسئله شامل مشخصات خودروها و نیز تعرفه‌های برق می‌باشد؛ همچنین زمان، سطح شارژ و دشارژ باتری هر کدام از خودروها در بازه‌ی زمانی مجاز شارژ a_t تا b_t خروجی‌های برنامه می‌باشند. برنامه‌ریزی این خودرو باید به گونه‌ای باشد که خودرو هنگام خروج از پارکینگ دارا بیشینه‌ی شارژ ممکن (ظرفیت باتری) باشد. همچنین فرض شده است که درتعرفه‌ی‌برق $contract_price_G(t) = price_G(t)$ می‌باشد. تعرفه‌ی برق مربوط به بازار برق اسپانیا در یک روز تابستانی در شکل (۴) نشان داده شده است.



شکل ۴- قیمت برق در بازار اسپانیا[۷].

برای نشان دادن منحنی شارژ خودرو در مدل‌های مختلف شارژ، خودرویی با مقدار شارژ اولیه ۱۷/۱۸۲ kwh در نظر گرفته شده است. این خودرو در ساعت ۱۳ خانه را ترک و در ساعت ۱۸ به پارکینگ خانه بازمی‌گردد (بازگشت به پارکینگ و آغاز شارژ خودرو در زمان اوج مصرف). منحنی‌های شارژ خودرو در زمان اوج مصرف در سه مدل شارژ به ترتیب در شکل (۵) نشان داده شده‌اند.



شکل۵- منحنی‌های شارژ خودرو در زمان اوج مصرف در سه مدل شارژ.

هزینه‌ی پرداختی برای سه مدل شارژ در جدول (۱) آمده است.

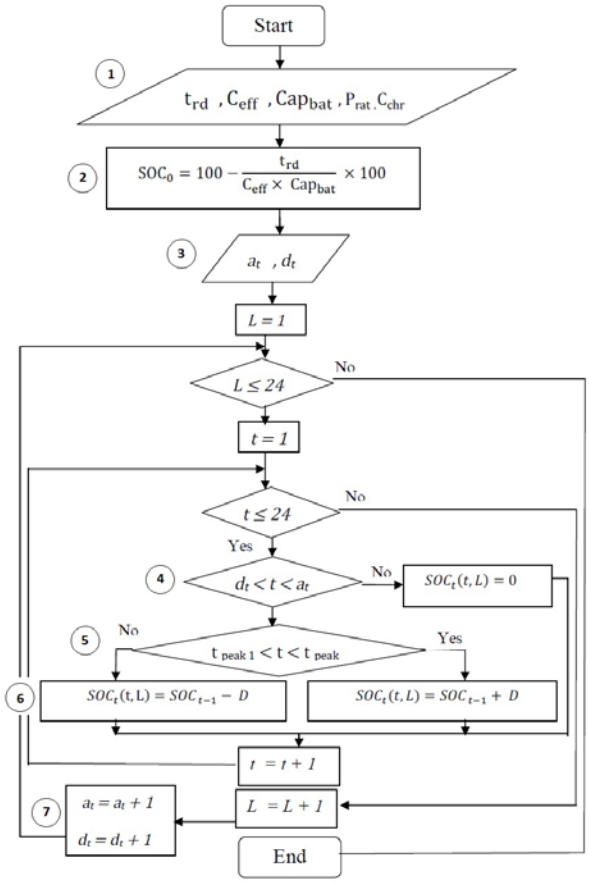
جدول۱- هزینه‌های پرداختی در زمان اوج مصرف.

هزینه پرداختی	مدل اول	مدل دوم	مدل سوم
(یورو €)	۱۰۴	۸۳	۶۶

با توجه به منحنی‌های شارژ و جدول هزینه مشاهده می‌شود در حالتی که هیچ کنترلی بر شارژ خودروها وجود نداشته باشد، هزینه‌ی پرداختی پارکینگ و اوج بار شبکه در بیشترین مقدار خواهد بود. شارژ کنترل شده بدون قابلیت خودرو به شبکه، اوج بار و هزینه را به مقدار قابل توجهی کاهش می‌دهد. همچنین هنگامی که قابلیت خودرو به شبکه نیز بر کنترل شارژ وجود داشته باشد، علاوه بر کاهش بیشتر هزینه، اوج بار شبکه نیز مسطح‌تر می‌گردد.

۳- طراحی الگوریتم محاسبه‌ی الگوهای شارژ کنترل شده با قابلیت خودرو به شبکه

الگوریتم محاسبه‌ی الگوهای شارژ و دشارژ باتری در مدل شارژ کنترل شده خودرو با قابلیت خودرو به شبکه در شکل (۶) نشان داده شده است.



شکل۶- الگوریتم محاسبه‌ی الگوهای شارژ و دشارژ باتری.

۴- تعیین هزینه‌های پرداختی مشتری جهت شارژ خودرو

هزینه‌ی پرداختی جهت شارژ کامل باتری خودرو در "(۵)" بیان شده است.

$$C_V = C_{V1} - C_{V2} \qquad (۵)$$

این فرمول از دو بخش زیر تشکیل شده است. بخش اول در "(۶)"، هزینه‌ی شارژ خودرو را نشان می‌دهد.

$$C_{V1} = \int_{T_1} P^P(t) \times price(t) \cdot dt \qquad (۶)$$

بخش دوم در "(۷)" بیانگر هزینه‌ی دشارژ خودرو می‌باشد.

$$C_{V2} = \int_{T_2} P^S(t) \times price(t) \cdot dt \qquad (۷)$$

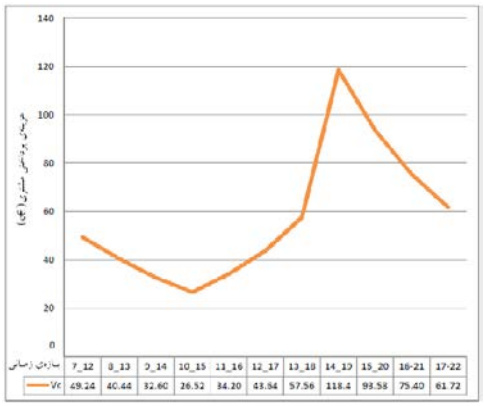
در فرمول‌ها داریم :

$P^P(t)$: توان مورد نیاز جهت شارژ باتری در بازه زمانی T_1

$P^S(t)$: توان به دست آمده از دشارژ باتری در بازه زمانی T_2

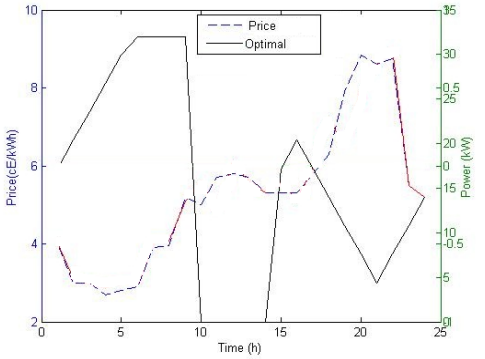
$price(t)$: قیمت برق در زمان t

هزینه‌ی پرداختی مشتری جهت شارژ و دشارژ باتری محاسبه و در نمودار (۱) مشاهده می‌گردد.



نمودار ۱- هزینه پرداختی شارژ و دشارژ باتری.

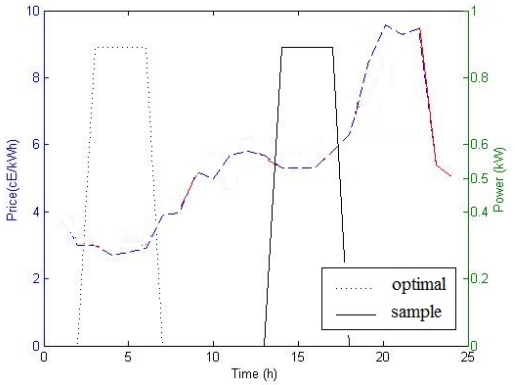
با توجه به نتایج حاصل از محاسبه‌ی هزینه‌ها، خودرویی که در ساعت ۱۰ صبح از پارکینگ خارج و در ساعت ۱۵ به پارکینگ باز می‌گردد دارای کمترین هزینه‌ی پرداختی شارژ و دشارژ باتری می‌باشد. در شکل (۷) الگوی بهینه‌ی شارژ خودرو آمده است.



شکل۷- الگوی بهینه‌ی شارژ خودرو.

۵- بررسی شرط همزمانی شارژ

همانطور که در بخش‌های پیشین اشاره گردید، همزمانی شارژ باتری خودروها و بارهای دیگر موجب اضافه بار ناگهانی می‌شود. در این بخش قید همزمانی برای یک بار خانگی پاسخگو و یک خودرو در خانه‌ی هوشمند بررسی می‌گردد. بار پاسخگو شامل وسایلی می‌شود که وضعیت روشن و خاموش بودن آنها قابل برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری باشد؛ وسایلی همچون ماشین لباسشویی و ماشین ظرفشویی قابل برنامه‌ریزی می‌باشند. بدین ترتیب که معمولاً ساعت‌های خاصی برای مصرف ندارند یا ضرورتی برای استفاده از آنها در ساعت‌های مشخص وجود ندارد. به عنوان مثال ماشین لباسشویی به مدت ۴ ساعت و توان ۰/۹۸کیلووات در بازه‌ی زمانی ساعت ۱۶ تا ۱۸ روشن می‌باشد. اگر کنتور مناسب در نظر گرفته نشود (کنتور ۵ کیلو وات)، در نتیجه همزمانی شارژ سبب اضاف بار شدید و فیوز دچار مشکل می‌گردد. در غیر این صورت با در نظر گرفتن کنتور مناسب (کنتور ۷ کیلووات) همزمانی شارژ مشکل آفرین نخواهد بود. با توجه به شکل (۸) و هوشمند بودن لوازم خانگی پاسخگو اگر ماشین لباسشویی تنظیم و در بازه‌ی زمانی کم باری ۱ تا ۴ بامداد (الگوی بهینه‌ی ماشین لباسشویی) روشن گردد هزینه‌ی مشتری حدود ۲۵٪ کاهش می‌یابد.



شکل ۸- الگوهای نمونه و بهینه‌ی عملکرد خودرو.

۶- بحث و نتیجه‌گیری

خودروهای الکتریکی هیبریدی قابل اتصال به شبکه از نوین‌ترین فناوری‌هایی است که در حال نفوذ به خانه‌هاست. شارژ هم‌زمان باتری‌ها و لوازم خانگی پر مصرف ممکن است باعث اضافه بار ناگهانی شود؛ به ویژه اگر با زمان اوج مصرف مقارن شود. بنابراین با برنامه‌ریزی صحیح می‌توان تا حد امکان از اثرات مخرب همزمانی شارژ خودروها با لوازم خانگی کاست. خودروهای برقی می‌توانند نقش مهمی در افزایش قابلیت اطمینان و اقتصادی‌تر شدن بهره‌برداری از شبکه قدرت ایفا نمایند. تکنولوژی خودرو به شبکه به خودروهای برقی این امکان را می‌دهد که انرژی ذخیره شده در باتری را مستقیماً به شبکه تزریق نماید، یعنی از همان سیستم شارژی که برای شارژ باتری استفاده می‌شود می‌توان برای برگرداندن توان از باتری به شبکه نیز استفاده کرد که همان مدل شارژ کنترل شده‌ی خودروی الکتریکی هیبریدی قابل اتصال به شبکه با قابلیت خودرو به شبکه که سبب کاهش هزینه‌ی پرداختی مالک خودرو می‌شود در مرجع [۷] مدلسازی و برنامه‌ریزی شارژ برای خودروی الکتریکی EV انجام شده و نتایج حاصل در راستای نتایج این مقاله می‌باشد. لازم به ذکر است برنامه‌ریزی این مقاله برای شارژ باتری خودروهای برقی با حضور کنترل‌کننده در منازل مسکونی را می‌توان در پارکینگ‌های عمومی شارژ خودرو اجرا کرد. برنامه‌ریزی اشاره شده در این مقاله برای توان اکتیو صورت گرفت اما به راحتی می‌توان برنامه‌ریزی را با تعریف ضریب توان برای وسایل مختلف به برنامه‌ریزی برای توان راکتیو نیز تعمیم داد. این موضوعات به عنوان پیشنهادی برای ادامه کار توصیه می‌شود.

۷- مراجع

[۱] طیبی، امیرحسین، تأثیرات اتصال شارژر خودروهای الکتریکی در شبکه هوشمند و ارائه راهکار در جهت کاهش تلفات و بهبود مشخصه ولتاژ در اثر اتصال این شارژرها، هشتمین کنفرانس مهندسی برق و توسعه پایدار با محوریت دستاوردهای نوین در مهندسی برق، موسسه آموزش عالی خاوران مشهد، ۱۷بهمن ۱۳۹۲.

[۲] بدری، علی، حسین‌پور انبر، کاظم، برنامه‌ریزی تصادفی شارژ خودروهای الکتریکی هیبریدی در پارکینگ خودروهای برقی با در نظر گرفتن قابلیت تأمین بار شبکه، بیست و هشتمین کنفرانس بین‌المللی برق، تهران،۱۳۹۲.

[3] Pashajavid,Ehsan and Golkar,Aliakbar.(2012).Charging of plug-in electric vehicles: Stochastic modelling of load demand within domestic grids, Electrical Engineering (ICEE), 2012 20th Iranian Conference on. May 15-17. Tehran. Iran

[4] Pierluigi,Siano "Demand response and smart grids—A survey" Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 30, February 2014, Pages 461–478.

[5] Kii, Masanobu. Sakamoto, Keiji .Hangai "The effects of critical peak pricing for electricity demand management on home-based trip generation"IATSS Research (2014), http://dx.doi.org/10.1016/j.iatssr.2013.12.001

[6] Darabi,Zahra and Ferdowsi,Mehdi.(2011).Impact of plug-in Hybrid electric vehicle on electricity demand profile.Smart power grid.Chapter 11.pp.319-349

[7] Lujano-Rojas,Juan.Monteiro,Claudio.Dufo-Lo´pez,Radolfo "Optimum residential load management strategy for real time pricing (RTP) demand response programs", Energy Policy, Vol. 45, pp. 671–679, 2012.