



امکان سنجی زیرساخت‌های ایستگاه‌های شارژ مبتنی بر انرژی‌های تجدیدپذیر برای وسایل نقلیه الکتریکی

نویسنده اول: محمد ملکی نظری، نویسنده دوم: بهروز ترابی، نویسنده سوم: محمد علی حدادی، نویسنده چهارم: محمد قریشی

1. دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی (استراتژی)، دانشکده مدیریت دانشگاه آزاد واحد تهران شمال Nazari.sadra@gmail.com
2. دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی (تولید)، دانشکده مدیریت دانشگاه آزاد واحد تهران شمال Torabi.b.1984@gmail.com
3. دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی (تولید)، دانشکده مدیریت دانشگاه آزاد واحد تهران شمال m.ali.hadadi@gmail.com
4. دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی (تولید)، دانشکده مدیریت دانشگاه آزاد واحد تهران شمال gho_mohammad@yahoo.com

خلاصه:

با افزایش تقاضا برای وسایل نقلیه الکتریکی، نیاز به یک زیرساخت شارژ قابل اعتماد برای سازگاری با پذیرش سریع عمومی برای این نوع حمل و نقل افزایش یافته است. به طور همزمان، شبکه‌های برق محلی تحت فشار هستند و نیاز به پشتیبانی از منابع انرژی جایگزین طبیعی فراوان و ارزان مانند باد و خورشید دارند. به همین دلیل است که جهان اخیراً شاهد ظهور ایستگاه‌های شارژ مبتنی بر انرژی‌های تجدیدپذیر بوده است که مورد استقبال زیادی قرار گرفته‌اند. در این مقاله، مطالعات مربوط به این نوع زیرساخت شارژ انرژی جایگزین را بررسی می‌کنیم. تحقیقات این مقاله جنبه‌های ضروری در این زمینه از جمله منابع، پتانسیل، برنامه ریزی، کنترل و قیمت‌گذاری را بررسی می‌نماید. این مطالعه همچنین شامل بررسی و تبیین چالش‌های پیش روی این نوع از ایستگاه‌های شارژ الکتریکی و ارائه راه حل‌های مناسب برای آن چالش‌ها می‌باشد. هدف این مقاله ارائه دیدی کلی از شارژ وسایل نقلیه الکتریکی از طریق انرژی‌های تجدیدپذیر و ایجاد زمینه برای تحقیقات بیشتر در این زمینه ضروری می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: انرژی تجدید پذیر، باد، خورشیدی، وسیله نقلیه الکتریکی، ایستگاه شارژ

1. مقدمه:

افزایش قابل توجه استفاده از وسایل نقلیه الکتریکی (EVs) منجر به افزایش گسترده تقاضا برای انرژی الکتریکی در سراسر جهان شده است. بازار جهانی خودروهای الکتریکی رشد قابل توجهی داشته است. تعداد خودروهای برقی در جاده در سال 2010 چند صد بود. این رقم در سال 2017 به حدود سه میلیون و در اوایل سال 2019 به حدود شش میلیون رسید [1]. وسایل نقلیه الکتریکی جایگزین‌های هیجان‌انگیزی برای وسایل نقلیه معمولی (CV) هستند. با انتشار کربن صفر در حین کار، EV این توانایی را دارد که اثر کل آب و هوا و انتشار آلاینده‌ها را به میزان قابل توجهی کاهش دهد. با حذف تدریجی سوخت‌های فسیلی، نیاز به سوخت‌های زیستی نیز کاهش می‌یابد. موتورهای الکتریکی دارای راندمان 80 تا 95 درصد هستند [2] که آنها را به انتخاب جذاب تری نسبت به CV ها تبدیل می‌کند که بازدهی کمتر از 20 درصد دارند [3]. خودروهای الکتریکی همچنین یک عنصر حیاتی در حمل‌ونقل مدرن هستند، زیرا انواع فناوری‌های صنعتی جدید را در خود جای داده‌اند (مانند یک موتور الکتریکی، یک باتری و یک تسهیلات شارژ). با این حال، پذیرش خودروهای برقی آنطور که پیش بینی می‌شد پیش نمی‌رود. محدوده محدود و زمان شارژ آهسته خودروهای برقی به طور گسترده‌ای به



عنوان جدی ترین موانع برای تبلیغ در نظر گرفته می شود [4،5]. اگرچه خودروهای برقی قیمت خرید بالایی دارند، اما هزینه های نگهداری پایینی دارند و نسبت به خودروهای معمولی انرژی کمتری مصرف می کنند.

با توجه به افزایش سریع تقاضای خودروهای برقی و شارژ EV، بسیاری از مراکز تحقیقاتی و شرکت‌های تامین انرژی به دلیل افزایش تعداد نقاط شارژ خودروهای برقی، به طور جدی به فکر کاهش فشار بر شبکه‌های برق محلی افتادند. منابع انرژی تجدیدپذیر مانند باد و خورشید برخی از موثرترین راه حل ها برای پر کردن این کسری شبکه های برق محلی هستند که به طور بالقوه از زیرساخت شارژ EV پشتیبانی می کنند [6].

پس از اعلام توسعه سریع EV در آغاز هزاره، تحقیقات زیرساخت شارژ مبتنی بر انرژی های تجدیدپذیر (RCI) با تلاش زیرساخت های شارژ بادی و خورشیدی آغاز شد [7-12]. یک مرکز شارژ را پیش بینی می گردد که بتواند تقاضای EV را با انرژی های تجدیدپذیر و جریان مستقیم (DC) مطابقت دهد تا کاستی های زیرساخت شارژ معمولی را بهبود بخشد. ایستگاه های شارژ سنتی با مسائلی مانند هارمونیک ها، نوسانات و قطع ولتاژ بر پایداری شبکه تأثیر می گذارند [8،9،12]. در مقابل، RCI دارای چندین مزیت است، مانند راندمان بالا [13]، هزینه سیستم پایین [14] و ترتیب ساده [15،16]. علاوه بر این، به سطوح تبدیل توان کمتری نسبت به تجهیزات مبتنی بر جریان متناوب (AC) نیاز دارد [17،18]. RCI می تواند به طور قابل توجهی به کاهش انتشار کربن و گسترش نفوذ حوزه انرژی در منابع انرژی تجدید پذیر کمک کند [19].

با این حال، عدم قطعیت در مورد منابع تجدیدپذیر (به عنوان مثال، تغییرات فصلی در سرعت باد و تابش خورشید و تصادفی بودن روزانه در پوشش ابر برای پانل های خورشیدی) و ویژگی های بار الکتریکی (به عنوان مثال، ظرفیت باتری، تعداد و انواع EV، زمان توقف، شروع شارژ زمان و وضعیت اولیه شارژ) چالش های جدی در اجرای RCI هستند [20].

در حال حاضر، تحقیقات قابل توجهی در مورد موضوعات فوق در حال انجام است. در عین حال، محققان دیگر در حال کار بر روی جنبه‌های مختلف پیاده‌سازی و بهره‌برداری RCI هستند، مانند برنامه‌ریزی بهینه، کنترل و اندازه‌گیری، رویکردهای قیمت‌گذاری، و بررسی عوامل کلیدی مؤثر بر پیوند مستقیم بار EV با RCI. به عنوان مثال، مطالعات کمی تحقیقات زیرساخت شارژ EV را بررسی کردند. با این حال، آنها جنبه های فنی کلی را در نظر گرفتند و بر منابع انرژی تجدید پذیر تمرکز نکردند [21]. در مقاله دیگری مطالعات RCI را بررسی کرد اما با تمرکز بر ترجیحات مصرف کننده و تعامل با خودروهای برقی [22]. با توجه به دانش ما، هیچ مطالعه ای مطالعات RCI را به طور گسترده با بحث در مورد تمام زمینه های تحقیقاتی مرتبط بررسی نکرده است. این مطالعه پیشرفت‌های اخیر در فناوری RCI و آخرین پیشرفت‌های تحقیقاتی در این زمینه حیاتی را بررسی می‌کند. این مقاله مفهوم RCI را از دیدگاه‌های مختلف، از جمله منابع انرژی تجدیدپذیر مناسب برای RCI، مکان‌یابی، برنامه‌ریزی بهینه، اندازه‌بندی بهینه، کنترل و مدیریت انرژی، و برنامه‌های قیمت‌گذاری شارژ مبتنی بر انرژی‌های تجدیدپذیر و چالش‌های RCI مورد بحث قرار می‌دهد.

2. زیرساخت های فناوری:

در بسیاری از کشورهای جهان، وسایل نقلیه الکتریکی به تدریج محبوب تر می شوند. با این حال، عدم وجود ایستگاه های شارژ، پذیرش گسترده خودروهای الکتریکی توسط کاربران در سراسر جهان را محدود می کند. با افزایش استفاده از EV، ایستگاه های شارژ EV در مکان های عمومی بیشتری نصب می شوند [23،24]. در مقابل، اگر خودروهای برقی از طریق یک سیستم موجود با سوخت فسیلی شارژ شوند، بر سیستم توزیع و محیط تأثیر منفی خواهند گذاشت [25]. با توجه به انرژی خورشیدی از پنل های فتوولتائیک (PV) و منابع بادی که پتانسیل بالایی برای تولید برق دارند، شارژ کردن یک راه حل بزرگ خواهد بود. همچنین نشان دهنده یک پیشرفت



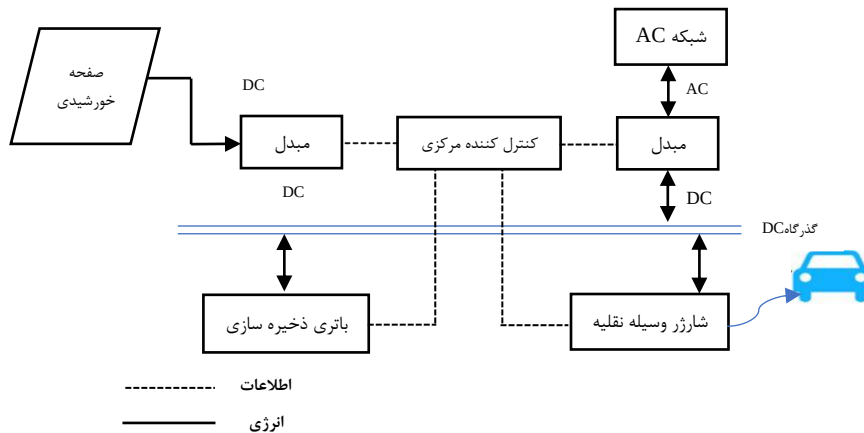
پایدار به سمت یک محیط پاک است [23]. بسته به منابع انرژی موجود (به عنوان مثال، تابش خورشیدی و سرعت باد)، خروجی برق تاسیسات شارژ می‌تواند پایین تر (کمتر از توان مورد نیاز) یا بسیار زیاد (بیش از مصرف برق) باشد. بیشتر ادبیات نشان می‌دهد که نصب سیستم‌های خورشیدی PV و سیستم‌های تبدیل انرژی بادی با شبکه برق پیشرفته و از نظر فنی قابل دوام است [26]. با این حال، رویکرد امیدوارکننده برای متعادل کردن تولید برق از منابع انرژی تجدیدپذیر را می‌توان با استفاده از بارهای توزیع قابل تنظیم یا سیستم‌های ذخیره انرژی به دست آورد، زیرا می‌تواند برق را در تولید توان کم فراهم کند [27]. استفاده از سیستم ذخیره انرژی برای تثبیت شبکه برق دیگر یک فناوری جدید نیست. سایر منابع انرژی مانند انرژی خورشیدی متمرکز، فلاپویل، باتری اختصاصی و سیستم‌های ذخیره‌سازی با پمپ هیدرولیکی از جمله فناوری‌هایی هستند که مورد استفاده قرار گرفته‌اند. کنتورهای هوشمند، حسگرهای بی‌سیم، ارتباطات پیشرفته و مبدل‌های قدرت برخی از فناوری‌های نوظهور در صنعت هستند [28-32].

2.1. سیستم‌های ذخیره انرژی و شارژ سریع:

در [33] گزارش شد که شارژ غیرقابل تنظیم به تخصیص اضافه بار ترانسفورماتورها و فیدرها و در نهایت منبع تغذیه کمک می‌کند. از این رو، بیشتر ذخیره انرژی ثابت و سیستم‌های شارژ سریع را برای غلبه بر این مشکل چالش برانگیز پیشنهاد کرده است [33]. ذخیره انرژی زیرساخت شارژ را محدود می‌کند و هزینه‌ها را با خدمات رسانی به وسایل نقلیه الکتریکی در حداکثر فواصل بارگذاری سیستم انجام می‌دهد [34،35]. ذخیره انرژی همچنین می‌تواند با تامین انرژی لازم و کافی برای رسیدن به ایستگاه‌های شارژ در مواقع اضطراری، پایداری خودروهای الکتریکی را بهبود بخشد. مطالعات زیادی در مورد مزایای ذخیره سازی انرژی ثابت با سیستم‌های شارژ سریع انجام شد [34،36،37]. با این حال، برای به دست آوردن چنین مزایایی، اندازه بهینه سیستم ذخیره‌سازی انرژی با در نظر گرفتن تعرفه‌های انرژی، درجه نفوذ مورد انتظار و پروفیل‌های بار EVs مورد نیاز است [33].

2.2. باتری و کنترلر ذخیره سازی:

باتری‌های خورشیدی می‌توانند نیازهای غیرقابل اعتماد برق شبکه را برآورده کنند، که عبارتند از شارژ قوی، دشارژ، و دوره‌های شارژ کامل متناوب. طیف وسیعی از انواع باتری این معیارهای خاص را برآورده می‌کند. زیرگروه‌های اصلی ذخیره‌سازی باتری که برای انرژی خورشیدی بررسی شده‌اند عبارتند از باتری سرب اسید، باتری لیتیوم یونی و باتری جریان [38،39]. همانطور که در شکل 1 نشان داده شده است، برای صرفه جویی در انرژی اضافی تولید شده توسط فتوولتائیک، به یک کنترل کننده مرکزی نیاز است تا توان تولید شده را به باتری هدایت کند. آنها تاکید کردند که بهبود بهره وری تولید انرژی خورشیدی از طریق ردیاب نقطه حداکثر توان (MPPT) و فن آوری‌های مدوله شده با عرض پالس (PWM) ضروری است [40].



شکل 1. زیرساخت شارژ EV با شارژر

2.3. مبدل ها:

وقتی صحبت از مبدل خورشیدی می شود، آرایه های PV به مبدل DC/DC متصل می شوند که امکان کنترل کامل ردیابی نقطه قدرت را فراهم می کند. مبدل AC/DC وظیفه تبدیل برق DC/AC را به صورت دو طرفه بر عهده دارد. برق مورد استفاده از شبکه درجه اول AC است. برای شارژ خودروهای برقی باید به DC تبدیل شود. تبدیل نیرو قبل از شروع شارژ اتفاق می افتد یا برق را از شبکه به شبکه های برق رله می کند. بنابراین، مبدل ها نقش منحصر به فردی در سیستم های فتوولتائیک بر اساس تبدیل انرژی متعادل دارند [41]. اشکال و الزامات مختلف به طور مفصل مورد بررسی قرار گرفته است، به عنوان مثال، اینورترهای رشته ای، که در آن پانل ها در ترکیب با یک میکرو اینورتر نصب می شوند، و اینورترهای مرکزی، که در آن پانل ها با اینورترهای جداگانه و بهینه سازهای توان میکرو اینورتر نصب می شوند که نیاز به نظارت بیشتر دارند. این بهینه سازهای قدرت برای ردیابی عملکرد کلی آرایه های پانل فتوولتائیک به منظور تغییر و تغییر دائمی بار متصل شده که سیستم را در حداکثر قابلیت عملیاتی نگه می دارد، استفاده می شود [42].

3. منابع انرژی تجدید پذیر مناسب:

انرژی های باد و خورشید به دلیل مزایای اقتصادی و زیست محیطی آنها به عنوان منابع جایگزین قابل اعتماد برای منابع انرژی متعارف در نظر گرفته می شوند [43، 44-45]. اما یکی از معایب این منابع تجدیدپذیر ناهم‌آهنگی آنها در ارائه انرژی است. آنها همیشه برق تولید نمی کنند و متناوب هستند. با این حال، چند پیشنهاد برای تأسیسات شارژ مبتنی بر خورشید در [35، 36، 46] مورد بحث قرار گرفته است. محققان زیرساخت شارژی را پیشنهاد کردند که برای طیف وسیعی از خودروهای الکتریکی کم تا متوسط اختصاص داده شده است. در [47]، محققان پیشنهاد کردند که EV ها را از انرژی خورشیدی با استفاده از سنجش ولتاژ لینک DC شارژ کنید. هدف کاهش بار روی ترانسفورماتور توزیع است. با این حال، محدودیت انرژی خورشیدی برای شارژ خودروهای برقی با برد وسیع، شانس اجرای



بیشتر ایستگاه‌های شارژ مبتنی بر خورشیدی را کاهش می‌دهد. کار تحقیقاتی بر روی کنترل و بهینه سازی توربین های بادی (WT) نشان داده است که انرژی باد یک انتخاب مناسب برای زیرساخت شارژ EV است. [44]، محققان مزایای اجرای ایستگاه‌های شارژ مبتنی بر توربین‌های بزرگ را مورد بحث قرار دادند و دریافتند که خودروهای الکتریکی می‌توانند عاملی حیاتی برای امکان‌پذیر کردن نفوذ بالای انرژی باد باشند. با توجه به چالش‌های مکانیزم‌های سنتی زمان‌بندی و دیسپاچینگ، محققان در [48] مدلی برای استفاده از انعطاف‌پذیری شارژ خودروهای الکتریکی برای جبران بهینه نوسانات انرژی باد ایجاد کردند. آنها دریافتند که تغییر شارژ خودروهای الکتریکی به زمان هایی با در دسترس بودن باد زیاد باعث صرفه جویی در هزینه می شود. در مطالعه دیگری [49]، امکان استفاده از انرژی باد به عنوان منبع مستقیم برای ایستگاه های شارژ EV مورد بررسی قرار گرفت. محققان یک روش مبتنی بر بازه‌ای مربوط به شکاف زمانی گرفته شده برای شارژ EV برای تبدیل انرژی باد را اجرا کردند و با استفاده از محدودیت‌ها و پارامترهای مختلف، از جمله میانگین فاصله زمانی برای سرعت باد، سازندگان مختلف توربین‌ها و مجموعه داده‌های منظم سرعت باد با وضوح بالا، ارزیابی شدند. تجزیه و تحلیل نشان داد که استفاده از باد مستقیم به EV قدرت ثابت کافی را برای ایستگاه های شارژ در مقیاس بزرگ فراهم می کند. محققان در [50] زیرساخت شارژ بهینه را با استفاده از توربین‌های بادی برای حالت‌های مختلف شارژ مربوط به قدرت شارژ بهینه توسعه دادند. زیرساخت به شبکه متصل است و دارای سیستم ذخیره انرژی است. توان نامی به ترتیب در 52، 84 و 116 کیلووات برای شارژ آهسته، متوسط و سریع بهینه شده است. از سوی دیگر، مطالعه [50] یک مدل مدیریت توان را برای افزایش قابلیت اطمینان انرژی باد ایجاد کرد. با این حال، می‌توان نتیجه گرفت که انرژی‌های خورشیدی و بادی منابع مناسبی برای زیرساخت شارژ EV هستند. یک مرکز شارژ می‌تواند هیبریدی (خورشیدی و بادی) یا غیر هیبریدی با استفاده از ظرفیت ذخیره سازی مناسب برای پشتیبانی از فرآیند شارژ در طول نوسانات منابع باشد. اندازه مولد برق عمدتاً به نوع شارژ (سریع، متوسط یا آهسته) بستگی دارد. با این وجود، استفاده از ذخیره سازی باتری تأثیر منفی بر محیط زیست دارد. نتایج مطالعه [51] نشان می‌دهد که تقاضای جهانی تحرک الکترونیکی تولید باتری‌ها را تا سال 2030 به حدود 1725 گیگاوات ساعت افزایش می‌دهد و نیکل ماده خام غالب در باتری‌های لیتیوم یونی خواهد بود. در حال حاضر، تقاضای باتری‌ها 4 درصد از تولید سالانه نیکل جهانی را تشکیل می‌دهد و سناریوی تدریجی این است که تقاضای نیکل به 34 درصد از تولید کنونی معدن در سال 2030 افزایش می‌یابد. حتی اگر نیکل یک جزء مهم برای گیاهان باشد، مانند هر فلز و ماده شیمیایی، کیفیت محیط برای گیاهان و جانوران ممکن است تحت تأثیر مقادیر بیش از حد آن باشد. در نتیجه، نیکل به شدت کنترل می‌شود و تحت ارزیابی های دقیق تحت انواع چارچوب های قانونی قرار می گیرد [52].

4. محل احداث

4.1. شارژ خانگی:

شارژ خانگی شامل نقاط شارژ خصوصی و عمومی در مناطق مسکونی است. تعداد کمی از مطالعات پیمایشی نشان داده اند که رانندگان خودروهای برقی شارژ خانه را به عنوان یک عامل انگیزشی برای خرید خودروهای الکتریکی در جایی که دسترسی به آن آسان است در نظر می گیرند [22، 53، 54]. پیاده‌سازی زیرساخت‌های بیشتر شارژ خانگی (HC) می‌تواند نرخ پذیرش خودروهای الکتریکی را به‌ویژه در شهرها افزایش دهد [55، 56]. زیرساخت HC بر سایر انواع زیرساخت غالب است. گزارش مربوط به بهره وری انرژی و انرژی های تجدیدپذیر در ایالات متحده نشان می دهد که تقریباً 80٪ از زیرساخت های شارژ نصب شده برای HC است و بیشتر جلسات شارژ برای خودروهای برقی در مناطق مسکونی اتفاق افتاده است [57، 58]. این نشان‌دهنده اتکا به برق الکتریکی در شبکه است، جایی که بیشتر شارژ در مناطق مسکونی انجام می‌شود. بنابراین استقرار زیرساخت های شارژ خورشیدی بیشتر در مناطق مسکونی می‌تواند وابستگی



به شبکه را کاهش دهد، نرخ پذیرش EV را تشویق کند و استفاده از منابع انرژی پاک را گسترش دهد. در نتیجه، می‌تواند انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی هوا را کاهش دهد.

4.2. شارژ محل کار:

شرکت‌ها شروع به پیاده‌سازی زیرساخت‌های الکتریکی برای کارکنان خود یا شارژ محل کار (WC) کرده‌اند تا تعهد خود را به مفهوم محیط سبز نشان دهند. به دلیل طولانی شدن دوره پارکینگ، محل کار به عنوان دومین مکان برای کارکنان با فرصت بالاتر برای شارژ خودروهای برقی خارج از خانه در نظر گرفته می‌شود، جایی که 15 تا 25 درصد از رویدادهای شارژ در محل کار رخ می‌دهد [22]. تعداد کمی از شرکت‌ها شارژ انرژی تجدیدپذیر را در محل کار ارائه می‌کنند و پیشنهاد می‌کنند با نرخ کم یا گاهی رایگان شارژ کنند (به عنوان مثال، Google و DirectTV). ارائه زیرساخت WC می‌تواند مسافت روزانه رانندگی را افزایش دهد که منجر به افزایش نرخ پذیرش و قابلیت استفاده از خودروهای الکتریکی می‌شود. از سوی دیگر، وسایل نقلیه پارک شده را می‌توان یک منبع توزیع شده در نظر گرفت که می‌تواند برق را به شبکه ارائه دهد که به عنوان وسیله نقلیه به شبکه (V2G) شناخته می‌شود. این ادغام می‌تواند استفاده بهینه از انرژی‌های تجدیدپذیر را انجام دهد. در همین حال، انرژی‌های تجدیدپذیر را می‌توان به شبکه یا به یک ریزشبکه در نزدیکی متصل کرد تا نوسانات منابع انرژی تجدیدپذیر را حل کند.

4.3. شارژ عمومی:

زیرساخت شارژ عمومی (PC) ایستگاه‌های شارژی است که رانندگان خودروهای برقی می‌توانند در صورت نیاز به راحتی به آن دسترسی داشته باشند. آنها برای اجرای تاسیسات انرژی‌های تجدیدپذیر مناسب‌تر از مناطق مسکونی هستند. استقرار تاسیسات تجدیدپذیر در مناطق مسکونی دارای مشکلات متعددی مانند دسترسی بودن پارکینگ، محدودیت‌های ساختمانی (به عنوان مثال، فضای کافی برای پنل‌های خورشیدی) و مسائل حاکمیتی (به عنوان مثال، مزارع بادی، معمولاً در خارج از شهرها پراکنده هستند) دارد [59]. ایستگاه‌های شارژ عمومی شامل موارد زیر است:

4.3.1. ایستگاه‌های شارژ فرصت:

ایستگاه‌های شارژ فرصت (OCS) فرصتی برای رانندگان خودروهای برقی برای شارژ مجدد در طول زمان پارک در مکان‌های عمومی فراهم می‌کند. آنها مکان‌هایی مانند مراکز خرید، فرودگاه‌ها، سوپرمارکت‌ها، مدارس، پارک‌ها و رستوران‌ها هستند. انتظار می‌رود رانندگان نیم ساعت و بیشتر پارک کنند [60]. قرارداد شارژ شبکه می‌تواند OCS را برای تنظیم یک مدل هزینه دلگرم‌کننده، که در آن رانندگان خودروهای برقی می‌توانند ماهانه مبلغ ثابتی را به عنوان اشتراک، برنامه‌های پرداخت به‌موقع، یا در برخی سناریوها به صورت رایگان بپردازند، گنجانده شود.

4.3.2. ایستگاه‌های شارژ سریع:

ایستگاه‌های شارژ سریع (FCS) می‌توانند مشکل زمان شارژ را حل کنند، که یک عنصر حیاتی در پذیرش و استقرار خودروهای الکتریکی است. شارژ سریع بر روی شارژ سریع خودروهای الکتریکی کار می‌کند، مشابه خودروهای معمولی در پمپ بنزین‌ها. شارژ سریع با داشتن FCS در طول مسیر، نقشی حیاتی در افزایش مسافت سفر خودروهای الکتریکی دارد. مازول شارژ سریع خارج از برد، کلید ایستگاه‌های شارژ سریع است که خروجی آن 35 کیلووات و بالاتر است. جریان و ولتاژ مربوطه به ترتیب 20-200 A و 45-450 V است. از آنجایی که هر دو بسیار بالا هستند، چنین زیرساخت‌هایی باید در مراکز یا ایستگاه‌های تحت نظارت مستقر شوند.



4.3.3. ایستگاه تعویض باتری:

ایستگاه تعویض باتری (BES) سیستمی است که رانندگان وسایل نقلیه الکتریکی می‌توانند باتری شارژ شده خود را با یک باتری کاملاً شارژ شده در BES جایگزین کنند. اجرای BES می‌تواند چندین مزیت از جمله زمان تبادل بسیار سریع آن را به همراه داشته باشد. به عنوان مثال، تسلا، یک سازنده خودروهای الکتریکی مشهور، باتری‌های EV را در 90 ثانیه تعویض می‌کند [61]. یکی دیگر از مسائل مهم در مورد مزایای BES اجتناب از شارژ در زمان اوج تقاضا است [62]. سایر مزایای BES عبارتند از: سایر مزایای BES مدیریت حداقل هزینه، عمر باتری طولانی و مصرف کم است [63]. با این حال، BES دارای اشکالات کمی است، مانند هزینه سرمایه‌گذاری که بسیار بالا است. ساخت BES به فضای کافی نیاز دارد و سیستم مدیریت باتری نمی‌تواند ایمنی باتری را تضمین کند [64].

5. برنامه ریزی بهینه:

الزامات شارژ خودروهای الکتریکی پیچیده است. بنابراین، تخمین دقیق یا به دست آوردن دقیق آن آسان نیست. همانطور که در جدول 1 ارائه شده شامل مقالات تحقیقاتی مرتبط با موضوع زمانبندی شارژ است. برخی از این مطالعات ادغام منابع تجدیدپذیر با فناوری V2G را در طول برنامه ریزی ایستگاه شارژ توصیف می‌کنند [65-69].

جدول 1. برنامه‌ریزی ایستگاه شارژ

مرجع	تکنیک مدل سازی	منبع	نوع ایستگاه
[73]	برنامه نویسی تصادفی	شبکه، خورشیدی	ایستگاه شارژ
[67]	برنامه نویسی خطی مخلوط (MILP)	شبکه، باد، وسیله نقلیه به شبکه (V2G)	ایستگاه شارژ
[70]	تصادفی دو مرحله ای (MILP)	شبکه، خورشیدی	ایستگاه مبادله باتری و ایستگاه شارژ
[65]	تصادفی دو مرحله ای (MILP)	شبکه، باد، (V2G)	ایستگاه شارژ
[68]	تصادفی بهینه سازی	شبکه، باد	ایستگاه شارژ
[69]	مدل احتمالاتی	شبکه، باد، خورشیدی	ایستگاه شارژ
[71]	تصادفی دو مرحله ای (MILP)	شبکه، خورشیدی	ایستگاه مبادله باتری
[66]	MILP	شبکه، باد	ایستگاه شارژ

مجموعه دیگر از این مقالات تحقیقاتی بر BES متمرکز شده است [70، 71]. برنامه ریزی ایستگاه شارژ یک کار چالش برانگیز است. این شامل در نظر گرفتن در دسترس بودن منابع تجدیدپذیر، عدم قطعیت در تقاضای ترافیک، ماهیت پیچیده طراحی مکان، و سایر عوامل موثر بر مدیریت ساعتی انرژی مانند منبع تجدیدپذیر، ساعات اوج مصرف شبکه و V2G است. بنابراین، در یک ایستگاه شارژ، نیاز به پیوند



تصمیمات برنامه ریزی بلندمدت (به عنوان مثال، مکان، اندازه و ساعات کارکرد) با تصمیمات عملکرد کوتاه مدت (به عنوان مثال، مصرف برق شبکه، تعداد باتری های شارژ/دشارژ، ذخیره انرژی، V2G و انرژی های تجدیدپذیر) برای تشکیل یک چارچوب برنامه ریزی. علاوه بر این، در دسترس بودن داده‌ها به طراحان ایستگاه‌های شارژ سریع اجازه می‌دهد تا به داده‌های خودروهای الکتریکی از طریق شبکه‌های حمل‌ونقل، از جمله داده‌های تاریخی و تقاضای شارژ بی‌درنگ دسترسی داشته باشند. داده‌های جمع‌آوری شده یک الگوی مبتنی بر داده‌های نوآورانه را تشویق می‌کند. جدول 2 برخی از مطالعات را توصیف می‌کند که یک رویکرد داده محور را به کار می‌برند. علاوه بر این، در برنامه‌های کاربردی محیط ساخته شده، مدل‌های برنامه‌ریزی سیستم انرژی باید دارای استانداردهای داده‌ها، تفسیرپذیری، مقیاس‌پذیری، انعطاف‌پذیری/انطباق‌پذیری و پیکربندی مجدد باشند [72]. این ویژگی‌ها می‌توانند به عنوان پایه‌ای برای تحقیقات مدل‌سازی آینده برای توسعه و استقرار مدل‌ها در سیستم‌های مبتنی بر اینترنت اشیا به عنوان دوقلوهای دیجیتالی فرآیندهای بلادرنگ عمل کنند. دوقلوهای دیجیتال به جای اینکه برای کاربردهای فردی و جداگانه طراحی شوند، به صورت سلسله مراتبی و به هم پیوسته توسعه خواهند یافت.

جدول 2. مدل‌های مبتنی بر داده‌ها

مرجع	تکنیک مدل سازی	حل مسئله	راهکار
[74]	مدل الزامات قدرت	رفتار شبکه برق	اطلاعات مربوط به رفتار الکتریکی شبکه را در حالی که شارژ می‌کند، به این ترتیب این مدل‌ها اهمیت خود را در صورت اتصال به یک شبکه برق دارند
[75]	مدل صف بندی	توزیع احتمال تنظیم شده EVS	EVS میتواند موقعیت ایستگاه‌های شارژ را با ارائه نقاط انتظار تعیین کند، علاوه بر نقاط شارژ، استفاده از شارژرها افزایش می‌یابد و تعداد شارژرهای مورد نیاز در هر سایت کاهش می‌یابد
[76]	اطلاعات زمان سفر به طور توزیع سنسور کسب اطلاعات زمان محل مدل (DRTTIGSL)	عدم اطمینان در سفر قبلی توزیع زمان	این مدل میتواند وضعیت بدترین حالت را با قیمت کمی از ارزش متوسط به طور متوسط کاهش دهد، به ویژه هنگامی که کل بودجه بالا نیست
[77]	محدودیت‌های مبتنی بر داده‌ها به وسیله روش تقریبی نمونه (SAA) به همتایان قابل اطمینان اصلاح می‌شوند	موقعیت و اندازه‌گیری مستقل ایستگاه‌های شارژ خودرو الکتریکی	رویکرد SAA صرفاً بررسی توزیع احتمالی تجربی را بررسی می‌کند و حقیقت را نادیده می‌گیرد

6. چالش‌های زیرساخت شارژ مبتنی بر انرژی‌های تجدیدپذیر:

کیفیت برق: مشاهده شد که تولید برق تجدیدپذیر می‌تواند مشکلات کیفیت برق را ایجاد کند. با توجه به ماهیت متغیر باد و خورشید، تولید نیروی تجدیدپذیر متناوب، با نوسانات زیاد و غیرقابل ارسال است [120]. ویژگی‌های RCI که عمدتاً مسئول چالش‌های



کیفیت توان هستند شامل مدولار بودن ژنراتورهای تجدیدپذیر است. به نظر می‌رسد کیفیت توان یکی از حیاتی‌ترین جنبه‌هایی است که می‌تواند بر قابلیت اطمینان و پایداری RCI تأثیر بگذارد.

پایداری: به بازیابی سیستم قدرت پس از خاموشی و کنترل ولتاژ و فرکانس اشاره دارد. چالش‌های پایداری عمدتاً ناشی از انرژی اضافی ناشی از انرژی‌های تجدیدپذیر و ذخیره‌سازی باتری است که می‌تواند آسیب قابل توجهی به RCI وارد کند [121].

کنترل پایداری می‌تواند از عملکرد صحیح سیستم قدرت و عدم نزدیک شدن به ناپایداری اطمینان حاصل کند. تعادل توان: عدم تعادل توان در RCI به دلیل عدم قطعیت و تغییرپذیری منابع تجدیدپذیر رخ می‌دهد. این چالش به تعادل بلند مدت عرضه و بار فعال در سیستم قدرت مربوط می‌شود. این شامل هماهنگی ظرفیت‌های نرخ رمپ در سطح سیستم و حداقل سطوح تولید یک سیستم قدرت است [122].

قیمت گذاری: اجرای گسترده انرژی‌های تجدیدپذیر ساختار هزینه یابی را تغییر می‌دهد تا سرمایه بر باشد. برای اطمینان از سودآوری پیاده‌سازی، شرکت‌های برنامه‌ریزی مربوط باید قیمت‌های بلندمدت انرژی را در نظر بگیرند [123]. قابل توجه، تعداد ابزار برنامه‌هایی که شارژ EV مبتنی بر انرژی‌های تجدیدپذیر را ارائه می‌دهند محدود است و فقط نگران مشتریان مسکونی است. نیاز به رویکردهای مختلفی برای خدمات رسانی به وسایل نقلیه سنگین، شارژ محل کار کارکنان و مشتریان خرده فروشی در بارهای شارژ عمومی وجود دارد.

مکان‌ها: ادبیات تلاش‌های متعددی را برای ارزیابی مزایای بادی در مقیاس متوسط و بزرگ برای تامین نیاز انرژی مورد نیاز زیرساخت شارژ EV نشان می‌دهد. مشاهده شد که مناطق شهری برای نصب توربین‌ها به عنوان انرژی باد مناسب نیستند، سیستم نیاز به فضاهای وسیع دارد. ساختمان‌های بزرگ مانع اصلی در جهت باد هستند. این در حالی است که برخی از مسئولان شهری اجازه ورود خودروهای سنگین را در ساعات مشخص به شهرها نمی‌دهند. بنابراین، نصب زیرساخت‌های شارژ در مناطق حومه یا روستایی می‌تواند خدمات رسانی به وسایل نقلیه متوسط و سنگین در مقابل، نصب RCI در مناطق شهری ممکن است با مشکلاتی مواجه شود. به عنوان مثال، در ساختمان‌های مسکونی چند واحدی، مطالعه [59] چندین مشکل را بیان کرد: در دسترس بودن پارکینگ، محدودیت‌های ساختمان، و مسائل حاکمیتی. از این رو، برنامه ریزی بهینه مکان و زمان بندی بهینه برای شارژ از عوامل حیاتی هستند که باید در اجرای RCI ها در نظر گرفته شوند.

7. نتیجه گیری:

ادغام انرژی‌های تجدیدپذیر و خودروهای الکتریکی، شیوه حمل و نقل آینده را ترسیم می‌کند. نفوذ بیشتر EV و RCI به معنای کاهش بیشتر انتشار کربن و مصرف سوخت فسیلی است. با این حال، به دلیل نوسانات طبیعی، چالش‌هایی برای استقرار زیرساخت‌های مبتنی بر انرژی‌های تجدیدپذیر وجود دارد. برای توربین‌های بادی، مکان و عوامل محیطی مسائل حیاتی برای نصب هستند. مناطق شهری به دلیل سر و صدا و نیاز به مکان‌های بزرگ نامناسب هستند.

برای سیستم‌های خورشیدی، تمرکز تولید برق فقط در روز است. این امر عرضه آن را در تامین تقاضای معمولی برق قابل توجه محدود می‌کند. انرژی بادی و خورشیدی منابع خوبی برای زیرساخت‌های شارژ EV در نظر گرفته می‌شوند. با این حال، ادغام آنها با خودروهای برقی، امکانات شارژ V2G و ESS می‌تواند RCI را با یک طرح ریزش شبکه برای شارژ شبکه تشکیل دهد. در برنامه ریزی بهینه، مشاهده شد که تحقیقات فعال به موضوع زمان بندی شارژ مربوط می‌شود. برخی از آنها ادغام منابع تجدیدپذیر با V2G را در مرحله برنامه ریزی



در نظر می‌گیرند. برنامه ریزی RCI به دلیل در دسترس بودن منابع تجدیدپذیر، عدم قطعیت در تقاضای ترافیک، ماهیت پیچیده طراحی مکان و سایر عوامل مؤثر بر مدیریت ساعتی انرژی مانند منابع تجدیدپذیر، ساعات اوج مصرف شبکه و V2G چالش برانگیز است. ادبیات فقدان مطالعات در زیرساخت شارژ انرژی‌های تجدیدپذیر در اتخاذ داده‌های واقعی برای بهبود استراتژی‌های کنترل، اندازه و کنترل زمان واقعی را نشان می‌دهد. در کنترل و مدیریت، تعامل عالی بین زیرساخت‌ها و خودروهای برقی برد مسافت بالا منجر به استراتژی شارژ و دشارژ هوشمند می‌شود. رویکردهای قیمت‌گذاری شارژ تعداد محدودی از برنامه‌های کاربردی را نشان می‌دهد که از شارژ تجدیدپذیر پشتیبانی می‌کنند، و آنها فقط بر مشتریان مسکونی متمرکز هستند. برنامه‌های شارژ جدید باید برای وسایل نقلیه سنگین و مشتریان خرده فروشی در بارهای شارژ عمومی معرفی شود.

8. مراجع:

مقاله‌های چاپ‌شده در مجلات:

1. Das, H.S.; Rahman, M.M.; Li, S.; Tan, C.W. Electric vehicles standards, charging infrastructure, and impact on grid integration: A technological review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* **2020**, *120*, 109618.
2. Canals Casals, L.; Martinez-Laserna, E.; Amante García, B.; Nieto, N. Sustainability analysis of the electric vehicle use in Europe for CO₂ emissions reduction. *J. Clean. Prod.* **2016**, *127*, 425–437.
3. Åhman, M. Primary energy efficiency of alternative powertrains in vehicles. *Energy* **2001**, *26*, 973–989.
4. Kempton, W. Electric vehicles: Driving range. *Nat. Energy* **2016**, *1*, 16131.
5. Hardman, S.; Shiu, E.; Steinberger-Wilckens, R. Comparing high-end and low-end early adopters of battery electric vehicles. *Transp. Res. Part A Policy Pr.* **2016**, *88*, 40–57.
6. Von Jouanne, A.; Husain, I.; Wallace, A.; Yokochi, A. Gone with the wind: Innovative hydrogen/fuel cell electric vehicle infrastructure based on wind energy sources. *IEEE Ind. Appl. Mag.* **2005**, *11*, 12–19.
7. Harakawa, T.; Tujimoto, T. Efficient solar power equipment for electric vehicles: Improvement of energy conversion efficiency for charging electric vehicles. In *Proceedings of the IEEE International Vehicle Electronics Conference 2001 IVEC 2001 (Cat No 01EX522)*, Tottori, Japan, 25–28 September 2001; pp. 11–16.
8. Etezadi-Amoli, M.; Choma, K.; Stefani, J. Rapid-Charge Electric-Vehicle Stations. *IEEE Trans. Power Deliv.* **2010**, *25*, 1883–1887.
9. Clement-Nyns, K.; Haesen, E.; Driesen, J. The Impact of Charging Plug-In Hybrid Electric Vehicles on a Residential Distribution Grid. *IEEE Trans. Power Syst.* **2009**, *25*, 371–380.
10. Abella, M.A.; Chenlo, F. Photovoltaic charging station for electrical vehicles. In *Proceedings of the 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion*, Osaka, Japan, 11–18 May 2003; Volume 3, pp. 2280–2283.
11. Birnie, D.P. Solar-to-vehicle (S2V) systems for powering commuters of the future. *J. Power Sources* **2009**, *186*, 539–542.
12. Fernandez, L.P.; Roman, T.G.S.; Cossent, R.; Domingo, C.M.; Frias, P. Assessment of the Impact of Plug-in Electric Vehicles on Distribution Networks. *IEEE Trans. Power Syst.* **2011**, *26*, 206–213.
13. Huang, Y.; Ye, J.J.; Du, X.; Niu, L.Y. Simulation Study of System Operating Efficiency of EV Charging Stations with Different Power Supply Topologies. *Appl. Mech. Mater.* **2014**, *494*, 1500–1508.
14. Hammerstrom, D.J. AC versus DC distribution systems-did we get it right? In *Proceedings of the 2007 IEEE Power Engineering Society General Meeting, PES, Tampa, FL, USA, 24–28 June 2007*.
15. Kakigano, H.; Nomura, M.; Ise, T. Loss evaluation of DC distribution for residential houses compared with AC system. In *Proceedings of the The 2010 International Power Electronics Conference—ECCE ASIA, IPEC, Sapporo, Japan, 21–24 June 2010*.
16. Planas, E.; Andreu, J.; Gárate, J.I.; De Alegría, I.M.; Ibarra, E. AC and DC technology in microgrids: A review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* **2015**, *43*, 726–749.
17. Xu, L.; Chen, D. Control and Operation of a DC Microgrid with Variable Generation and Energy Storage. *IEEE Trans. Power Deliv.* **2011**, *26*, 2513–2522.
18. Lago, J.; Heldwein, M.L. Operation and Control-Oriented Modeling of a Power Converter for Current Balancing and Stability Improvement of DC Active Distribution Networks. *IEEE Trans. Power Electron.* **2011**, *26*, 877–885.
19. Tulpule, P.J.; Marano, V.; Yurkovich, S.; Rizzoni, G. Economic and environmental impacts of a PV powered workplace parking garage charging station. *Appl. Energy* **2013**, *108*, 323–332.
20. Shukla, A.; Verma, K.; Kumar, R. Impact of EV fast charging station on distribution system embedded with wind generation. *J.*



Eng. **2019**, 2019, 4692–4697.

21. Khalid, M.R.; Alam, M.S.; Sarwar, A.; Asghar, M.J. A Comprehensive review on electric vehicles charging infrastructures and their impacts on power-quality of the utility grid. *eTransportation* **2019**, 1, 100006.
22. Hardman, S.; Jenn, A.; Tal, G.; Axsen, J.; Beard, G.; Daina, N.; Figenbaum, E.; Jakobsson, N.; Jochem, P.; Kinnear, N.; et al. A review of consumer preferences of and interactions with electric vehicle charging infrastructure. *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* **2018**, 62, 508–523.
23. Mwasilu, F.; Justo, J.J.; Kim, E.-K.; Do, T.D.; Jung, J.-W. Electric vehicles and smart grid interaction: A review on vehicle to grid and renewable energy sources integration. *Renew. Sustain. Energy Rev.* **2014**, 34, 501–516.
24. Mohammad, A.; Zamora, R.; Lie, T.T. Integration of Electric Vehicles in the Distribution Network: A Review of PV Based Electric Vehicle Modelling. *Energies* **2020**, 13, 4541.
25. Khan, S.; Ahmad, A.; Ahmad, F.; Shemami, M.S.; Alam, M.S.; Khateeb, S. A Comprehensive Review on Solar Powered Electric Vehicle Charging System. *Smart Sci.* **2017**, 6, 54–79.
26. Dallinger, D.; Gerda, S.; Wietschel, M. Integration of intermittent renewable power supply using grid-connected vehicles—A 2030 case study for California and Germany. *Appl. Energy* **2013**, 104, 666–682.
27. Battke, B.; Schmidt, T.S.; Grosspietsch, D.; Hoffmann, V.H. A review and probabilistic model of lifecycle costs of stationary batteries in multiple applications. *Renew. Sustain. Energy Rev.* **2013**, 25, 240–250.
28. Alkaws, G.A.; Baashar, Y. An Empirical Study of the Acceptance of IoT-Based Smart Meter in Malaysia: The Effect of Electricity-Saving Knowledge and Environmental Awareness. *IEEE Access* **2020**, 8, 42794–42804.
29. Alkaws, G.A.; Ali, N.; Mustafa, A.S.; Baashar, Y.; Alhussian, H.; Alkahtani, A.; Tiong, S.K.; Ekanayake, J. A hybrid SEM-neural network method for identifying acceptance factors of the smart meters in Malaysia: Challenges perspective. *Alex. Eng. J.* **2021**, 60, 227–240.
30. Alkaws, G.A.; Ali, N.A.B. A systematic review of individuals' acceptance of IoT-based technologies. *Int. J. Eng. Technol.* **2018**, 7, 136–142.
1. Alkaws, G.A.; Ali, N.A.B.; Alghushami, A. Toward Understanding Individuals' acceptance of Internet of Things-Based Services: Developing an Instrument to Measure the Acceptance Of Smart Meters. *J. Theor. Appl. Inf. Technol.* **2018**, 96, 13.
32. Alkaws, G.; Ali, N.A.; Baashar, Y. The Moderating Role of Personal Innovativeness and Users Experience in Accepting the Smart Meter Technology. *Appl. Sci.* **2021**, 11, 3297.
33. Hussain, A.; Bui, V.-H.; Baek, J.-W.; Kim, H.-M. Stationary Energy Storage System for Fast EV Charging Stations: Simultaneous Sizing of Battery and Converter. *Energies* **2019**, 12, 4516.
34. Ding, H.; Hu, Z.; Song, Y. Value of the energy storage system in an electric bus fast charging station. *Appl. Energy* **2015**, 157, 630–639.
35. Ehsan, A.; Yang, Q. Active distribution system reinforcement planning with EV charging stations—Part I: Uncertainty modeling and problem formulation. *IEEE Trans. Sustain. Energy* **2020**, 11, 970–978.
36. Bao, Y.; Luo, Y.; Zhang, W.; Huang, M.; Wang, L.Y.; Jiang, J. A Bi-Level Optimization Approach to Charging Load Regulation of Electric Vehicle Fast Charging Stations Based on a Battery Energy Storage System. *Energies* **2018**, 11, 229.
37. Sbordone, D.; Bertini, I.; Di Pietra, B.; Falvo, M.; Genovese, A.; Martirano, L. EV fast charging stations and energy storage technologies: A real implementation in the smart micro grid paradigm. *Electr. Power Syst. Res.* **2015**, 120, 96–108.
38. Ibrahim, H.; Dimitrova, M.H.; Dutil, Y.; Rousse, D.; Ilinca, A.; Perron, J. Wind-Diesel hybrid system: Energy storage system selection method. In Proceedings of the 12th International Conference on Energy Storage, Leida, Spain, 16–18 May 2012.
39. Tan, N.M.L.; Abe, T.; Akagi, H. Design and Performance of a Bidirectional Isolated DC–DC Converter for a Battery Energy Storage System. *IEEE Trans. Power Electron.* **2012**, 27, 1237–1248.
40. Ingole, J.N.; Choudhary, M.A.; Kanphade, R.D. Pic Based Solar Charging Controller for Battery. *Int. J. Eng. Sci. Technol.* **2012**, 4, 384–390.
41. Liang, X.; Tanyi, E.; Zou, X. Charging Electric Cars from Solar Energy (Dissertation). 2016. Available online: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:bth-11919> (accessed on 10 June 2016).
42. Sekhar, K.R.; Gupta, B.K.; Gedam, A.I. The Closed Loop Controller Gain Characterization for Enhanced Current Quality in Solar Inverters Coupled with Weak Grid. In Proceedings of the 2019 8th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), Brasov, Romania, 3–6 November 2019; pp. 696–701.
43. Li, X.; Lopes, L.A.; Williamson, S.S. On the suitability of plug-in hybrid electric vehicle (PHEV) charging infrastructures based on wind and solar energy. In Proceedings of the 2009 IEEE Power & Energy Society General Meeting, Calgary, AB, Canada, 26–30 July 2009; pp. 1–8.
44. Short, W.; Denholm, P. A Preliminary Assessment of Plug-In Hybrid Electric Vehicles on Wind Energy Markets A Preliminary Assessment of Plug-In Hybrid Electric Vehicles on Wind Energy Markets; Technical Report No. NREL/TP-620-39729; National Renewable Energy Lab.(NREL): Golden, CO, USA, 2006.



45. Kaur, S.; Kaur, T.; Khanna, R.; Singh, P. A state of the art of DC microgrids for electric vehicle charging. In Proceedings of the 2017 4th International Conference on Signal Processing, Computing and Control (ISPCC), Solan, India, 21–23 September 2017; Volume 2017, pp. 381–386.
46. Preetham, G.; Shireen, W. Photovoltaic charging station for plug-in hybrid electric vehicles in a smart grid environment. In Proceedings of the 2012 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies, ISGT, Washington, DC, USA, 16–20 January 2012.
47. Goli, P.; Shireen, W. PV integrated smart charging of PHEVs based on DC Link voltage sensing. *IEEE Trans. Smart Grid* **2014**, *5*, 1421–1428.
48. Haque, A.N.M.M.; Saif, A.I.; Nguyen, P.H.; Torbaghan, S.S. Exploration of dispatch model integrating wind generators and electric vehicles. *Appl. Energy* **2016**, *183*, 1441–1451.
49. Noman, F.; Alkahtani, A.A.; Agelidis, V.; Tiong, K.S.; Alkaws, G.; Ekanayake, J. Wind-Energy-Powered Electric Vehicle Charging Stations: Resource Availability Data Analysis. *Appl. Sci.* **2020**, *10*, 5654.
50. Ghanbarzadeh, T.; Baboli, P.T.; Rostami, M.; Moghaddam, M.P.; Sheikh-El-Eslami, M.K. Wind farm power management by high penetration of PHEV. In Proceedings of the IEEE Power and Energy Society General Meeting, Detroit, MI, USA, 24–28 July 2011.
51. Karabelli, D.; Kiemel, S.; Singh, S.; Koller, J.; Ehrenberger, S.; Miehe, R.; Weeber, M.; Birke, K.P. Tackling xEV Battery Chemistry in View of Raw Material Supply Shortfalls. *Front. Energy Res.* **2020**, *8*, 331.
52. Writer, M.C.S. As Demand for Nickel Grows, So do Environmental Concerns—Report, MININGDOTCOME. Available online: <https://www.mining.com/as-demand-for-nickel-grows-so-do-environmental-concerns-report/> (accessed on 27 March 2021).
53. Bailey, J.; Miele, A.; Axsen, J. Is awareness of public charging associated with consumer interest in plug-in electric vehicles? *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* **2015**, *36*, 1–9.
54. Nicholas, M.; Tal, G.; Ji, W. Lessons from in-Use Fast Charging Data: Why Are Drivers Staying Close to Home? Research Report. 2017. Available online: https://itspubs.ucdavis.edu/publication_detail.php?id=2699 (accessed on 14 April 2021).
55. Goldin, E.; Erickson, L.; Natarajan, B.; Brase, G.; Pahwa, A. Solar powered charge stations for electric vehicles. *Environ. Prog. Sustain. Energy* **2013**, *33*, 1298–1308.
56. Peterson, S.B.; Michalek, J.J. Cost-effectiveness of plug-in hybrid electric vehicle battery capacity and charging infrastructure investment for reducing US gasoline consumption. *Energy Policy* **2013**, *52*, 429–438.
57. Wood, E.W.; Rames, C.L.; Muratori, M.; Srinivasa Raghavan, S.; Melaina, M.W. National Plug in Electric Vehicle Infrastructure Analysis; Technical Report No. NREL/TP-5400-69031; National Renewable Energy Lab. (NREL): Golden, CO, USA, 2017.
58. Franke, T.; Krems, J.F. Understanding charging behaviour of electric vehicle users. *Transp. Res. Part F Traffic Psychol. Behav.* **2013**, *21*, 75–89.
59. Lopez-Behar, D.; Tran, M.; Froese, T.; Mayaud, J.R.; Herrera, O.E.; Merida, W. Charging infrastructure for electric vehicles in Multi-Unit Residential Buildings: Mapping feedbacks and policy recommendations. *Energy Policy* **2019**, *126*, 444–451.
60. Lunz, B.; Sauer, D.U. Electric road vehicle battery charging systems and infrastructure. *Adv. Battery Technol. Electr. Veh.* **2015**, 445–467.
61. Groom, N. Electric Car Maker Tesla Unveils 90-Second Battery Pack Swap. Reuters. 21 June 2013. Available online: <https://www.reuters.com/article/us-tesla-swap-idUSBRE95K07H20130621> (accessed on 27 March 2021).
62. Zheng, Y.; Dong, Z.Y.; Xu, Y.; Meng, K.; Zhao, J.H.; Qiu, J. Electric Vehicle Battery Charging/Swap Stations in Distribution Systems: Comparison Study and Optimal Planning. *IEEE Trans. Power Syst.* **2014**, *29*, 221–2294.
63. Shareef, H.; Islam, M.; Mohamed, A. A review of the stage-of-the-art charging technologies, placement methodologies, and impacts of electric vehicles. *Renew. Sustain. Energy Rev.* **2016**, *64*, 403–420.
64. Liu, Y.; Hui, F.; Xu, R.; Chen, T.; Xu, X.; Li, J. Investigation on the Construction Mode of the Charging Station and Battery-Exchange Station. In Proceedings of the 2011 Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference, Wuhan, China, 25–28 March 2011.
65. Liu, C.; Wang, J.; Botterud, A.; Zhou, Y.; Vyas, A. Assessment of Impacts of PHEV Charging Patterns on Wind-Thermal Scheduling by Stochastic Unit Commitment. *IEEE Trans. Smart Grid* **2012**, *3*, 675–683.
66. Ortega-Vazquez, M.A.; Bouffard, F.; Silva, V. Electric Vehicle Aggregator/System Operator Coordination for Charging Scheduling and Services Procurement. *IEEE Trans. Power Syst.* **2013**, *28*, 1806–1815.
67. Haddadian, G.; Khalili, N.; Khodayar, M.; Shahidehpour, M. Optimal coordination of variable renewable resources and electric vehicles as distributed storage for energy sustainability. *Sustain. Energy Grids Networks* **2016**, *6*, 14–24.
68. Jin, C.; Sheng, X.; Ghosh, P. Optimized Electric Vehicle Charging with Intermittent Renewable Energy Sources. *IEEE J. Sel. Top. Signal Process.* **2014**, *8*, 1063–1072.
69. Liu, H.; Zeng, P.; Guo, J.; Wu, H.; Ge, S. An optimization strategy of controlled electric vehicle charging considering demand side response and regional wind and photovoltaic. *J. Mod. Power Syst. Clean Energy* **2015**, *3*, 232–239.
70. Quddus, M.A.; Kabli, M.; Marufuzzaman, M. Modeling electric vehicle charging station expansion with an integration of renewable energy and Vehicle-to-Grid sources. *Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.* **2019**, *128*, 251–279.



71. Pan, F.; Bent, R.; Berscheid, A.; Izraelevitz, D. Locating PHEV Exchange Stations in V2G. In Proceedings of the 2010 First IEEE International Conference on Smart Grid Communications, Gaithersburg, MD, USA, 4–6 October 2010.
72. Manfren, M.; Nastasi, B.; Groppi, D.; Garcia, D.A. Open data and energy analytics—An analysis of essential information for energy system planning, design and operation. *Energy* **2020**, *213*, 118803.
73. Zhang, H.; Moura, S.J.; Hu, Z.; Qi, W.; Song, Y. Joint PEV Charging Network and Distributed PV Generation Planning Based on Accelerated Generalized Benders Decomposition. *IEEE Trans. Transp. Electrification* **2018**, *4*, 789–803.
74. Bascetta, L.; Gruosso, G.; Gajani, G.S. A Data Driven Approach to Model Electrical Vehicle Charging Behaviour for Grid Integration Analysis. In Proceedings of the 2018 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC), Chicago, IL, USA, 27–30 August 2019.
75. Yang, J.; Dong, J.; Hu, L. A data-driven optimization-based approach for siting and sizing of electric taxi charging stations. *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.* **2017**, *77*, 462–477.
76. Zhu, N.; Fu, C.; Ma, S. Data-driven distributionally robust optimization approach for reliable travel-time-information-gain-oriented traffic sensor location model. *Transp. Res. Part B Methodol.* **2018**, *113*, 91–120.
77. Xie, R.; Wei, W.; Khodayar, M.E.; Wang, J.; Mei, S. Planning Fully Renewable Powered Charging Stations on Highways: A Data-Driven Robust Optimization Approach. *IEEE Trans. Transp. Electrification* **2018**, *4*, 817–830.
78. Ekren, O.; Canbaz, C.H.; Güvel, Ç.B. Sizing of a solar-wind hybrid electric vehicle charging station by using HOMER software. *J. Clean. Prod.* **2021**, *279*, 123615.
79. Zhang, Y.; Liu, N.; Zhang, J.; Yingda, Z.; Nian, L.; Jianhua, Z. Optimum sizing of non-grid-connected wind power system incorporating battery-exchange stations. In Proceedings of the 7th International Power Electronics and Motion Control Conference, Harbin, China, 2–5 June 2012; pp. 2123–2128.
80. Moradi, M.H.; Abedini, M.; Tousi, S.R.; Hosseini, S.M. Electrical Power and Energy Systems Optimal siting and sizing of renewable energy sources and charging stations simultaneously based on Differential Evolution algorithm. *Int. J. Electr. Power Energy Syst.* **2015**, *73*, 1015–1024.
81. Mozafar, M.R.; Moradi, M.H.; Amini, M.H. A simultaneous approach for optimal allocation of renewable energy sources and electric vehicle charging stations in smart grids based on improved GA-PSO algorithm. *Sustain. Cities Soc.* **2017**, *32*, 627–637.
82. Hafez, O.; Bhattacharya, K. Optimal design of electric vehicle charging stations considering various energy resources. *Renew. Energy* **2017**, *107*, 576–589.
83. Grande, L.S.A.; Yahyaoui, I.; Gómez, S.A. Energetic, economic and environmental viability of off-grid PV-BESS for charging electric vehicles: Case study of Spain. *Sustain. Cities Soc.* **2018**, *37*, 519–529.
84. Hussain, A.; Bui, V.-H.; Kim, H.-M. Optimal Sizing of Battery Energy Storage System in a Fast EV Charging Station Considering Power Outages. *IEEE Trans. Transp. Electrification* **2020**, *6*, 453–463.
85. Aghapour, R.; Sepasian, M.S.; Arasteh, H.; Vahidinasab, V.; Catalão, J.P. Probabilistic planning of electric vehicles charging stations in an integrated electricity-transport system. *Electr. Power Syst. Res.* **2020**, *189*, 106698.
86. Yilmaz, M.; Krein, P.T. Review of the Impact of Vehicle-to-Grid Technologies on Distribution Systems and Utility Interfaces. *IEEE Trans. Power Electron.* **2013**, *28*, 5673–5689.
87. Bai, S.; Yu, D.; Lukic, S. Optimum design of an EV/PHEV charging station with DC bus and storage system. In Proceedings of the 2010 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, Atlanta, GA, USA, 12–16 September 2010; pp. 1178–1184.
88. Noussan, M.; Roberto, R.; Nastasi, B. Performance Indicators of Electricity Generation at Country Level—The Case of Italy. *Energies* **2018**, *11*, 650.
89. Abronzini, U.; Attanesi, C.; D’Arpino, M.; Di Monaco, M.; Genovese, A.; Pedè, G.; Tomasso, G. Optimal energy control for smart charging infrastructures with ESS and REG. In Proceedings of the 2016 International Conference on Electrical Systems For Aircraft, Railway, Ship Propulsion and Road Vehicles & International Transportation Electrification Conference (ESARS-ITEC), Toulouse, France, 2–4 November 2016; pp. 1–6.
90. Green, R.C.; Wang, L.; Alam, M. The impact of plug-in hybrid electric vehicles on distribution networks: A review and outlook. *Renew. Sustain. Energy Rev.* **2010**, *15*, 544–553.
91. Amini, M.H.; Kargarian, A.; Karabasoglu, O. ARIMA-based decoupled time series forecasting of electric vehicle charging demand for stochastic power system operation. *Electr. Power Syst. Res.* **2016**, *140*, 378–390.
92. Kelly, L.; Rowe, A.; Wild, P. Analyzing the impacts of plug-in electric vehicles on distribution networks in British Columbia. In Proceedings of the 2009 IEEE Electrical Power & Energy Conference (EPEC), Montreal, QC, Canada, 22–23 October 2009.
93. Song, J.; Suo, L.; Han, M.; Wang, Y. A Coordinated Charging/Discharging Strategy for Electric Vehicles Based on Price Guidance Mechanism. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* **2019**, *677*, 52103.
94. Liu, F.; Yang, X.; Shi, S.; Zhang, M.; Deng, H.; Guo, P. Economic operation of microgrid containing charging-swapping-storage integrated station under uncertain factors of wind farm and photovoltaic generation. *Power Syst. Technol.* **2015**, *39*, 669–676.
95. Xu, Z.; Su, W.; Hu, Z.; Song, Y.; Zhang, H. A Hierarchical Framework for Coordinated Charging of Plug-In Electric Vehicles in China. *IEEE Trans. Smart Grid* **2016**, *7*, 428–438.
96. Wi, Y.-M.; Lee, J.-U.; Joo, S.-K. Electric vehicle charging method for smart homes/buildings with a photovoltaic system. *IEEE Trans. Consum. Electron.* **2013**, *59*, 323–328.



97. Shimomachi, K.; Hara, R.; Kita, H.; Noritake, M.; Hoshi, H.; Hirose, K. Development of energy management system for DC microgrid for office building:-Day Ahead operation scheduling considering weather scenarios. In Proceedings of the 2014 Power Systems Computation Conference, Wroclaw, Poland, 18–22 August 2014; pp. 1–6.
98. Del Razo, V.; Goebel, C.; Jacobsen, H.A. Vehicle-Originating-Signals for Real-Time Charging Control of Electric Vehicle Fleets. *IEEE Trans. Transp. Electrification*. **2015**, 1, 150–167.
99. Liao, Y.-T.; Lu, C.-N. Dispatch of EV Charging Station Energy Resources for Sustainable Mobility. *IEEE Trans. Transp. Electrification*. **2015**, 1, 86–93.
100. Carpinelli, G.; Mottola, F.; Proto, D. Optimal scheduling of a microgrid with demand response resources. *IET Gener. Transm. Distrib.* **2014**, 8, 1891–1899.
101. Kumar, K.N.; Sivaneasan, B.; So, P.L. Impact of Priority Criteria on Electric Vehicle Charge Scheduling. *IEEE Trans. Transp. Electrification*. **2015**, 1, 200–210.
102. Bokopane, L.; Kusakana, K.; Vermaak, H. Optimal energy management of an isolated electric Tuk-Tuk charging station powered by hybrid renewable systems. In Proceedings of the 2015 International Conference on the Domestic Use of Energy (DUE), Cape Town, South Africa, 31 March–1 April 2015.
103. Wang, H.; Balasubramani, A.; Ye, Z. Optimal Planning of Renewable Generations for Electric Vehicle Charging Station. In Proceedings of the 2018 International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC), Maui, HI, USA, 5–8 March 2018; pp. 63–67.
104. Fathabadi, H. Novel wind powered electric vehicle charging station with vehicle-to-grid (V2G) connection capability. *Energy Convers. Manag.* **2017**, 136, 229–239.
105. Badawy, M.O.; Sozer, Y. Power Flow Management of a Grid Tied PV-Battery System for Electric Vehicles Charging. *IEEE Trans. Ind. Appl.* **2016**, 53, 1347–1357.
106. Ashique, R.H.; Salam, Z.; Aziz, M.J.B.A.; Bhatti, A.R. Integrated photovoltaic-grid dc fast charging system for electric vehicle: A review of the architecture and control. *Renew. Sustain. Energy Rev.* **2017**, 69, 1243–1257.
107. Ross, M.; Hidalgo, R.; Abbey, C.; Joós, G. Energy storage system scheduling for an isolated microgrid. *IET Renew. Power Gener.* **2011**, 5, 117–123.
108. Liu, N.; Chen, Q.; Liu, J.; Lu, X.; Li, P.; Lei, J.; Zhang, J. A Heuristic Operation Strategy for Commercial Building Microgrids Containing EVs and PV System. *IEEE Trans. Ind. Electron.* **2015**, 62, 2560–2570.
109. Byeon, G.; Yoon, T.; Oh, S.; Jang, G. Energy Management Strategy of the DC Distribution System in Buildings Using the EV Service Model. *IEEE Trans. Power Electron.* **2012**, 28, 1544–1554.
110. Pflaum, P.; Alamir, M.; Lamoudi, M.Y. Probabilistic Energy Management Strategy for EV Charging Stations Using Randomized Algorithms. *IEEE Trans. Control. Syst. Technol.* **2017**, 26, 1099–1106.
111. Chen, C.; Duan, S. Optimal Integration of Plug-In Hybrid Electric Vehicles in Microgrids. *IEEE Trans. Ind. Informatics* **2014**, 10, 1917–1926.
112. Bracco, S.; Delfino, F.; Pampararo, F.; Robba, M.; Rossi, M. A dynamic optimization-based architecture for polygeneration microgrids with tri-generation, renewables, storage systems and electrical vehicles. *Energy Convers. Manag.* **2015**, 96, 511–520.
113. Honarmand, M.; Zakariazadeh, A.; Jadid, S. Integrated scheduling of renewable generation and electric vehicles parking lot in a smart microgrid. *Energy Convers. Manag.* **2014**, 86, 745–755.
114. Wu, D.; Zeng, H.; Lu, C.; Boulet, B. Two-Stage Energy Management for Office Buildings With Workplace EV Charging and Renewable Energy. *IEEE Trans. Transp. Electrification* **2017**, 3, 225–237.
115. Nextera Energy. Annual Report Fiscal Year 2017; Nextera Energy: Juno Beach, FL, USA, 2017.
116. Mudd, S. Interview: Xcel Energy Windsource Program Celebrates Several Milestones. *Haskard* **2013**. Available online: <https://www.cleanenergyresourceteams.org/interview-xcel-energy-windsource-program-celebrates-several-milestones> (accessed on 27 March 2021).
117. Hutchinson, N.; Bird, L. A Review of Utility Program Designs & Implementation Strategies; World Resources Institute: Washington, DC, USA, 2019.
118. Trabish, H. Co-op Offers Renewables Only EV Charging, Highlighting New Opportunity for Utilities. *Util. Dive* **2017**. Available online: <https://www.utilitydive.com/news/co-op-offers-renewables-only-ev-charging-highlighting-new-opportunity-for/400779/> (accessed on 21 January 2021).
119. Noble, M. Partnering with Great River Energy on Our Path to Electrify the Economy. *Renew. Electr.* **2016**. Available online: <https://fresh-energy.org/partnering-with-great-river-energy-on-our-path-to-electrify-the-economy> (accessed on 21 January 2021).
120. Liang, X. Emerging Power Quality Challenges Due to Integration of Renewable Energy Sources. *IEEE Trans. Ind. Appl.* **2017**, 53, 855–866.
121. Nijhuis, M.; Gibescu, M.; Cobben, J.F.G. Application of resilience enhancing smart grid technologies to obtain differentiated reliability. In Proceedings of the 2016 IEEE 16th International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC), Florence, Italy, 7–10 June 2016; pp. 1–6.



122. Min, C.-G.; Kim, M.-K. Net Load Carrying Capability of Generating Units in Power Systems. *Energies* **2017**, *10*, 1221.
123. Otsuki, T. Costs and benefits of large-scale deployment of wind turbines and solar PV in Mongolia for international power exports. *Renew. Energy* **2017**, *108*, 321–335.

[1] G. Hsin Lai, Ch. Chen, B. Chiang Jeng, and W. Chao, “Ant-based IP traceback,” *Expert Systems with Applications*, vol. 34 pp. 3071-3080, 2008.

مقاله‌های ارائه‌شده در کنفرانس‌ها:

[1] H. Zeidanloo and J. M. Zadeh, “A Taxonomy of Botnet Detection Techniques,” 3rd IEEE Conference paper, 2010.

کتاب‌ها:

[1] J. Padhye, V. Firoiu, and D. Towsley, “A stochastic model of TCP Reno congestion avoidance and control,” Univ. of Massachusetts, Amherst, MA, CMPSCI Tech. Rep. 99-02, 1999.

گزارش‌های ثبت اختراع (پتنت):

[1] R. E. Sorace, V. S. Reinhardt, and S. A. Vaughn, “High-speed digital-to-RF converter,” U.S. Patent 5668 842, Sept. 16, 1997.

پایان نامه‌ها:

[1] R. T. Enander, “Lead Particulate and Methylene Chloride Risks in Automotive Refinishing,” Ph.D. Thesis, Tufts Univ., Medford, MA, 2001.

پایگاه‌های اینترنتی:

[1] OWASP, “Risk Rating Methodology,” <http://www.owasp.org>, 2009.