



# رویکردی برای بهینه سازی وسایل نقلیه الکتریکی از طریق سیستم های توصیه گر مبتنی بر اینترنت اشیا

محمد حسین طه‌هان

دانشجو ارشد مهندسی کامپیوتر واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران

ایلیا درخشان نیک

دانشجو ارشد مهندسی کامپیوتر واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران

## چکیده:

خودروهای برقی (EV) به دلیل مزایای زیست محیطی خود مورد توجه قابل توجهی قرار گرفته اند؛ با این حال، نگرانی های مربوط به بهره وری انرژی همچنان حل نشده باقی مانده است و نیاز به تحقیقات بیشتری دارد. یکی از مسائل اصلی کمبود زیرساخت های شارژ EV است که می تواند منجر به مشکلات عملیاتی شود. توسعه زیرساخت های موثر، از جمله ایستگاه های شارژ (CS) با موقعیت مناسب، برای افزایش اتصال بسیار مهم است. برای غلبه بر این مشکل، مصرف کنندگان به داده های بلادرنگ در مورد در دسترس بودن ایستگاه های شارژ، مکان ایستگاه های مجاور و زمان دسترسی نیاز دارند. این کار از پروتکل مسیریابی چندپخشی برداری فاصله (DVMRP) برای بهبود فرآیند جمع آوری اطلاعات برای ایستگاه های شارژ از طریق اینترنت اشیا (IoT) استفاده می کند. پارادایم در حال تکامل IoT امکان استفاده از سنسورها و انتقال داده ها را برای ارائه اطلاعات بلادرنگ فراهم می کند. قرارگیری استراتژیک سنسورها به پیش بینی دسترسی سرور به ایستگاه های مجاور، بهینه سازی زمان بندی خودرو و تخمین زمان انتظار کمک می کند. یک سیستم توصیه کننده برای شناسایی ایستگاه هایی با سرعت شارژ سریعتر و قیمت یکسان طراحی شده است. علاوه بر این، پروتکل مسیریابی دارای یک استراتژی محافظت از حریم خصوصی برای جلوگیری از دسترسی غیرمجاز و حفظ داده های EV در طول مبادلات بین ایستگاه های شارژ و مکان های کاربر است. سیستم با MATLAB 2020a شبیه سازی شده است و داده ها در ابر کنترل و ایمن می شوند. عملکرد الگوریتم پیش بینی شده با استفاده از چندین نوع استاندارد از جمله هزینه های برق، تعداد خودرو، هزینه های شارژ، مصرف انرژی و مقادیر بهینه سازی ارزیابی می شود.

Keywords: electric vehicle; charging station; cloud; IoT

## 1. مقدمه

اخیراً، کشورهای سراسر جهان اقدامات نظارتی را برای مقابله با چالش های صنعت حمل و نقل، از جمله افزایش تقاضا برای سوخت های فسیلی و نگرانی های آلودگی شهری، وضع کرده اند. خودروهای برقی (EV) دوستدار محیط زیست به دلیل نگرانی در مورد در دسترس بودن سوخت های فسیلی، محیط زیست و محدودیت های انتشار گازهای گلخانه ای، توجه زیادی را به خود جلب کرده اند. بسیاری از کشورها قوانین مهمی را برای تسهیل رشد و پذیرش EV ها وضع کرده اند. [1] به عنوان مثال، برخی از شهرهای آمریکای شمالی در حال گذار سریع از خودروهای معمولی به خودروهای هیبریدی، پلاگین و در نهایت به EV ها هستند. EV ها مزایای زیادی از نظر قیمت و راحتی دارند. یک خودروی برقی (EV) برخلاف یک خودروی موتور احتراق داخلی (ICE) نیازی به هیچ گونه نگهداری مانند هزینه روغن کاری، سیستم اگزوز، باتری استارت یا مایعات خنک کننده ندارد [2]. همچنین برد عملیاتی EV ها سریعتر از گذشته در حال افزایش است. خودروی کوچک Mahindra Reva با ظرفیت اسمی ۱۶ کیلووات ساعت می تواند با یک بار شارژ ۸۰ کیلومتر مسافت طی کند. خودروهای تسلا مدل X (SUV) با بسته باتری ۹۴ کیلووات ساعتی برد ۴۰۰ تا ۴۵۰ کیلومتری دارند.

شکل ۱ یک ایستگاه شارژ خودروی برقی معمولی را نشان می دهد و شکل ۲ یک بلوک دیاگرام از یک ایستگاه شارژ خودروی برقی را نشان می دهد که شامل یک یکسو کننده برای تبدیل AC به DC است، یک مبدل DC/DC برای افزایش ولتاژ متصل است تا ظرفیت ایستگاه شارژ برای فعال کردن شارژ موثر EV برای ایمنی بیشتر، سیستم همچنین یک مکانیسم کنترل محافظتی در خودرو و کنترل کننده شارژ در ایستگاه شارژ را در بر می گیرد. اندازه باتری های آنها عمدتاً برد عملیاتی EV ها را تعیین می کند، اما پیچیدگی موتور نیز نقش مهمی ایفا می کند. از آنجایی که تحقیقات اخیر بر روی افزایش برد عملیاتی EV ها متمرکز شده است، فناوری های نظارت و مدیریت باتری ضروری هستند. اینها یک بررسی کامل از باتری های لیتیوم-یون موجود در خودروهای برقی ارائه می دهند. برای باتری های با ظرفیت بالا که نیاز به سیستم شارژ سریع دارند، ایده های عملیاتی اساسی، مونتاژ و عملکرد انواع مختلف باتری های لیتیومی مورد بررسی و توصیه قرار می گیرند. طبق [3]، CS های سریع می توانند یک باتری را از ۲۰ درصد حالت شارژ (SOC) به حدود ۸۰ درصد در ۳۰ دقیقه شارژ کنند. از سوی دیگر، سطح II و سطح I به فرآیند شارژ طولانی تری نیاز دارند. یک CS عمومی گزینه ای مناسب برای شارژ برای دارندگان EV است که به شارژر خود دسترسی ندارند EV ها و خودروهای

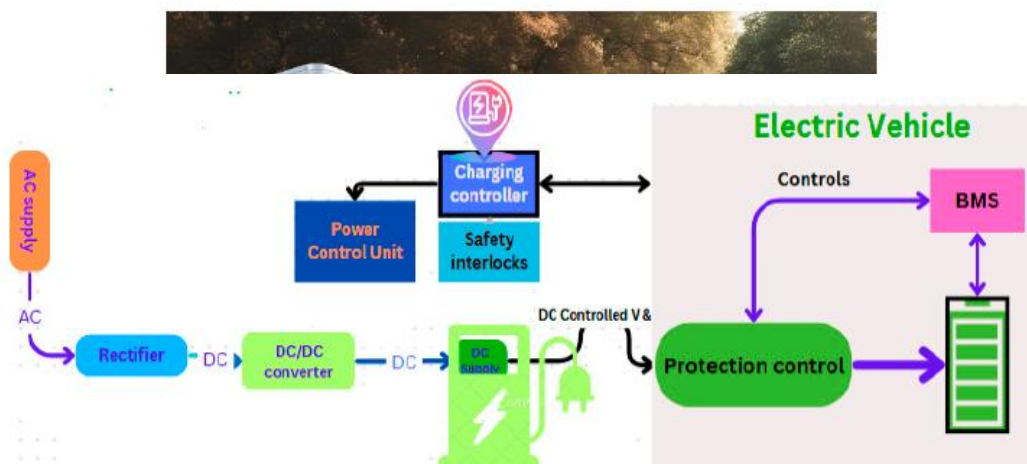


Figure 2. Block diagram of an electric vehicle charging station.



هیبریدی برقی [4] (HEV) حالت شارژر ایده آل را ارزیابی کرده اند و اطمینان حاصل کرده اند که کارایی و سریع ترین زمان شارژ را داشته باشند.

SOC یکی از عوامل حیاتی است که امکان شارژ مناسب باتری و تخلیه آن را فراهم می کند و عمر باتری را افزایش می دهد. این کلمه به نسبت ظرفیت اسمی باتری و قابلیت های تعادل اشاره دارد. بنابراین، SOC به مدیریت باتری کمک می کند. روش های مختلف تخمین SOC در [5] ارائه شده است. سه دسته برای سیستم های ارتباطی جدید در صنعت خودرو وجود دارد: خودرو به راننده (V2D)، خودرو به خودرو (V2V)، [6] ref. و خودرو به زیرساخت (V2I). دولت ها سرمایه گذاری های قابل توجهی انجام داده اند، بنابراین فناوری های ارتباطی مانند V2V و V2I تحقیقات گسترده ای را پشت سر گذاشته اند. این فناوری های ارتباطی در درجه اول برای کاهش ترافیک، افزایش ایمنی سفر جاده ای و جلوگیری از تصادفات خودرو در نظر گرفته شده اند. با این حال، تنها برخی از مطالعات از سیستم های خودرو به دستگاه برای EV ها پشتیبانی می کنند [7]؛ مطالعات بیشتر در این زمینه مورد نیاز است. کمک عمدی به کاربر EV و CS با برنامه ریزی مدیریت انرژی موثر، ارتباط داده است. نزدیکترین CS اطلاعات SOC تخمین زده شده را دریافت می کند و اسلات را به تقاضای برق شبکه اختصاص می دهد. [8]

پیش بینی بار EV برای شرکت های خدماتی برای اجرا و مدیریت موثر ضروری است. طبق [9]، پروفایل های شارژ بر اساس شارژ روزانه خودرو در ساعت ۱۷:۰۰، ۱۸:۰۰ یا ۱۹:۰۰ پیش بینی می شود. با این حال، بارهای واقعی شارژ EV تحت تأثیر قابل توجهی از روال های سفر قرار خواهند گرفت که از راننده ای به راننده دیگر و از روزی به روز دیگر بسیار متفاوت است Dong. و همکاران [۱۰] الگوهای شارژ EV را برای مکان های مختلف با استفاده از داده های GPS از ۷۶ خودرو پیش بینی می کنند. با این حال، این مطالعه فرض کرد که همه EV ها خودروهای سدان با ویژگی های قابل مقایسه هستند. ناوگان پلاگین شامل ۵۰ درصد بارگذاری شارژ EV هیبرید ملایم، ۲۰ درصد EV تمام برقی و ۳۰ درصد هیبرید کامل برای بارهای شارژ EV است [۱۱]. بر اساس دوره پارکینگ، [12] Ref. تقاضای شارژ EV را با در نظر گرفتن توزیع مکانی و زمانی شبیه سازی کرد. نویسنده تحقیق و عملکرد پیش بینی بار EV را با تجزیه و تحلیل داده های تاریخی ترافیک و آب و هوا و طبقه بندی کمیسیون شارژ EV با استفاده از الگوریتم درخت تصمیم توصیف می کند. با این حال، این تحلیل فقط خودروهایی با باتری های لیتیوم-یون ۲۷ کیلووات ساعتی را در نظر می گیرد و همچنین اعتقاد بر این بود که یک خودرو فقط می تواند روزانه یک بار شارژ شود.

با توجه به اینکه بخش قابل توجهی از تصمیمات در حوزه های قدرت و انرژی به پیش بینی نیازهای آینده بستگی دارد، نویسندگان از روش های مختلفی از جمله رویکرد پیش بینی مونت کارلو و ماشین های بردار پشتیبان برای سنجش تقاضای پیش بینی شده برای شارژ EV استفاده کردند [۱۳]. یک معیار ارزیابی قابل اعتماد برای پیش بینی بار الکتریکی در برنامه ریزی V2G ویژگی های آماری شارژ EV را در نظر می گیرد. تکنیک های متعددی برای پیش بینی کوتاه مدت استفاده شد، از جمله روش روز مشابه، تحلیل سری زمانی، مدل های رگرسیون، سیستم های خبره، شبکه های عصبی، یادگیری آماری و الگوریتم های منطق فازی. پیشرفت، ارتقاء و کاوش علمی ابزارهای ریاضی مرتبط می تواند تدوین تکنیک های پیش بینی بار دقیق تر را تسهیل کند. بر اساس یک سیستم نشانگر برد بلند دقت و ارزیابی توان کشش، صادق و همکاران [۱۴] به یک راننده EV یک توصیه شارژ بلند راننده ارائه می دهند. با این حال، با سیستم استاتیک فعلی، راننده نمی تواند یاد بگیرد که آیا CS عملیاتی است، چند وسیله نقلیه در انتظار شارژ هستند یا کدام نقاط شارژ در دسترس هستند. کارهای ذکر شده در بالا نیاز به یک برنامه کاربردی بلند راننده برای جمع آوری داده های حمل و نقل، وضعیت باتری EV و وضعیت CS را برای برآورد بارهای بالقوه بر روی CS ها و جلوگیری از تکیه بر جمع



کننده ها نشان داد [۱۵]. این تحقیق یک برنامه پیش بینی بلادرنگ مبتنی بر سرور را معرفی می کند که با هدف دستیابی به دو هدف اصلی (i): بهینه سازی برنامه ریزی برای به حداقل رساندن زمان انتظار و (ii) ارائه توصیه های ایستگاه شارژ بلادرنگ برای EVهایی که ترکیبی از مقرون به صرفه بودن و شارژ سریع را ارائه می دهند [۱۶، ۱۷]. موارد زیر سهم اصلی این ابتکار پیشنهادی است:

(1) برنامه توسعه یافته برای EV ها به نزدیکترین CS با نام، موقعیت و مختصات مسیر جغرافیایی نیاز دارد و اسلات را برای شارژ EV قبل از رسیدن به مقصد رزرو می کند. الگوریتم نیازی به تبادل داده پیچیده ای ندارد. برای اینکه راننده CS را پیدا کند، همه چیز می تواند به طور خودکار از طریق پروتکل مسیریابی چندپخشی برداری فاصله (DVMRP) و سیستم اینترنت از طریق وب سایت های آزادانه قابل دسترسی بازیابی شود (2). برنامه پیشنهادی به اندازه کافی هوشمند است که به راننده اطلاعات مناسب در مورد CS ها را ارائه می دهد در حالی که خطر مکان یابی ایستگاه با سایر وسایل نقلیه را کاهش می دهد، همه با حداقل ورودی داده از سوی راننده.

(3) این کار یک طرح برنامه ریزی شارژ آنلاین مبتنی بر زمان واقعی انعطاف پذیر را پیشنهاد می کند که در آن هر EV متحرک می تواند به جای وابستگی به انتخاب از تجمع کننده، انتخاب کند. این طرح برنامه ریزی شارژ آنلاین مبتنی بر زمان واقعی انعطاف پذیر، کارایی، نسبت تحویل بسته، تأخیر و توان عملیاتی موجود را در نظر می گیرد.

از این دیدگاه، سیستم پیشنهادی ما مطلوب است زیرا کاربر به تنهایی تصمیم گیری می کند و حریم خصوصی EV ها از طریق هیچ کانالی فاش نخواهد شد.

علاوه بر این، این طرح اطلاعاتی در مورد دسترسی به اسلات در نزدیکترین CS ها، هزینه و فاصله بر اساس پارامترهای باتری ارائه می دهد. با توجه به SOC خودرو و دیدگاه فروشنده، مدیریت سیستم انرژی می تواند بر اساس وضعیت CS که از طریق وب سایت ها ارتباط برقرار می شود، پاسخ دهد. صفحه وب با استفاده از یک پیش پردازنده ابرمتن ایجاد می شود تا کاربر بتواند اطلاعات لازم را مشاهده کند. بنابراین، کاربران می توانند CS را بر اساس فاصله و هزینه در هر واحد انتخاب کنند. پایگاه داده با استفاده از SQL ابری ایجاد می شود. داده های مرتبط مانند قیمت، SOC، نرخ متوسط و غیره در پایگاه داده خواهند بود. این پایگاه داده به صفحه وب مرتبط است و از اینترنت برای ارائه اطلاعات به کاربر استفاده می کند. یک برنامه کاربردی بلادرنگ که داده های حمل و نقل، وضعیت باتری EV و وضعیت CS (هزینه/کیلوات ساعت، برد، اسلات کل و در دسترس بودن گزینه شارژ سریع) را جمع آوری می کند برای پیش بینی دقیق بارهای بالقوه بر روی CS ها ساخته شده است. در نتیجه، ذینفعان امروزی مانند کاربران و توسعه دهندگان فناوری که انتظار دارند این امکان را در خودروهای خود داشته باشند، می توانند به معرفی یک سیستم هوشمند بین خودروها و رانندگان بسیار علاقه مند باشند. انتظار می رود این فناوری ها استفاده از EV ها را در صنعت خودرو، به ویژه در کشورهای در حال توسعه، افزایش دهند. بقیه مقاله به همین ترتیب سازماندهی شده است. کار فعلی در بخش ۲ شرح داده شده است. بخش ۳ زیرساخت های شارژ EV و کاربرد IoT مورد نظر را مورد بحث قرار می دهد. نتایج و کاربردهای مبتنی بر IoT در بخش ۴ پوشش داده شده است. بخش ۵ شامل نتیجه گیری از این کار، خلاصه ای از کار انجام شده و کارهایی است که در آینده انجام خواهد شد.



## 2. مروری بر ادبیات

Lei و همکاران [۱۸] یک برنامه کاربردی اندرویدی موبایل توسعه داده اند که به راحتی نزدیکترین ایستگاه های شارژ (CS) را در مجاورت خودروهای برقی (EV) نمایش می دهد. برای تسهیل رزرو اسلات، این اپلیکیشن از ویژگی های هوشمند برای تشخیص وضعیت بلادرنگ CS، از جمله در دسترس بودن اسلات و قیمت گذاری، استفاده می کند و همچنین لیستی از CS های موجود و تخمین برد رانندگی را ارائه می دهد. به طور مشابه، نویسنده تخمین حالت شارژ (SOC) و توصیه های CS را بررسی کرد. تکنیک پیشنهادی آنها به رانندگان EV هشدار می دهد که آیا محدودیت SOC ایمن به حد رسیده است و تخمین دقیق مدت زمان شارژ را ارائه می دهد و تجربه شارژ کلی را بهبود می بخشد.

Nakakohara و همکاران [۱۹] با یک برنامه اندرویدی موبایل دیگر که مکان های CS را از نظر فیزیکی نزدیکترین به EV نمایش می دهد، به این حوزه کمک می کنند. در حالی که این اپلیکیشن لیستی از CS های موجود و تخمین برد رانندگی را ارائه می دهد، برای رزرو موثر اسلات، نیاز به هوشمندی برای ارزیابی پویا وضعیت بلادرنگ CS، مانند در دسترس بودن اسلات و قیمت گذاری، دارد.

Xue L و همکاران [۲۰] بینش ارزشمندی در طراحی و پیاده سازی یک شارژر باتری مبتنی بر Dual Active Bridge ارائه می کنند که برای PHEV ها طراحی شده است و بر کاهش رپل فرکانس پایین در جریان شارژ تمرکز دارد. یافته های آن به پیشرفت زیرساخت های شارژ برای خودروهای برقی، رسیدگی به چالش های مهم در زمینه کارایی، قابلیت اطمینان و عملکرد کمک می کند.

برای بهبود عملکرد مبدل های DAB با کنترل تغییر فاز، Rodríguez Alonso و همکاران [۲۱] اطلاعات ارزشمندی ارائه می دهند که فناوری الکترونیک قدرت را در کاربردهای مختلف صنعتی و خودرویی پیشرفت می دهد Huang. و همکاران [۲۲] بر اهمیت زیرساخت ارتباطات خودکار مانند اینترنت یا شبکه های بی سیم برای دریافت اطلاعات کاربر EV توسط کنترل کننده شارژ تأکید می کنند. این اطلاعات به کنترل کننده شارژ اجازه می دهد تا شارژ EV را بر اساس داده های بلادرنگ مدیریت کند. هر نمونه از پلاگین یا خارج شدن EV، همانطور که توسط [۲۳] پیشنهاد شده است، نیاز به اطلاع رسانی به جمع کننده در مورد SOC موجود و زمان خروج پیش بینی شده برای مدیریت بهینه شارژ دارد [24]. Ref. [24]. با تبادل اطلاعات با سه اپراتور متمایز: ارائه دهنده خدمات شارژ (CSP)، خرده فروش (RET) و اپراتور سیستم توزیع (DSO) به شارژ انعطاف پذیر EV دست می یابد. در Ref. [25]، پیاده سازی سخت افزاری یک مدیر شارژ بی سیم EV پلاگین به عنوان اتصال سه ذینفع توصیف شده است. با این حال، توضیحات مفصلی در مورد سیستم ارتباطی بین EV ها، فروشگاه و DSO مورد نیاز است.

مقاله [۲۶] یک استراتژی جدید برای برنامه ریزی نقاط شارژ ارائه می دهد. هدف تعیین CS مناسب برای یک EV معین از طریق یک مدل شبکه Ad-hoc وسیله نقلیه (VANET) است. در این مدل، CS ها با استفاده از چهار فاز مانند رانندگی، برنامه ریزی شارژ، برنامه ریزی شارژ و شارژ باتری تعیین و اولویت بندی می شوند. برنامه ریزی شارژ با استفاده از یک استراتژی بهینه سازی جدید، الگوریتم بهینه سازی شاهین هاریس نمایی (Exponential HHO) طراحی شده است Exponential HHO. پیشنهادی با استفاده از شبیه سازی اعتبارسنجی شد و عملکرد آن با حداکثر انرژی باقیمانده ۵۲.۷۰۹ Whr، حداقل فاصله ۲۷.۲۵۶ کیلومتر و حداکثر زمان انتظار متوسط ۰.۳۵۲ دقیقه در مقایسه با روش های موجود بهبود یافت.



نویسندگان [۲۷] یک رویکرد جامع برای پیش بینی بار شارژ میان مدت و بلندمدت خودروهای برقی (EV) ارائه می دهند که تمرکز آن بر شهر شنژن چین است. این روش شناسی چندین استراتژی را برای پیش بینی دقیق نیازهای آینده شارژ خودروهای برقی ادغام می کند. جمع آوری داده های الگوهای استفاده از EV، از جمله مسافت های سفر، روال های شارژ و مدت زمان پارکینگ، اولین قدم در این فرآیند است که شامل جمع آوری داده های فشرده و پیش پردازش است. سپس، پیش پردازش بر روی اطلاعات انجام می شود تا اطمینان حاصل شود که سازگاری و استانداردسازی وجود دارد. نویسنده یک روش سیستماتیک برای پیش بینی بارهای آینده شارژ EV برای برنامه پنج ساله بعدی چین (۲۰۲۰-۲۰۲۵) توسعه داده است. برای ارزیابی بهتر، کل ناوگان EV به چهار دسته (یعنی EV خصوصی، تاکسی برقی، اتوبوس برقی و EV رسمی) تقسیم می شود و پروفایل های شارژ EV بر اساس داده های دنیای واقعی و شبیه سازی های مونت کارلو برای به دست آوردن تقاضای بار آینده ناشی از شارژ EV ایجاد می شود. [28,29]

برای رسیدگی به چالش های محاسباتی در پیش بینی بار EV، یک مدل تجمعی از ناوگان EV در [۳۰] معرفی شده است. این مدل با استفاده از ویژگی های آماری، بدون محاسبات سنگین، یک نتیجه برنامه ریزی نمایندگی تولید می کند. در ادامه، یک معیار قابل اعتماد از دیدگاه ارزش پیش بینی، به نام خطای مقدار برنامه ریزی (V2G (V2G-SVE)، پیشنهاد شده است. مطالعات موردی تجربی قابلیت اطمینان V2G-SVE را به عنوان یک معیار ارزیابی برای پیش بینی بار تأیید می کند. همچنین، این مقاله سه یافته ارزشمند در مورد رابطه بین خطاهای پیش بینی و عملکرد برنامه ریزی V2G، همراه با یک اثبات ریاضی مصور، روشن کننده بهبودهای بالقوه برای فناوری پیش بینی بار آینده را نشان می دهد.

در [۳۱]، یک ساختار صورت حساب پاسخگو به قیمت برای برنامه ریزی آنلاین موثر استفاده می شود Zhang و همکاران [۲۶] با استفاده از ارتباط دو طرفه، به عدم قطعیت تحرک رسیدگی می کنند و به یک تجمع کننده EV اجازه می دهند تا کنترل های شارژ را برای یک ناوگان EV مدیریت کند. فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) اطلاعاتی در مورد ناوگان EV برای شارژ بهینه در بازار انرژی جمع آوری می کند [32]. Ref. از فناوری ارتباطات مدرن برای انتقال اطلاعات EV به ارائه دهنده انرژی برای همگام سازی شارژ و تخلیه استفاده می کند. با این حال، این سیستم ها مسائل امنیتی بالقوه ای را به ویژه در محافظت از اطلاعات خصوصی مانند شماره ثبت خودرو ارائه می دهند [33]. EV ها اغلب به دنبال تصمیم گیری از تجمع کننده های جهانی هستند [۳۴]، که ممکن است اطلاعات را در معرض نهادهای مخرب قرار دهد. نگرانی های مربوط به حریم خصوصی، مانند هدف قرار دادن EV ها با اقلام یا خدمات ناخواسته بر اساس مکان، اهمیت محافظت از وضعیت شارژ EV را برجسته می کند [۳۵]. کاربران EV باید از در دسترس بودن نزدیکترین CS به خوبی آگاه باشند تا از تصمیم گیری های نادرست جلوگیری کنند. [36]

### 3. تحلیل زیرساخت

#### 3.1. تنظیم توپولوژی و مفاهیم ایستگاه شارژ

شبکه توزیع می تواند شامل ذخیره انرژی، منابع انرژی تجدیدپذیر محلی (RES) و چندین شارژر باشد. همچنین می تواند در پیکربندی AC یا DC اجرا شود. بخش های بعدی موانع و چشم اندازها و روش های مورد استفاده برای استقرار انواع خاصی از ایستگاه های شارژ را مشخص می کند. انواع مختلف مبدل های الکترونیک قدرت برای استفاده در این کاربردها شناسایی و مقایسه می شوند. این کار هم مزایا و هم معایب این رویکردها را مورد بحث قرار می دهد. علاوه بر این، این کار اصلاحات توپولوژی پیشنهادی



و بهبود کنترل را از ادبیات موجود برای بهتر تراز کردن با الزامات شارژ شدید (EC) بررسی می کند. توپولوژی های مبدل مناسب برای کاربردهای EC موضوع اصلی این کار است؛ توپولوژی های شارژر داخلی هنوز نیاز به پوشش دارند.[37]

### 3.2 توزیع توان AC و DC

ترانسفورماتورهای کاهش دهنده به عنوان یک مجرای بین شبکه توزیع و باس های سه فاز AC در سیستم های متصل به AC عمل می کنند. این باس ها بین ۲۵۰ تا ۴۸۰ ولت خط به خط کار می کنند. هر شارژر در ایستگاه توسط یک باس AC تغذیه می شود و دارای مرحله AC/DC مستقل خود است. تعداد مراحل تبدیل بین پورت DC یک RES یا یک EV، مانند باتری یا سیستم فتوولتائیک، و شبکه توزیع به طور قابل توجهی با این روش افزایش می یابد [۳۸]. در سیستم های متصل به AC، تعداد بیشتر مراحل تبدیل می تواند منجر به کاهش راندمان سیستم، افزایش هزینه های سیستم و پیچیدگی سیستم شود [۳۹]. اتخاذ باس AC مزایای زیادی دارد، مانند فناوری های بهتر و آسان تر برای دسترسی به یکسو کننده و اینورتر، سوئیچگیر و دستگاه های محافظ در دسترس، استانداردها و پروتکل های تثبیت شده برای سیستم های توزیع برق AC و موارد دیگر.

شکل ۳ بلوک دیاگرام شارژر AC را نشان می دهد که در آن تبدیل AC به DC در خودروهای برقی اتفاق می افتد. شکل ۴ بلوک دیاگرام یک واحد شارژ DC را نشان می دهد که در آن تبدیل در شارژر اتفاق می افتد که در آن دستگاه های متصل به DC با ذخیره انرژی و RES ها می توانند انرژی کارآمدتری داشته باشند زیرا یک باس DC می تواند با فقط یک مبدل مرکزی فرانت اند AC/DC ساخته شود. یک ترانسفورماتور حالت جامد (SST)، که گاهی اوقات مرحله یکسو کننده (LV (250 V–480 V نامیده می شود، پس از ترانسفورماتور فرکانس پایین در فرانت اند قرار دارد SST. ها فرآیندهای جداسازی، کاهش ولتاژ و یکسو سازی را در یک دستگاه واحد ادغام می کنند. برای سازگاری با محدوده ولتاژ باتری فعلی حدود ۴۰۰ ولت، ولتاژ باس DC معمولاً زیر ۱۰۰۰ ولت باقی می ماند.

نیازمندی های طراحی برای ایستگاه های EC با باس های DC و AC باید در این سطح ولتاژ یکسان باشد. اتصال هر شارژر به باس DC از طریق یک مبدل DC/DC تعداد مراحل تبدیل را در مقایسه با سیستم های متصل به AC کاهش می دهد [۴۰]. این نیاز به مبدل های جداگانه AC/DC را از بین می برد. رویکرد "توزیع" DC ممکن است مزیت نیاز به تنها یک اتصال فرانت اند مرکزی به یوتیلیتی را داشته باشد. علاوه بر این، با استفاده از این تکنیک، رتبه نامگذاری اتصال شبکه و مبدل AC/DC می تواند به طور قابل توجهی کاهش یابد، که در نهایت منجر به کاهش هزینه کلی نصب سیستم خواهد شد. این با بهره برداری از تنوع بار ایجاد شده توسط ظرفیت باتری EV متغیر و واریانس های تنظیم شده SOC در پذیرش شارژ باتری انجام می شود.

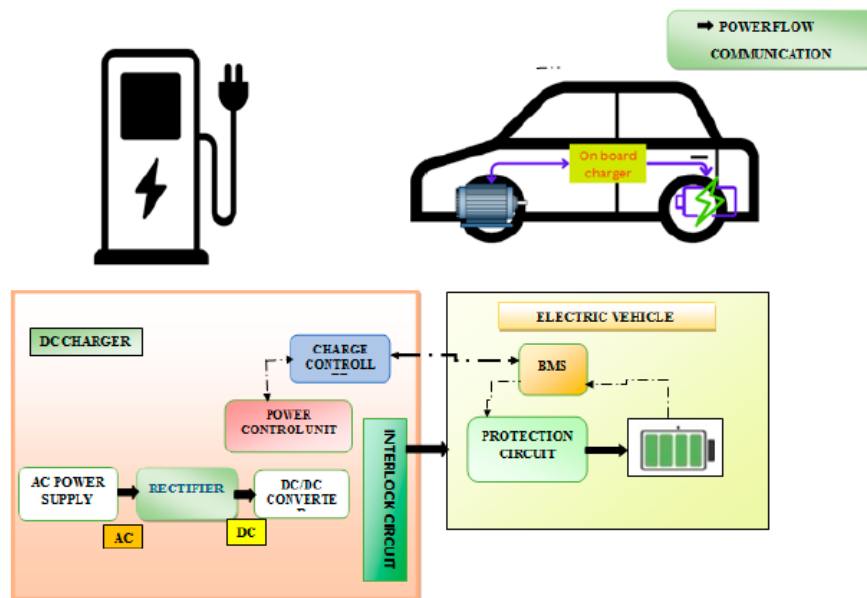


Figure 4. Block diagram of DC charging unit.

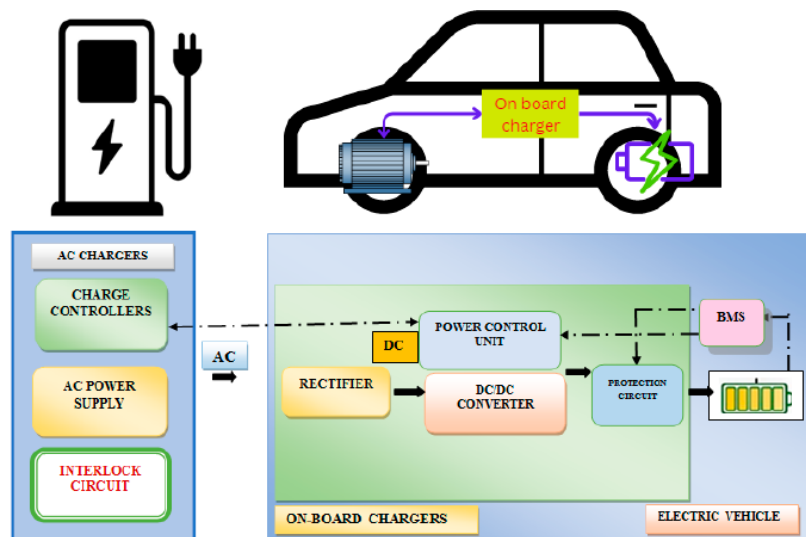


Figure 3. Block diagram of AC charging unit.



علاوه بر این، مزیت دیگر سیستم‌های DC نیاز کمتر آن‌ها به کنترل است، زیرا آن‌ها شامل ملاحظات توان راکتیو نیستند. به دلیل اتصال مستقیم اینورتر واحد به شبکه اصلی، اتصال به یک سیستم جزیره‌ای از شبکه اصلی ساده‌تر است. سیستم‌های توزیع DC ممکن است از طریق مبدل‌های توان جزئی، ارتباط بین خودرو و باس DC را آسان‌تر کنند. این مبدل‌های توان جزئی فقط بخشی از توان تامین شده به خودرو را پردازش می‌کنند، که رتبه‌بندی مبدل را کاهش می‌دهد و راندمان تبدیل را افزایش می‌دهد [۴۱]. به عنوان مثال، استفاده از چندین مبدل توان جزئی DC/DC برای ارتباط با باس DC مشترک یک ایستگاه EC توصیه می‌شود [۲۵]. این مبدل‌ها با ارسال بخشی از توان کنترل خود مستقیماً از باس DC به خودرو، از جداسازی گالوانیکی بین خودروها جلوگیری می‌کنند. از آنجایی که “هر مدار خروجی باید کاملاً از یکدیگر جدا باشد” برای یک ایستگاه شارژ EV، این تکنیک باید بر چندین چالش فنی قابل توجه برای انطباق با قوانین شارژ فعلی غلبه کند.

سیستم‌های متصل به DC مزایای خاصی دارند اما چالش‌های منحصر به فردی از جمله مسائل اندازه‌گیری و حفاظت DC دارند. دستگاه‌های ایمنی مختلفی برای سیستم‌های DC ولتاژ پایین در دسترس هستند، از جمله رله‌های حفاظتی، کلیدهای مدار حالت جامد، فیوزها و کلیدهای مدار. هنوز هیچ معیار مشخصی برای هماهنگی حفاظتی برای ایستگاه‌های شارژ EV متصل به DC وجود ندارد. عوامل پیچیده متعددی مانند نوع خط، توپولوژی سیستم، پیکربندی زمین، مشخصات اجزاء، اندازه و موارد دیگر بر هماهنگی حفاظت در سیستم‌های متصل به DC تأثیر می‌گذارند. هنگام کار با شارژرهای دو جهته، مشکل بسیار پیچیده‌تر می‌شود. با حداقل اینرسی، یک سیستم متصل به DC مستعد اختلال است و در صورت عدم رفع سریع خطاها ممکن است ناپایدار شود.

بنابراین، یک عامل مهم در بازیابی سیستم، سرعت یافتن و ایزوله کردن مشکلات است. مطالعه سیستم‌های توزیع توان DC فعلی، از جمله میکرو شبکه‌های DC ولتاژ پایین، می‌تواند به درک نحوه محافظت ایستگاه‌های شارژ متصل به DC از یکدیگر کمک کند. به عنوان مثال، این مدل یک طرح حفاظت میکرو شبکه DC ولتاژ پایین را توصیف می‌کند که چندین اقدام پیشگیرانه را هماهنگ می‌کند. یک روش جایگزین برای محافظت از سیستم‌های DC با استفاده از یک باس سبک حلقه‌ای توصیف شده است. می‌توان خطاهای ایزوله را تشخیص داد و طرح پیشنهادی منبع تغذیه را دست نخورده نگه می‌دارد. در یک سیستم متصل به DC، نصب کنتورهای DC برای اندازه‌گیری تولید و مصرف انرژی مرتبط با شارژرهای EV، ذخیره‌سازی انرژی باتری و RES ضروری است. علاوه بر مفید بودن برای توسعه ایستگاه‌های آینده، این داده‌ها برای صورتحساب مناسب مصرف‌کنندگان ایستگاه EV ضروری هستند. با وجود اینکه کنتورهای DC به راحتی در دسترس هستند، نیاز به پروتکل‌های استاندارد شده دقت، کالیبراسیون و آزمایش دارند که استفاده از آن‌ها را در کاربردهای اندازه‌گیری امکان‌پذیر می‌کند. برای سیستم‌هایی که به DC متصل هستند، توسعه چنین کنتورهای DC استاندارد و تأیید شده ضروری است.

### 3.3 مبدل‌های AC/DC دو طرفه

شکل ۵ مبدل AC/DC دو جهته را نشان می‌دهد که در آن ابرخازن امکان آزادسازی سریع انرژی را فراهم می‌کند، در نتیجه شتاب سریع، در حالی که باتری ذخیره‌سازی بالاتری را فراهم می‌کند و بنابراین، برد طولانی‌تری دارد. محبوب‌ترین گزینه برای مبدل AC/DC، یک مبدل سه فاز پالس-عرض-مدوله (PWM) فعال با فیلتر LCL است. ولتاژ پیک خط به خط ورودی کمتر از ولتاژ خروجی این مبدل نوع تقویت است. علاوه بر امکان جریان توان دو طرفه و تولید جریان‌های ورودی هارمونیک پایین، مبدل PWM شش سوئیچی امکان اصلاح هر فاکتور توان (PF) را فراهم می‌کند. جدیدترین شارژرهای سریع DC اغلب این

معماری را به دلیل سادگی طرح، سهولت مدیریت و دسترسی به دستگاه‌های IGBT با قیمت مناسب و رتبه‌بندی ولتاژ و جریان کافی اتخاذ می‌کنند. مبدل نقطه صفر کلیدزنی (NPC) نمایش داده شده، یک تصویر اضافی از پیاده‌سازی یک مبدل نوع تقویت است.

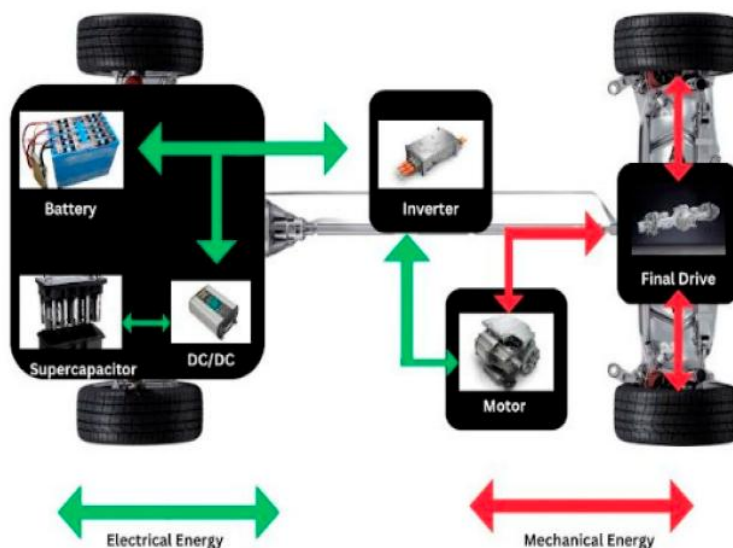


Figure 5. Energy storage and flow in an Electric Vehicle.

با استفاده از اجزای با ولتاژ پایین‌تر، مبدل سه‌سطحی می‌تواند به طور موثر تلفات سوئیچینگ را با هزینه موثر کاهش دهد. علاوه بر این، یک فرم موج ولتاژ سه‌سطحی تولید می‌کند که  $dv/dt$  و هارمونیک‌های جریان ورودی را کاهش می‌دهد. یک نمونه اولیه شارژر EV 30 کیلوواتی با فرانت‌اند NPC با استفاده از اندوکتانس نشی ترانسفورماتور ورودی به عنوان فیلتر سمت AC، حداقل اعوجاج هارمونیک کل جریان ورودی (THD) را ایجاد می‌کند [۱۳]. ساخت صریح یک باس DC دوقطبی با مبدل NPC به عنوان فرانت‌اند AC/DC مزیت اضافی دارد. یک باس DC دوقطبی می‌تواند یک ایستگاه شارژ EV ایجاد کند زیرا مبدل‌های DC/DC می‌توانند به نیمی از ولتاژ باس DC متصل شوند. این دو مقاله با جزئیات زیادی در مورد این عملکرد صحبت می‌کنند. یک باس DC دوقطبی راه دیگری برای ادغام مبدل‌های توان جزئی در مرحله DC/DC است. [26]

#### 3.4 برنامه شارژ

SSTها اغلب از ماژول‌های مشابه به عنوان بلوک‌های ساختمانی برای دستیابی به سطوح ولتاژ و توان مورد نیاز استفاده می‌کنند. ماژول‌ها در خروجی به صورت موازی برای تامین جریان خروجی قابل توجه در ولتاژ DC پایین مورد نیاز برای اتصال مستقیم با شبکه MV و در ورودی به صورت سری برای بهبود قابلیت‌های مسدود کردن ولتاژ متصل می‌شوند. به این ترتیب، طراحی شارژر سریع MV به کار گرفته شد. سه ماژول در سمت باتری به صورت موازی و سری (۲.۴ کیلوولت) در سمت AC MV متصل شده اند. برای اصلاح ضریب توان و تبدیل AC/DC، هر ماژول دارای یک فرانت‌اند AC/DC NPC یک جهته است. هر ماژول شامل

یک باس داخلی در ۱۲۵۰ ولت برای استفاده از MOSFET های SiC یا IGBT های سیلیکونی تجاری است. پس از فرانت اند AC/DC NPC یک جهته، دو پل کامل شیفیت فاز ورودی-سری-خروجی موازی ولتاژ خروجی مورد نظر را از ولتاژ باس DC داخلی استخراج می کنند [۳۳-۳۵]. به دلیل وابستگی شدید به سوئیچ های فعال، این طراحی کمتر احتمال دارد به کم حجم بودن و راندمان خوب دست یابد و هزینه های سیستم را افزایش می دهد. این یکی از معایب طراحی است. پل کامل شیفیت فاز همچنین یک خروجی ثابت ۴۵۰ ولت ارائه می دهد.

اگر مبدل به یک خودروی برقی متصل شود، برای برآورده کردن پروفایل شارژ باتری، یک مرحله DC/DC اضافی مورد نیاز است. از دیدگاه باتری، باتری خودروی برقی از طریق یک مبدل تقویت شش فاز بین یافته به معماری ادغام شده است. این سیستم ۳۸ کیلوواتی دارای راندمانی بیش از ۹۶ درصد است.

### 3.5 مسیر یابی

با استفاده از اطلاعات برداری فاصله، DVMRP ارتقا یافته پیشنهادی داده هایی در مورد EV های شرکت کننده را در سراسر شبکه توزیع می کند، از جمله مکان، شناسه خودرو، فاصله و وضعیت شارژ. به طور مشابه، گره های سنسور تعبیه شده EV های شرکت کننده از این اطلاعات برای برقراری ارتباط با سایر EV ها از طریق شمارش جهش و BS استفاده می کنند و داده هایی را که در طول شبکه جمع آوری کرده اند به اشتراک می گذارند. علاوه بر این، یک مدیر به نظارت بر وب از راه دور کمک می کند DVMRP [34]. پیشنهادی (پروتکل مسیریابی چندپخشی برداری فاصله) شامل انواع مختلفی از اجزا از جمله پروتکل های مسیریابی، گره های سنسور، الگوریتم های پیش بینی و مبدل ها است. این مفهوم مسیریابی یک زیرساخت توپولوژیکی شبکه ایجاد می کند که در آن همه EV ها اطلاعات را به اشتراک می گذارند. این به رانندگان اجازه می دهد تا درخواست های مسیریابی و قیمت گذاری را در سراسر شبکه پردازش کنند. با این حال، مکانیزم مسیریابی موجود داده ها را از منبع به مقصد بسته به شمارش جهش منتقل می کند. در حالی که این تکنیک به رومینگ بسته به انتخاب شمارش جهش اجازه می دهد، اما ارتباط موثر داخل زیرساخت شبکه را فراهم نمی کند. در رویکرد مسیریابی سنتی، ارتباط داده ها از منبع به مقصد به اطلاعات شمارش جهش بستگی دارد. اگرچه این به رومینگ اجازه می دهد، اما اغلب در اطمینان از ارتباط کارآمد در داخل زیرساخت شبکه شکست می خورد DVMRP [37]. مدرن شده برای EV ها با هدف رفع این مشکلات: (۱) استفاده از تکنیک های مسیریابی پیشرفته برای بهینه سازی مسیرهای داده؛ (۲) بهبود تکنیک های پیش بینی و پردازش داده برای پیش بینی و کنترل بهتر ترافیک شبکه؛ و (۳) برای اطمینان از ایمنی و قابلیت اطمینان، روش های حفاظت و کنترل شارژ قوی پیاده سازی شده است. این پیشرفت ها برای دستیابی به عمر شبکه بهتر، به حداقل رساندن تأخیر در انتقال داده و بهبود عملکرد کلی و استفاده از منابع طراحی شده اند.

برای بهبود مسیریابی، از پروتکل مسیریابی چندپخشی برداری فاصله (DVMRP) استفاده می شود. در ابتدا، DVMRP روی صفر تنظیم می شود که نشان می دهد هیچ مسیری ایجاد نشده است. سپس توالی خودرو به صفر ریست می شود تا برای پردازش خودروهای برقی (EV) آماده شود. مرحله بعدی این است که از طریق هر EV در شبکه حلقه بزند، جایی که  $n$  تعداد کل EV ها است. هر EV، که با یک شناسه منحصر به فرد مشخص شده است، در یک ایستگاه شارژ  $M$  پارک شده است. برای هر EV، پروتکل مراحل یکسانی را تکرار می کند. اگر EV وجود نداشته باشد، DVMRP صفر باقی می ماند، که نشان می دهد هیچ مسیر قابل استفاده ای وجود ندارد. اگر EV در ایستگاه شارژ نباشد، به حالت بعدی در توالی می رود و شمارش آن یک واحد افزایش می یابد. پس از آن،



ارتباط با ایستگاه‌های شارژ مجاور برای بررسی مسیرهای مختلف مسیریابی برقرار می‌شود. هنگامی که توالی EV یک واحد افزایش می‌یابد، توالی بر اساس وضعیت فعلی EV به‌روز می‌شود.

از آنجایی که مدیر از راه دور برای حفظ معیارهای قابلیت اطمینان شبکه بسیار مهم است، مدیر در رویکرد پیشنهادی ما ضروری است. در زیر توضیح مفصلی در مورد نحوه پیاده‌سازی پروتکل مسیریابی DVMPR بهبود یافته در مدل پیشنهادی آورده شده است - ابتدا به EV های مجاور متصل می‌شود تا جدول مسیریابی را به‌روزرسانی کند [۳۵]. در اینجا، EV هایی که عضو شبکه هستند از طریق ایستگاه‌های پایه (BS) با EV های دیگر ارتباط برقرار می‌کنند و با همتایان نزدیک خود بر اساس شمارش جهش ارتباط برقرار می‌کنند. همچنین، پروتکل DVMPR بهبود یافته ما به EV های شرکت‌کننده اجازه می‌دهد تا داده‌های مسیریابی خود را هنگام تغییر موقعیت خود به‌روزرسانی کنند، در حالی که سطح ثابتی از ثبات را در پارامترها، مانند داده‌های شمارش جهش مجاورت، حفظ می‌کنند. بنابراین، EV اتصال مداوم را در طول فرآیند ارتباطی تضمین می‌کند، حتی زمانی که به یک ایستگاه پایه متفاوت رومینگ می‌کند. این کار با حفظ ارتباط دقیق و مداوم در داخل شبکه انجام می‌شود. الگوریتم در مقاله، الگوریتم ۱، به‌طور جامع توضیح می‌دهد که چگونه داده‌های مرتبط با پاسخ‌های مسیر (RREP) و درخواست‌های مسیر (RREQ) را در شبکه ارسال و ذخیره می‌کند.

### Algorithm 1. Forwarding and storing data related to route replies (RREP) and route requests (RREQ) within the network.

```

Input: EV with minimal distance
Output: Shortest distances of EV with ID
Set  $DVMRP \rightarrow 0$ 
Initiate  $\rightarrow 0$ 
Initiate the vehicle sequence  $\rightarrow 0$ 
For  $i \rightarrow 0; i < n; i++$ 
Do
For  $i \rightarrow i \in EV$  with ID with charging station  $M$ 
Do
For  $j \rightarrow$  successive sequence
If  $EV \rightarrow 0$  then
 $DVMRP \rightarrow 0$  //no path
Elseif  $EV \neq$  Charging station then return,
 $EV \rightarrow$  successive state; //  $j + 1$ 
 $EV\ counts \rightarrow j + 1$ 
Establish communication with other nearby stations; //multiple routes.
End if
End for
If the sequence is  $EV + 1$ 
Then
Update sequence based on EV
  
```

بیا باید سناریویی را در نظر بگیریم که دو  $EV$ ،  $A_i$  و  $B_i$ ، متعلق به گروه  $N(n-1)$  هستند  $EV\ A_i$  و  $EV\ B_i$  درخواست تبادل برق را در این شبکه شروع می کنند. پس از دریافت RREQ از  $A_i$ ،  $B_i$  با یک پیام قابل قبول برای تحویل کنترل پاسخ می دهد. توجه داشته باشید که  $A_i$  بسته RREQ را تا زمانی که  $B_i$  به RREQ  $A_i$  پاسخ دهد، مجدداً به شبکه ارسال می کند. علاوه بر این، مدیر از راه دور RREQ  $A_i$  را دریافت می کند. هنگامی که  $B_i$  درخواست تبادل برق از طریق شبکه از  $A_i$  می کند، مدیر از راه دور از  $B_i$  می خواهد که مستقیماً پاسخ دهد. به طور مشابه، مدیر از راه دور از  $B_i$  درخواست می کند که درخواست  $A_i$  برای برق را اعطا کند و هزینه ای را به  $A_i$  اختصاص دهد [۳۶]. بنابراین،  $EV$  (های) شرکت کننده در پروتکل DVMRP بهبود یافته می توانند با یکدیگر تعامل داشته باشند و درخواست های انتقال برق را در شبکه مدیریت کنند. جریان مدل پیشنهادی بر اساس نرخ ورود  $EV$ ، نرخ شارژ و عملکرد مسیریابی است. هزینه و در دسترس بودن وسایل نقلیه متوالی نیز به صورت دوره ای به روز می شود، همانطور که در نمودار جریان شکل ۵ نشان داده شده است.

### 3.6 برآورد شارژ

هر  $EV$  شرکت کننده از تخمین گر وضعیت شارژ (CSE) برای تعیین مقدار شارژ انجام شده استفاده می کند. مدل باتری طرح پیشنهادی بر اساس اتصال سری ساخته شده است، به این معنی که همه باتری ها دارای رتبه بندی و ظرفیت شارژ یکسانی هستند

[۲۹]. به طور مشابه، جاسازی گره بی سیم بیشتر به داده‌های یادگیری ماشینی که CSE جمع‌آوری کرده است، مرتبط شده است. پروتکل مسیریابی DVMRP بهبود یافته EV های دارای گره‌های بی سیم تعبیه شده را به طراحی توپولوژیکی شبکه متصل می‌کند [۱۹]. رانندگان این EV های شرکت کننده می‌توانند شرایط ترافیک محلی را از طریق صفحه‌های نمایش داشبورد (DBC) نظارت کنند. علاوه بر این، اگر یک EV در نزدیکی باشد، راننده می‌تواند درخواست‌های انتقال برق را از طریق رابط DBC آغاز و مدیریت کند. انتقال برق شامل اشتراک‌گذاری فوری منابع شبکه، از جمله EV های اهداکننده و پذیرنده، است و CSE از الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای ثبت وضعیت فعلی استفاده می‌کند. در نتیجه، هر EV از یک ژنراتور (Gc) برای تولید میدان‌های مغناطیسی (MF) برای فعال‌سازی جفت‌سازی مغناطیسی (MC) استفاده می‌کند. به طور خاص، Gc استخراج جریان از EV اهداکننده و انتقال شارژ را با افزایش جریان تا ۵۰٪ از مقدار اولیه آن ساده‌تر می‌کند. این فرآیند شارژ را سرعت می‌بخشد و اتلاف انرژی را در پیکربندی DWC کاهش می‌دهد. در این مطالعه، پاور بانک‌های EV های مختلف به یکدیگر شارژ می‌شوند.

### 3.7 اتصال ماژول

در روش پیشنهادی ما از اتصال سری باتری استفاده می‌شود. با این حال، شارژ هر ماژول (بانک باتری) به طور خودکار متعادل می‌شود. هنگامی که اتصال مغناطیسی بین EV های جفت شده برقرار می‌شود، انتقال برق رخ می‌دهد. سپس EV فرآیند شارژ را برای تغییر از SOC بالا به SOC کاهش یافته طی می‌کند. علاوه بر این، با توجه به اینکه بانک باتری EV (Ai) در سمت چپ قرار دارد، بانک باتری EV (Bi) در سمت راست شکل قرار دارد. ماژول EV Bi به طور روان‌تری شارژ می‌شود که با فرضیه ما مطابقت دارد. از Bi خواسته می‌شود که توسط یک سیستم هوش مصنوعی (AI) برق را مبادله کند و Bi درخواست را اعطا می‌کند. به دلیل اتصال سری باتری آن‌ها، ماژول‌های Bi و Ai به شارژ یکدیگر ادامه می‌دهند تا زمانی که سطح توان آن‌ها برابر شود. هر ماژول باتری همچنین دارای CSE است که وضعیت شارژ SCL بانک باتری نصب شده را نظارت می‌کند. اتصال باتری مبتنی بر سری رویکرد پیشنهادی وضعیت شارژ را برابر می‌کند. علاوه بر این، سیستمی که می‌تواند شامل اتصال باتری‌ها به صورت سری برای حفظ حداکثر سطح توان هر ماژول باشد، برای برابر کردن ماژول‌های  $M(n-1)$  استفاده می‌شود که هر کدام دارای وضعیت شارژ SCL هستند) که در آن "M" مخفف یک ماژول باتری است).

علاوه بر این، عملکرد مدل پیشنهادی ایده شارژ بی سیم دینامیک یا DWC را روشن می‌کند EV. های نزدیک‌شونده به صورت موازی Gc خود را برای تولید MF برای MC روشن می‌کنند و فرآیند انتقال برق را آغاز می‌کنند. فرآیند انتقال برق زمانی آغاز می‌شود که EV های جفت شده یک اتصال MCC برقرار کنند. معمولاً این فرآیند با یک EV در حالت شارژ پایین (LCI) پایان می‌یابد و با یک EV در حالت شارژ بالا (HCL) آغاز می‌شود. به دلیل خاصیت دو برابر شدن Gc، که جریان الکتریکی اولیه را ۵۰٪ افزایش می‌دهد، EV اهداکننده شارژ را با سرعت ۵۰٪ بالاتر تخلیه می‌کند. انتقال شارژ سریع و انرژی کارآمد بین EV های جفت شده با پذیرش شارژ تخلیه شده توسط EV گیرنده با همان سرعت شتاب‌دار امکان‌پذیر می‌شود. ماژول EV MI گیرنده، شارژ Rc را از ماژول Mh با توان بالا در یک واحد کامل دریافت می‌کند، زمانی که Mh کنترل Rc را به MI منتقل می‌کند. وضعیت شارژ ماژول Mh در طول انتقال برق کاهش می‌یابد زیرا Rc از Mh به MI آزاد می‌شود. علاوه بر این، وضعیت شارژ ماژول EV MI گیرنده با  $Rc(1-lc)$  افزایش می‌یابد. سیستم شارژ باتری سلولی Bi برای EV ها برای این مطالعه انتخاب شده است، با B به عنوان سلول ith باتری و  $S \in M$  به عنوان ith سلول n از B که از سلول نزدیک Bi خود شارژ دریافت می‌کند، نشان داده شده است. مکانیسم انتقال شارژ بین سلول‌های باتری در EV در معادلات (۱) و (۲) بیان شده است. اتلاف توان که بر نحوه انتقال



شارژ بین سلول‌ها تأثیر می‌گذارد، توسط اصطلاح 'smgl' نشان داده می‌شود. وضعیت سلول توسط معادلات در نظر گرفته می‌شود که نشان می‌دهد چگونه شارژ بسته به اینکه شاخص سلول در داخل یا خارج از محدوده‌های مشخص باشد، منتقل می‌شود.

$$\begin{aligned}(1) T_i^{cl}(n) &= \{smgl((- \Delta)(n-1), L_{m_n}) r_{m_n'} \left(\frac{i}{cell}\right) - 1 > 0\} \\(2) T_i^{cl}(n) &= \{smgl((- \Delta)(n-1), L_{m_n}) r_{m_n'} \left(\frac{i}{cell}\right) + 1 \leq (M)\} \\(3) (C_l)_{H_c}^{(M)}(n-1) &= \Delta_{H_c}^M\end{aligned}$$

اتصال طرح ما با تصویری از ژنراتور و دو سیم‌پیچ متصل نمایش داده شده است تا میدان مغناطیسی (MF) برای شارژر مغناطیسی (MC) فراهم کند. سیم‌پیچ فرستنده پس از برقراری اتصال، حلقه دریافت‌کننده را شارژ می‌کند. این روش، روشی است که دو خودروی برقی (EV) در روش پیشنهادی ما برق را تبادل می‌کنند.

### 3.8 مدل ریاضی

سیم‌پیچ یکپارچه در هر خودروی برقی (EV) در مدل پیشنهادی، یک میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند. هنگامی که برای شارژ از یک خودروی برقی به خودروی دیگر سوئیچ می‌کنید، Gc روشن می‌شود. هنگامی که سیم‌پیچ داخلی برای DWC روشن می‌شود، یک میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود. به همین ترتیب، خودروی برقی دومی که برق را به اشتراک می‌گذارد، Gc خود را روشن می‌کند تا یک میدان مغناطیسی ایجاد کند. در مدل پیشنهادی، تداخل بین میدان مغناطیسی (MF) دو خودروی برقی موازی وجود دارد. خودروی برقی‌های جفت شده پس از برقراری تداخل MC، قدرت را به یکدیگر منتقل می‌کنند. بیاید برای مدتی فرض کنیم که بین دو سیم‌پیچ، القای متقابل زیر وجود دارد:

$$(4) \text{ Mutual inductance} = \frac{N_1 * N_2 * \mu_0 * \mu_r * A}{l}$$

معادله (۴) محاسبه القای متقابل بین دو سیم‌پیچ (N1 و N2) را نشان می‌دهد که در آن N1 و N2 تعداد دورهای هر سیم‌پیچ هستند، (l) طول سیم‌پیچ، (A) مساحت مقطع عرضی و پارامترهای  $\mu_0$  و  $\mu_r$  به ترتیب نفوذپذیری هسته آهنی و فضای قابل دسترس را نشان می‌دهند. معادله (۵) القای متقابل (M12) بین دو سیم‌پیچ را با استفاده از شار مغناطیسی (۲۱۰) از طریق سیم‌پیچ دوم و تعداد دورهای آن (N2) تعیین می‌کند، که در آن I2 نمایانگر طول سیم‌پیچ دوم است. این معادله نشان می‌دهد که چقدر میدان مغناطیسی یک سیم‌پیچ، ولتاژ را در سیم‌پیچ دیگر القا می‌کند.

$$\begin{aligned}(5) M_{12} &= \frac{\phi_{21} * N_2}{l_2} \\(6) k &= \frac{M}{\sqrt{coil_1 * coil_2}}\end{aligned}$$



از سوی دیگر،  $k$  در معادله (۶) نمایانگر ضریب جفت‌سازی بین دو سیم‌پیچ است. ضریب جفت‌سازی، اثر بخشی که میدان‌های مغناطیسی دو سیم‌پیچ به یکدیگر مرتبط می‌شوند را اندازه‌گیری می‌کند. این یک عدد بدون بعد است که از ۰ تا ۱ متغیر است. به طور مشابه، خودالقایی یک سیم‌پیچ فردی می‌تواند با استفاده از معادلات (۷) و (۸) محاسبه شود. این به تعیین نحوه ذخیره انرژی هر سیم‌پیچ در میدان مغناطیسی‌اش کمک می‌کند. برای تعیین خودالقایی و القای متقابل بین دو سیم‌پیچ، هر دو را در معادله (۸) افزایش دهید. معادله (۹) القای متقابل  $M$  را ارائه می‌دهد که در آن عامل  $H$  برای تنظیم محاسبه القای متقابل بر اساس تعامل بین سیم‌پیچ‌ها استفاده می‌شود.

$$(7) coil_1 = \frac{N_1^2 * \mu_0 * \mu_r * A}{l}$$

$$(8) coil_2 = \frac{N_2^2 * \mu_0 * \mu_r * A}{l}$$

$$(9) M = H \sqrt{coil_1 * coil_2}$$

### 3.9 چارچوب اینترنت اشیاء برای خودروهای برقی

بخش خودروسازی پتانسیل تغییر و تحول را به دلیل ادغام فناوری‌های اینترنت اشیاء (IoT) در سیستم‌های خودروی برقی (EV) دارد. پردازش داده‌های بلادرنگ، پروتکل‌های ارتباطی مؤثر، تدابیر امنیتی و مقیاس‌پذیری از جمله مسائلی هستند که باید هنگام طراحی یک چارچوب اینترنت اشیاء برای خودروهای برقی در نظر گرفته شوند. هنگامی که به رویکرد اینترنت اشیاء به‌طور خاص برای خودروهای برقی فکر می‌کنیم، تمرکز معمولاً بر بهینه‌سازی عملکرد خودرو، بهبود تجربه کاربری، تضمین ایمنی و امکان مدیریت مؤثر ناوگان متمرکز است.

نظارت بر عملکرد و تلمتری: نصب حسگرها در خودروهای برقی برای جمع‌آوری داده‌ها به‌صورت بلادرنگ در مورد ویژگی‌های مختلف، از جمله سرعت، مصرف انرژی، شرایط محیطی، دما و سلامت باتری. پروتکل‌های اینترنت اشیاء می‌توانند این داده‌ها را به یک سیستم مرکزی برای نظارت و تحلیل ارسال کنند.

خدمات از راه دور و عیب‌یابی: فراهم کردن اتصال اینترنت اشیاء برای تسهیل عیب‌یابی، نگهداری پیش‌بینانه و تشخیص از راه دور برای اجزای خودروی برقی. مشکلات بالقوه می‌توانند با نظارت مداوم بر داده‌های خودرو به‌طور زود هنگام شناسایی شوند که این امر هزینه‌های نگهداری و زمان خرابی را کاهش می‌دهد.

مدیریت زیرساخت: در نظر گرفتن ویژگی‌هایی مانند صورتحساب خودکار، برنامه‌ریزی هوشمند شارژ و نظارت بر ایستگاه‌های شارژ از راه دور، قابلیت‌های اینترنت اشیاء را به زیرساخت شارژ خودروهای برقی ادغام می‌کند. این امر جلسات شارژ را بر اساس تقاضای شبکه، نرخ‌های برق و نیازهای خاص خودرو بهینه می‌کند.



ویژگی‌های ایمنی و امنیت: تعیین تدابیر امنیتی مبتنی بر اینترنت اشیاء برای محافظت از خودروهای برقی در برابر سرقت، دسترسی غیرمجاز و تهدیدات سایبری. این شامل رمزنگاری قوی و روش‌های احراز هویت به همراه ویژگی‌هایی مانند محدوده‌گذاری جغرافیایی، قفل و باز کردن قفل از راه دور خودرو و تشخیص دستکاری است.

پیاده‌سازی راه‌حل‌های اینترنت اشیاء برای نظارت بر رفتار راننده، ردیابی ناوگان، بهینه‌سازی مسیر و تجزیه و تحلیل عملکرد برای ناوگان‌های تجاری خودروهای برقی. مدیران ناوگان از افزایش کارایی عملیاتی، کاهش هزینه‌ها و تضمین انطباق با مقررات بهره‌مند می‌شوند.

#### ۴. نتایج عددی

جدول ۱ تنظیمات پارامترهای استفاده شده برای شبیه‌سازی را ارائه می‌دهد. این بخش نتایج شبیه‌سازی سخت‌افزار خودروهای برقی را با دو، سه، چهار و شش فاز تحت ولتاژهای ورودی مختلف، به‌طور دقیق ۲۰ ولت و ۲۰۰ ولت، توضیح می‌دهد. تمرکز بر روی محاسبات کارایی و تلفات توان در مراحل مختلف است، به‌ویژه ولتاژ خروجی در طول فازهای افت مدل پیشنهادی با ولتاژ ورودی ۲۰ ولت.

جدول ۲ مقادیر پارامتر خروجی مانند ولتاژ، جریان و توان برای ولتاژ ورودی ۲۰ ولت را ارائه می‌دهد و جدول ۳ نیز مقادیر پارامتر خروجی مشابهی را برای ولتاژ ورودی ۲۰۰ ولت نشان می‌دهد. در مدل دو فاز، ولتاژ خروجی در ۰.۲ ثانیه به ۳۸.۷۴ ولت تثبیت می‌شود، همان‌طور که داده‌های شکل موج نشان می‌دهند. یک تحلیل مقایسه‌ای برای جریان خروجی و توان در ولتاژ ورودی ۲۰ ولت ارائه شده است که نشان‌دهنده توان خروجی ۴۶.۹۱۴ وات و جریان خروجی ۱.۲۱۱ آمپر است.

با توجه به پیکربندی‌های سه‌فاز، چهارفاز و شش‌فاز، ولتاژهای خروجی به ترتیب در ۳۸ ولت، ۳۹ ولت و ۴۰ ولت در زمان‌های متفاوت ۰.۱۵، ۰.۱۱ و ۰.۰۵ ثانیه تثبیت می‌شوند. مقادیر توان و جریان خروجی برای فازهای سوم، چهارم و ششم به ترتیب ۴۷ وات، ۴۸ وات، ۴۷.۵ وات و ۱.۲۱۵ آمپر، ۱.۲۱۸ آمپر، ۱.۲۲ آمپر هستند.



Table 1. Parameter setup.

Types	Values
Environment	Simulation
Electric vehicles	10-50
Generator ( $G_c$ )	1 per EV
Wireless nodes	Based on the total EV count.
Gateway	20 m
Base stations	5
Charge stations	Based on the total EV count.
Batteries	Based on modules
Routing protocol	DVMRP
Transmission range	1000 m
Charging environment	Charging state
PC	1
Packet size	128 kb

Table 2. Output parameter value (i/p voltage 20 V).

No. of Phases	Voltage (V)	Current (A)	Power (W)
2	39	1.2	47
3	39	1.3	47.1
4	39.1	1.4	47.5
6	39	1.3	47.8

Table 3. Output parameter value (i/p voltage 200 V).

No. of Phases	Voltage (V)	Current (A)	Power (W)
2	435	13.8	5.9
3	436	13.5	6
4	437	14	6.2
6	438	14.8	6

علاوه بر معیارهای عملکرد، اندازه‌گیری‌های قابلیت اطمینان نیز با استفاده از مدل پیش‌بینی‌شده در نتایج تجربی ارزیابی می‌شوند. این شامل ارزیابی‌های کارایی شارژ، نسبت از دست رفتن بسته، تأخیر انتها به انتها و توان خروجی است. به‌ویژه، نسبت از دست رفتن بسته برای ارزیابی اثربخشی پروتکل به‌روزرسانی‌شده DVMRP استفاده می‌شود. در فرآیند ارتباطی، خودروهای برقی از تعداد پرش و ارتباط مستقیم هنگام حضور ایستگاه پایه استفاده می‌کنند. قابلیت اطمینان عملکرد شبکه زنده با پیگیری آمار توان خروجی و تأخیر انتها به انتها پروتکل بهبود یافته DVMRP تأیید می‌شود. این پارامترها در جدول ۱ خلاصه شده‌اند.

پارامترهای خروجی به دست آمده از شبیه سازی MATLAB 2020a در فازهای مختلف در جداول ۲ و ۳ ارائه شده اند. نتایج در جداول ۲ و ۳ نشان می دهد که با افزایش تعداد فازها، ویژگی های خروجی —ولتاژ، جریان و توان— نیز افزایش می یابد.

این الگوی مشاهده شده را می توان به کاهش تنش سوئیچینگ ناشی از کاهش همزمان جریان القایی نسبت داد. با افزایش تعداد فازها، کاهش جریان القایی به کاهش تنش سوئیچینگ کمک می کند. در نتیجه، نتایج شبیه سازی نشان دهنده کاهش متناسب در تلفات توان و افزایش کارایی مدل های مورد بررسی است. این بینش تأثیر مثبت تعداد بالاتر فازها بر عملکرد کلی را تأکید می کند و نشان می دهد که کارایی بهبود یافته و تلفات توان کاهش یافته در مدل های شبیه سازی شده وجود دارد.

#### ۴.۱ تحلیل کارایی و توان

معادله (۱۰) معادله توان ورودی  $P_{input}$  را ارائه می دهد که در آن  $P_{output}$  نشان دهنده توان خروجی است و تلفات توان مربوط به دیود، خازن و سلف به ترتیب با  $P_{diode}$ ،  $P_{capacitor}$  و  $P_{inductor}$  نشان داده می شود. از جداول ۲ و ۳ مشاهده می شود که بهبود در کارایی و کاهش تلفات توان، تأثیر مثبت افزایش تعداد فازها بر عملکرد کلی را برجسته می کند. کارایی مدل ها با استفاده از معادله (۱۱) محاسبه می شود. جداول ۴ و ۵ بینش های دقیقی از مجموع تلفات توان و کارایی مربوط به ولتاژهای ورودی ۲۰ ولت و ۲۰۰ ولت ارائه می دهند.

مشهود است که وقتی تعداد فازها افزایش می یابد، تلفات توان کاهش و کارایی % بهبود می یابد. با تلفات توان کمتر نسبت به مدل چهار فاز، مدل شش فاز به کارایی های ۹۴٪ و ۹۶٪ دست می یابد، چه ولتاژ ورودی ۲۰ ولت باشد و چه ۲۰۰ ولت. این امر با تلفات توان کمتری نسبت به مدل چهار فاز همراه است. معادله (۱۱) نشان می دهد که افزایش فازها باعث کاهش مقادیر خازن و سلف می شود. نسبت به مبدل های افزایشی بین فاز دو، سه و چهار، مبدل افزایشی شش فاز مقادیر سلف و خازن به طور قابل توجهی کاهش یافته است. در نتیجه، این امر منجر به اندازه فیزیکی بسیار کوچکتری برای هر دو جزء سلف و خازن می شود.

$$(10) \quad P_{input} = P_{output} + P_{diode} + P_{capacitor} + P_{inductor} + P_{diode}$$

$$(11) \quad Efficiency \eta(\%) = \left( \frac{P_{output}}{P_{input}} \right) * 100$$

مقایسه ای با مبدل های کنونی، مانند BC و IBC، انجام شده است تا نتایج تولید شده توسط مدل تأیید شود. قطعات غیرفعال مانند خازن و سلف به گونه ای طراحی شده اند که با تمام مبدل های استفاده شده به عنوان مرجع کار کنند. مبدل شش فاز با پارامترهای استاندارد BC و IBC مقایسه شده است. جدول ۵ به وضوح نشان می دهد که چگونه مدل ولتاژ و توان خروجی بالاتری را ارائه می دهد. ولتاژ خروجی و ظرفیت به ترتیب ۵۰۰ ولت و ۳۴.۳۸ کیلووات است. کاهش ۲۶.۹۲ درصدی در جریان سلف رخ می دهد. با استفاده از مدل پیشنهادی، مقادیر به طور قابل توجهی کمتری برای خازن ها و سلف ها به دست می آید. برای مدل شش فاز، اهمیت سلف و خازن به ترتیب ۱۶۸ فاراد و ۶۶.۶۷ هانری است. در نتیجه، نتیجه گیری می شود که مدل شش فاز بهتر از مبدل های موجود است. مبدل پیشنهادی با مبدل کنونی که در حال حاضر استفاده می شود، مقایسه شده است تا شش فاز را تأیید کند. نتیجه مقایسه



نشان می‌دهد که کارایی مبدل پیشنهادی بیشتر از مبدل کنونی با ۹۸.۶ درصد است. جدول ۶ این مقایسه را به طور کامل ارائه می‌دهد، همراه با عوامل اضافی.

Table 4. Total power loss and efficiency (i/p voltage 20 V).

No. of Phases	Power Loss (W)	Input Power (kW)	Output Power (kW)	Efficiency (%)
2	3.2	51	47	94
3	3.5	50	48	94.5
4	3.6	50	48.5	94
6	3.1	50.3	47.5	94.5

Table 5. Total power loss and efficiency (i/p voltage 200 V).

No. of Phases	Power Loss (W)	Input Power (kW)	Output Power (kW)	Efficiency (%)
2	268	6.2	5.9	96
3	266	6.3	6	96.5
4	267	6.3	6.5	96.7
6	270	6.5	6.8	96.78

Table 6. Comparison of existing approaches.

Parameters	Standard Converter Model [24]	Traditional Converter Model [25]	Proposed Model with Routing Protocol
Voltage (I/P) (V)	200	200	200
Voltage (O/P) (V)	300	300	600
Total phases	1	5	7
Power (O/P) (kW)	20	25	35
Frequency (kHz)	30	15	25
Current (A)	200	200	185
Inductor ( $\mu$ H)	350	50	70
Capacitor ( $\mu$ H)	750	190	170
Duty cycle	0.5	0.6	0.5
Current Ripple (A)	13	13	10

## ۴.۲ بحث

کارایی مدل پیشنهادی با ایجاد و مونتاژ یک پروتوتایپ شبیه‌سازی که به طور خاص برای عملکرد دو فاز با فرکانس‌های سوئیچینگ ۵ کیلوهرتز و ۱۰ کیلوهرتز طراحی شده است، تأیید شد. این پروتوتایپ در محدوده ولتاژ تأمین ۰ تا ۵ ولت کار می‌کند و از ولتاژ نامی ۵ ولت برای راه‌اندازی مبدل استفاده می‌کند. ولتاژهای خروجی در فرکانس‌های سوئیچینگ ۵ و ۱۰ کیلوهرتز در نسبت‌های مختلف وظیفه مورد بررسی قرار می‌گیرد. به‌ویژه، با افزایش ولتاژ بار، نسبت وظیفه نیز افزایش می‌یابد. ارزیابی جریان خروجی، ولتاژ و توان در این دو فرکانس سوئیچینگ نشان می‌دهد که ولتاژ بار در فرکانس سوئیچینگ ۵ کیلوهرتز به ۱۳.۲ ولت بالاتر می‌رسد. ولتاژ خروجی در ۱۰ کیلوهرتز ۰.۹۴ برابر کمتر از این مقدار خروجی خاص است. مشاهده می‌شود که با افزایش ولتاژ تأمین، جریان خروجی نیز افزایش می‌یابد که منجر به توان خروجی بیشتری در فرکانس سوئیچینگ ۵ کیلوهرتز نسبت به فرکانس سوئیچینگ ۱۰

کیلومتر می‌شود. جدول ۷ مقایسه‌ای از عملکرد کارایی با سایر معیارهای مرتبط از آنچه که با روش‌های سنتی باک-بوست و فلی‌بک پیشنهاد شده است، نشان می‌دهد. بر اساس این مقایسه، نشان داده شده است که کارایی مدل پیشنهادی ۹۹٪ است که بالاتر از ۹۶٪ برای باک-بوست و ۹۷٪ برای روش‌های فلی‌بک است، جایی که ولتاژ ورودی ۲۵ ولت، تعداد فازها ۶، فرکانس سوئیچینگ ۲۵ کیلوهرتز و نسبت وظیفه ۰.۶ است. شکل ۶ معیار کارایی پیش‌بینی‌شده مدل EV پیشنهادی را تحت سه معیار فاصله‌ای پی‌درپی: ۲۵ کیلومتر، ۴۰ کیلومتر و ۶۰ کیلومتر نشان می‌دهد. کارایی در مقابل سرعت ترسیم شده است. این شکل نشان می‌دهد که کارایی بهتر زمانی به دست می‌آید که فاصله و سرعت بیشتر باشد. وسیله نقلیه الکتریکی در محدوده‌ای پایدارتر و بهینه‌تر در سرعت‌های بالاتر و فواصل طولانی‌تر عمل می‌کند که منجر به کاهش تلفات انرژی و بهبود کارایی کلی می‌شود. به‌طور مشابه، شکل ۷ معیار کارایی را به دلیل انتقال توان نشان می‌دهد. توان منتقل شده به علاوه توان پذیرفته شده و کارایی در رابطه با سرعت که از ۸۰ تا ۱۵۰ کیلومتر در ساعت متغیر است، مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. می‌توان مشاهده کرد که کارایی تبدیل توان با افزایش سرعت کاهش می‌یابد.

Table 7. Comparison of existing with proposed approaches.

Parameters	Boost Converter [31]	Buck-Boost Approach [32]	Interleaved Boost Converter [12]	Fly Back Approach [37]	Proposed Model
Input voltage (V)	25	25	25	25	25
No. of phases	1	6	2	6	6
Switching frequency (kHz)	25	25	25	25	25
Duty cycle	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6
Output voltage (V)	200	208	205	213.5	500
Output power (W)	450	453	460	487.6	343
% Efficiency	95	96	96	97	99

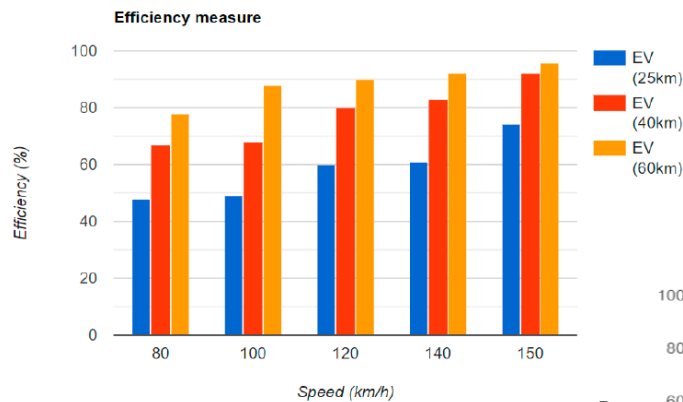


Figure 6. Speed vs. Efficiency graph.

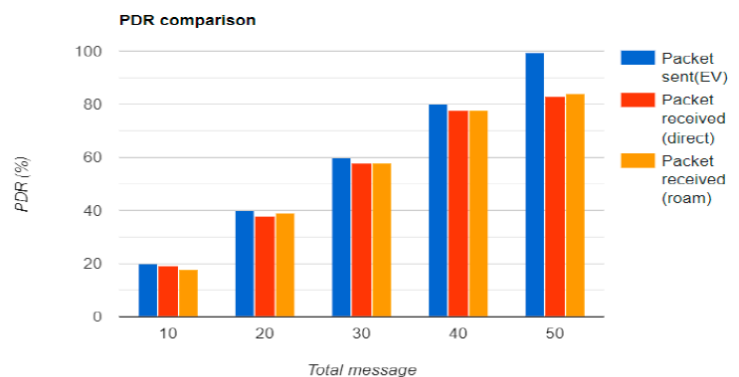


Figure 8. Packet Delivery Ratio (PDR) comparison.

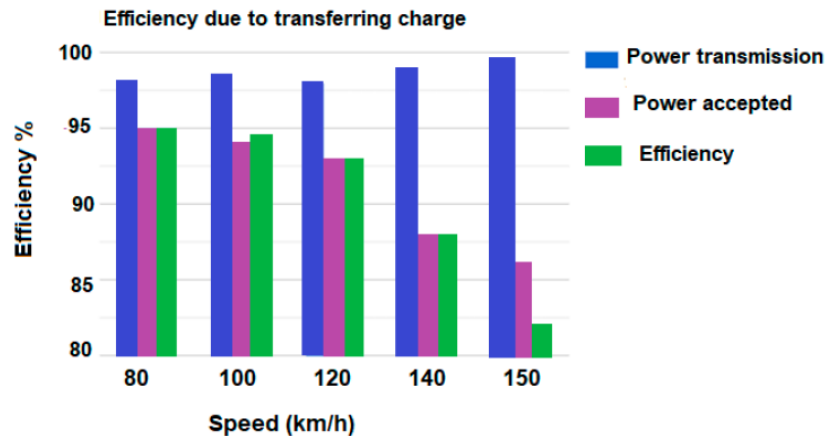


Figure 7. Efficiency due to transferring charge.

شکل ۸ نسبت تحویل بسته (PDR) سیستم را در مقابل مجموع پیام‌ها نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که PDR در نرخ انتقال بالاتر بهتر است. شکل ۹ نشان می‌دهد که توان عملیاتی با توجه به تعداد وسیله‌های نقلیه الکتریکی (EVs) افزایش می‌یابد. روش پیشنهادی به طور مداوم در مقایسه با روش‌های DVMRP سنتی و استاندارد از نظر PDR برتر است. این نشان می‌دهد که روش پیشنهادی در ارائه تحویل بسته تحت چالش‌های مختلف شبکه مؤثرتر است و منجر به بهبود قابلیت اطمینان ارتباطات می‌شود. در مقایسه با پروتکل‌های DVMRP استاندارد و متداول، مدل پیشنهادی ابتدا تأخیر End-to-End (E2E) بیشتری را هنگام ارسال ۵۰۰ بسته نشان می‌دهد. به دلیل بار اضافی پردازش و کنترل ویژگی‌های بهبود یافته در مدل پیشنهادی، تأخیر افزایش یافته است. با این حال، مدل پیشنهادی از نظر تأخیرها در شرایط متغیر شبکه عملکرد بهتری دارد. رویکرد پیشنهادی به تدریج در شرایط دیگر از روش‌های متداول پیشی می‌گیرد و توانایی خود را در بهبود مسیریابی و کاهش تأخیر در طول زمان اثبات می‌کند.

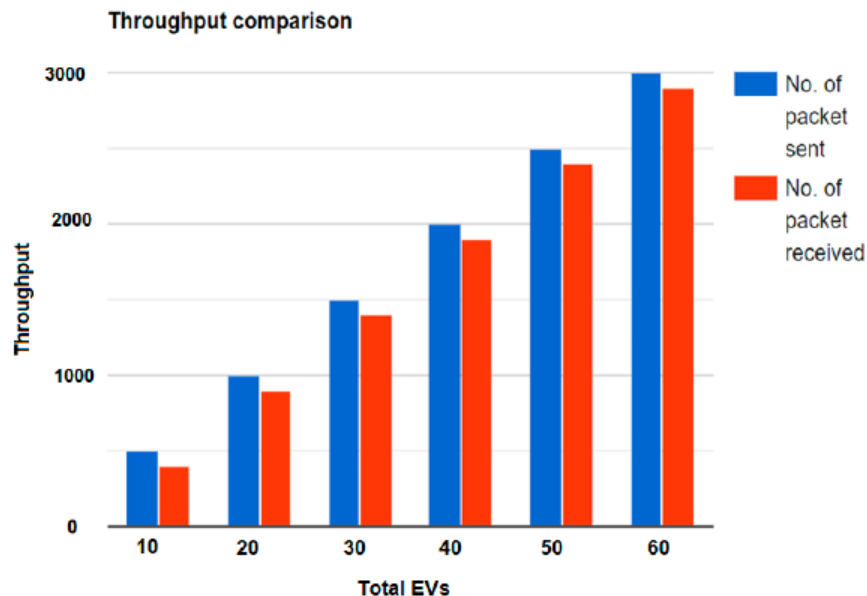


Figure 9. Throughput comparison.

شکل ۱۰ تأخیر End-to-End (E2E) سیستم‌های پیشنهادی و موجود را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که اگرچه تأخیر با افزایش تعداد کل بسته‌ها افزایش می‌یابد، سیستم پیشنهادی کمترین تأخیر را ارائه می‌دهد. در نهایت، شکل ۱۱ کارایی‌های پیش‌بینی‌شده مدل‌های باک-بوست، فلی‌بک و مدل پیشنهادی را مقایسه می‌کند که در آن سیستم پیشنهادی بالاترین کارایی را وعده می‌دهد. تحت شرایط خاص، پروتکل DVMRP بهبود یافته پیشنهادی ممکن است در ابتدا تأخیرهای بیشتری داشته باشد؛ با این حال، در بلندمدت، عملکرد PDR و کارایی بهتری را ارائه می‌دهد. با پایدار شدن سیستم، تأخیرها نیز در شرایط مختلف کاهش می‌یابد که اثربخشی آن را در حداکثر کردن کارایی شبکه و ارتباطات نشان می‌دهد.

مدل پیشنهادی نه تنها کارایی عملیاتی را بهبود می‌بخشد بلکه به کاهش کل کربن نیز کمک می‌کند. این تکنیک با بهینه‌سازی مصرف انرژی و افزایش کارایی انتقال قدرت، به کاهش مقدار انرژی مورد نیاز برای شارژ و عملیات کمک می‌کند. این کاهش در مصرف انرژی به طور مستقیم منجر به کاهش کربن می‌شود، به ویژه زمانی که برق مورد استفاده برای شارژ از منابع تجدیدپذیر تأمین می‌شود.

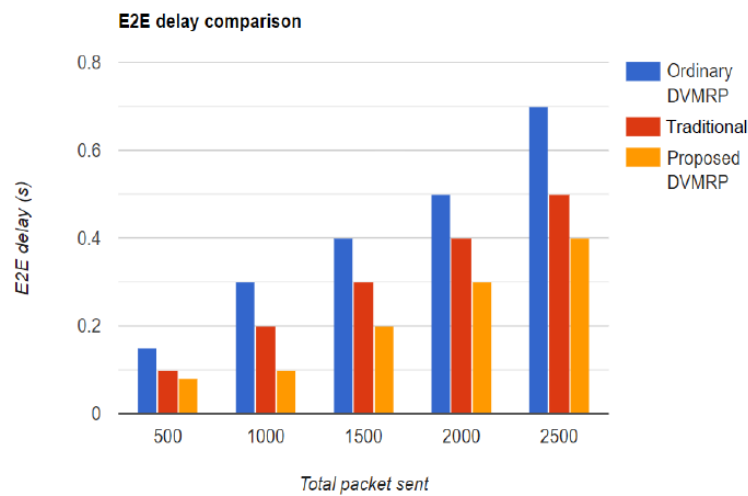


Figure 10. End-to-end (E2E) delay comparison.

## ۵. نتیجه گیری

خودروهای الکتریکی (EVs) برای ساخت به منابع طبیعی کمتری نیاز دارند که این امر امکان استفاده از مواد تجدیدپذیر و کاهش تخلیه منابع را فراهم می کند. اگر خودروهای الکتریکی با برق از منابع تجدیدپذیر شارژ شوند، می تواند به طور قابل توجهی انتشار گازها و تأثیرات آنها بر تغییرات اقلیمی را کاهش دهد. مهندسان به طور مداوم از فناوری های نوظهور برای بهبود سیستم های قدرت استفاده می کنند و تمرکز خود را بر ادغام اینترنت اشیا (IoT) در برنامه های کاربردی عملی، به ویژه در صنعت انرژی، قرار می دهند. این تحقیق یک راه حل زمان واقعی را پیشنهاد می کند که از ارتباطات پیشرفته بین خودرو و ایستگاه شارژ (CS) از طریق فناوری های مدرن برای بهینه سازی برنامه های شارژ خودروهای الکتریکی (EV) استفاده می کند. رویکرد پیشنهادی مسیریابی بهبود یافته با DVMRP را معرفی می کند که مزایایی مانند محدودیت

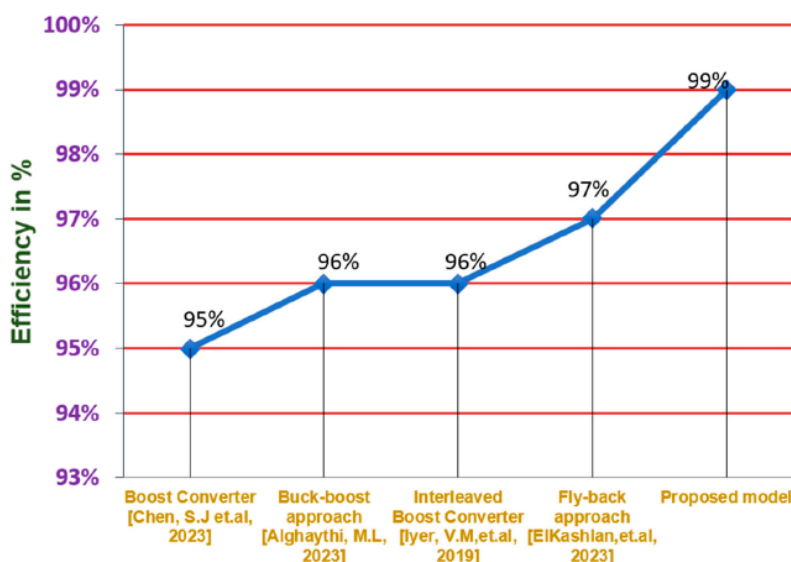


Figure 11. Comparative Efficiency of Various Converters [12,31,32,37].

دسترسی تجمیع کننده به اطلاعات کاربر نهایی، جلوگیری از ازدحام غیرضروری در ایستگاه های شارژ، رابط های کاربر پسند، دسترسی به داده های جامع درباره ایستگاه های شارژ نزدیک و انعطاف پذیری برای انتخاب زمان ها یا هزینه های شارژ که با ترجیحات آنها هماهنگ است، ارائه می دهد. این ابزار قوی نه تنها به ایستگاه های شارژ در پیش بینی بارهای آینده، جلوگیری از ازدحام و بهینه سازی مصرف انرژی کمک می کند، بلکه به تعادل بار برای مشتریان EV نیز کمک می کند. روش پیشنهادی دارای کارایی قابل توجه ۹۹٪ است که ۲٪ بیشتر از مدل های مبدل موجود است و به طور قابل توجهی تلفات انرژی را کاهش می دهد و طراحی پیشنهادی را برای کاربردهای EV بسیار مؤثر می سازد. این رویکرد برتر از مبدل های سنتی مانند مبدل های بوست، مبدل های باک-بوست، مبدل های متناوب و مدل های فلی بک است و کنترل سرعت روانی را ارائه می دهد که برای حفظ شرایط رانندگی بهینه در خودروهای الکتریکی ضروری است. با افزایش کارایی و کاهش تلفات انرژی، مبدل پیشنهادی به افزایش عمر باتری کمک می کند و خودروهای الکتریکی را در طول زمان قابل اعتمادتر و اقتصادی تر می سازد. کارایی بالا و کاهش تلفات انرژی همچنین به کاهش اثرات زیست محیطی کمک می کند که با اهداف جهانی پایداری سازگار است. قابلیت ادغام مبدل پیشنهادی با منابع انرژی تجدیدپذیر، کاربرد آن را در سیستم های انرژی سبز گسترش می دهد. این مبدل عملکرد بهتری، کنترل سرعت روان تر و عمر باتری طولانی تری ارائه می دهد.



در توسعه‌های آینده، ادغام قابلیت‌های ارتباطی خودرو به خودرو (V2V) و خودرو به شبکه (V2G) می‌تواند به تقویت قابلیت اطمینان شبکه کمک کند. مفهوم سنتی که هر دستگاه باید به طور مستقیم با اپراتور شبکه ارتباط برقرار کند، چالش‌هایی را برای استقرار شبکه‌های هوشمند به وجود آورده است. برای غلبه بر این مشکل، این تحقیق رویکرد کارآمدتری را پیشنهاد می‌کند که در آن دستگاه‌ها به یک صفحه وب اختصاصی متصل می‌شوند و این امکان را فراهم می‌آورد که به طور بهینه به خواسته‌های اپراتور شبکه و نیازهای بار پاسخ دهند. در حالی که این رویکرد غیرمتمرکز کارایی را بهبود می‌بخشد، به این نکته نیز اشاره شده است که بار محاسباتی و پیچیدگی‌های این راه‌حل ممکن است با افزایش تعداد خودروهای الکتریکی به طور قابل توجهی افزایش یابد. علاوه بر این، هزینه‌های شبکه‌های موبایل ممکن است منجر به شلوغی شود که ممکن است بر کیفیت ارتباط تأثیر بگذارد. رسیدگی به این چالش‌ها برای اجرای موفق و مقیاس‌پذیری راه‌حل پیشنهادی بسیار حیاتی خواهد بود.

## References

1. Yang, Z.; Shang, F.; Brown, I.P.; Krishnamurthy, M. Comparative study of interior permanent magnet, induction, and switched reluctance motor drives for EV and HEV applications. *IEEE Trans. Transp. Electrification*. **2015**, *1*, 245–254. [\[CrossRef\]](#)
2. Cano, Z.P.; Banham, D.; Ye, S.; Hintennach, A.; Lu, J.; Fowler, M.; Chen, Z. Batteries and fuel cells for emerging electric vehicle markets. *Nat. Energy* **2018**, *3*, 279–289. [\[CrossRef\]](#)
3. Keyser, M.; Pesaran, A.; Li, Q.; Santhanagopalan, S.; Smith, K.; Wood, E.; Ahmed, S.; Bloom, I.; Dufek, E.; Shirk, M.; et al. Enabling fast charging—Battery thermal considerations. *J. Power Sources* **2017**, *367*, 228–236. [\[CrossRef\]](#)
4. Burnham, A.; Dufek, E.J.; Stephens, T.; Francfort, J.; Michelbacher, C.; Carlson, R.B.; Zhang, J.; Vijayagopal, R.; Dias, F.; Mohanpurkar, M.; et al. Enabling fast charging—Infrastructure and economic considerations. *J. Power Sources* **2017**, *367*, 237–249. [\[CrossRef\]](#)
5. Patil, D.; McDonough, M.K.; Miller, J.M.; Fahimi, B.; Balsara, P.T. Wireless power transfer for vehicular applications: Overview and challenges. *IEEE Trans. Transp. Electrification*. **2017**, *4*, 3–7. [\[CrossRef\]](#)
6. Shareef, H.; Islam, M.M.; Mohamed, A. A review of the state-of-the-art charging technologies, placement methodologies, and impacts of electric vehicles. *Renew. Sustain. Energy Rev.* **2016**, *64*, 403–420. [\[CrossRef\]](#)
7. Zahira, R.; Hussain, M.I.; Suresh, S.; Bharanigah, V.; Pramila, V. Photovoltaic Charging Dock for Electric Mobility with G2V and V2G Technology. *Int. J. Veh. Struct. Syst.* **2023**, *15*, 171–175. [\[CrossRef\]](#)
8. Negarestani, S.; Fotuhi-Firuzabad, M.; Rastegar, M.; Rajabi-Ghahnavieh, A. Optimal storage system sizing in a fast charging station for plug-in hybrid electric vehicles. *IEEE Trans. Transp. Electrification*. **2016**, *2*, 443–453. [\[CrossRef\]](#)
9. Cao, Y.; Wang, N.; Kamel, G.; Kim, Y.J. An electric vehicle charging management scheme based on a publish/subscribe communication framework. *IEEE Syst. J.* **2015**, *11*, 1822–1835. [\[CrossRef\]](#)
10. Zhang, H.; Hu, Z.; Song, Y.; Xu, Z.; Jia, L. A prediction method for electric vehicle charging load considering spatial and temporal distribution. *Autom. Electr. Power Syst.* **2012**, *38*, 13–20.
11. Dong, X.; Mu, Y.; Jia, H.; Wu, J.; Yu, X. Planning fast EV charging stations on a round freeway. *IEEE Trans. Sustain. Energy* **2016**, *7*, 1452–1461. [\[CrossRef\]](#)
12. Iyer, V.M.; Guler, S.; Gohil, G.; Bhattacharya, S. An approach towards extreme fast charging station power delivery for electric vehicles with partial power processing. *IEEE Trans. Ind. Electron.* **2019**, *67*, 8076–8087. [\[CrossRef\]](#)
13. Sampath, S.; Rahman, Z.; Kalavai, S.A.; Veerasamy, B.; Mekhilef, S. Heuristic design and modelling of modified interleaved boost converter for E-mobility control. *Int. J. Comput. Math. Electr. Electron. Eng.* **2022**, *42*, 1285–1310. [\[CrossRef\]](#)
14. Sadiq, M.; Aragon, C.A.; Terriche, Y.; Ali, S.W.; Su, C.L.; Buzna, L.; Elsis, M.; Lee, C.H. Continuous-control-set model predictive control for three-level DC-DC converter with unbalanced loads in bipolar electric vehicle charging stations. *Mathematics* **2022**, *10*, 3444. [\[CrossRef\]](#)
15. Zhang, F.; Wang, P.; Yi, M. Design optimization of forced air-cooled lithium-ion battery module based on multi-vents. *J. Energy Storage* **2021**, *40*, 102781. [\[CrossRef\]](#)
16. Suresh, S.; Zahira, R. Hardware Implementation of Two Stage Interleaved Boost Converter for Electric Vehicle Application. *Int. J. Veh. Struct. Syst. (IJVSS)* **2021**, *13*, 373–377. [\[CrossRef\]](#)
17. Guo, B.; Wang, F.; Aeloiza, E. A novel three-phase current source rectifier with delta-type input connection to reduce the device conduction loss. *IEEE Trans. Power Electron.* **2016**, *31*, 1074–1084. [\[CrossRef\]](#)



18. Lei, J.; Feng, S.; Zhao, J.; Chen, W.; Wheeler, P.; Shi, M. An improved three-phase buck rectifier topology with reduced voltage stress on transistors. *IEEE Trans. Power Electron.* **2019**, *35*, 2458–2466. [\[CrossRef\]](#)
19. Nakakohara, Y.; Otake, H.; Evans, T.M.; Yoshida, T.; Tsuruya, M.; Nakahara, K. Three-phase LLC series resonant DC/DC converter using SiC MOSFETs to realize high-voltage and high-frequency operation. *IEEE Trans. Ind. Electron.* **2015**, *63*, 2103–2110. [\[CrossRef\]](#)
20. Xue, L.; Shen, Z.; Boroyevich, D.; Mattavelli, P.; Diaz, D. Dual active bridge-based battery charger for a plug-in hybrid electric vehicle with charging current containing low-frequency ripple. *IEEE Trans. Power Electron.* **2015**, *30*, 7299–7307. [\[CrossRef\]](#)
21. Fernando, X. Electric Vehicles-The Mobile Portion of the Smart Grid. In *Smart Grid: Networking, Data Management, and Business Models*, 1st ed.; Mouftah, H., Erol-Kantarci, M., Eds.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2016. [\[CrossRef\]](#)
22. Rodríguez Alonso, A.; Vázquez Ardura, A.; González Lamar, D.; Hernando Álvarez, M.M.; Sebastián Zúñiga, F.J. Different purpose design strategies and techniques to improve the performance of a dual active bridge with phase-shift control. *IEEE Trans. Power Electron.* **2015**, *30*, 790–804. [\[CrossRef\]](#)
23. Huang, J.; Wang, Y.; Li, Z.; Lei, W. Unified triple-phase-shift control to minimize current stress and achieve full soft-switching of isolated bidirectional DC-DC converter. *IEEE Trans. Ind. Electron.* **2016**, *63*, 4169–4179. [\[CrossRef\]](#)
24. Wang, L.; Jiao, H.; Yang, G.; Li, J.; Zhang, Y. Current sharing compensation control method for interleaved current source isolated bidirectional DC/DC converters. *J. Power Electron.* **2022**, *1–9*. [\[CrossRef\]](#)
25. Sampath, S.; Rahman, Z.; Chenniappan, S.; Sundaram, E.; Subramaniam, U.; Padmanaban, S. Efficient Multi-Phase Converter for E-Mobility. *World Electr. Veh. J.* **2022**, *13*, 67. [\[CrossRef\]](#)
26. Zhang, Z.; Xie, S.; Shang, X.; Qian, Q.; Xu, J. Modeling and controller optimization for current-fed isolated bidirectional DC-DC converters. *J. Power Electron.* **2020**, *20*, 1592–1603. [\[CrossRef\]](#)
27. Geetha, E.; Maddah, M.; Khosravi, M.M.; Kokabi, A.; Samavatian, V. Dynamic enhancement of interleaved step-up/step-down DC-DC converters using passive damping networks. *J. Power Electron.* **2020**, *20*, 657–663. [\[CrossRef\]](#)
28. Meraj, M.; Bhaskar, M.S.; Iqbal, A.; Al-Emadi, N.; Rahman, S. Interleaved multilevel boost converter with minimal voltage multiplier components for high-voltage step-up applications. *IEEE Trans. Power Electron.* **2020**, *35*, 12816–12833. [\[CrossRef\]](#)
29. Lipu, M.S.; Faisal, M.; Ansari, S.; Hannan, M.A.; Karim, T.F.; Ayob, A.; Hussain, A.; Miah, M.S.; Saad, M.H. Review of electric vehicle converter configurations, control schemes and optimizations: Challenges and suggestions. *Electronics* **2021**, *10*, 477. [\[CrossRef\]](#)
30. Schafer, J.; Kolar, J.W. Three-port series-resonant DC/DC converter for automotive charging applications. *Electronics* **2021**, *10*, 2543. [\[CrossRef\]](#)
31. Chen, S.J.; Yang, S.P.; Huang, C.M.; Huang, P.S. Analysis and Design of a New High Voltage Gain Interleaved DC-DC Converter with Three-Winding Coupled Inductors for Renewable Energy Systems. *Energies* **2023**, *16*, 3958. [\[CrossRef\]](#)
32. Alghaythi, M.L. A Non-Isolated High Voltage Gain DC-DC Converter Suitable for Sustainable Energy Systems. *Sustainability* **2023**, *15*, 12058. [\[CrossRef\]](#)
33. Zakaria, A.; Marei, M.I.; Mashaly, H.M. A Hybrid Interleaved DC-DC Converter Based on Buck-Boost Topologies for Medium Voltage Applications. *E-Prime-Advances in Electrical Engineering. Electron. Energy* **2023**, *6*, 100301.
34. Liu, Y.; Francis, A.; Hollauer, C.; Lawson, M.C.; Shaikh, O.; Cotsman, A.; Bhardwaj, K.; Banboukian, A.; Li, M.; Webb, A.; et al. Reliability of electric vehicle charging infrastructure: A cross-lingual deep learning approach. *Commun. Transp. Res.* **2023**, *3*, 100095. [\[CrossRef\]](#)
35. Subashini, M.; Sumathi, V. Smart Charging for Zero Emission Vehicles—A Comprehensive Review. *Renew. Energy Focus* **2023**, *46*, 57–67. [\[CrossRef\]](#)
36. Emodi, N.V.; Akuru, U.B.; Dioha, M.O.; Adoba, P.; Kuhudzai, R.J.; Bamisile, O. The Role of Internet of Things on Electric Vehicle Charging Infrastructure and Consumer Experience. *Energies* **2023**, *16*, 4248. [\[CrossRef\]](#)
37. ElKashlan, M.; Elsayed, M.S.; Jurcut, A.D.; Azer, M. A Machine Learning-Based Intrusion Detection System for IoT Electric Vehicle Charging Stations (EVCSs). *Electronics* **2023**, *12*, 1044. [\[CrossRef\]](#)
38. Han, W.; Chau, K.T.; Jiang, C.; Liu, W.; Lam, W.H. Design and analysis of quasi-omnidirectional dynamic wireless power transfer for Flyand-Charge. *IEEE Trans. Magn.* **2019**, *55*, 1–9.
39. Devendiran, R.; Kasinathan, P.; Ramachandaramurthy, V.K.; Subramaniam, U.; Govindarajan, U.; Fernando, X. Intelligent optimization for charging scheduling of electric vehicle using exponential Harris Hawks technique. *Int. J. Intell. Syst.* **2021**, *36*,



5816–5844. [[CrossRef](#)]

40. Zheng, Y.; Shao, Z.; Zhang, Y.; Jian, L. A systematic methodology for mid-and-long term electric vehicle charging load forecasting:

The case study of Shenzhen, China. *Sustain. Cities Soc.* **2020**, *56*, 102084. [[CrossRef](#)]

41. Zhong, J.; Lei, X.; Shao, Z.; Jian, L. A Reliable Evaluation Metric for Electrical Load Forecasts in V2G Scheduling Considering Statistical Features of EV Charging. *IEEE Trans. Smart Grid.* **2024**. [[CrossRef](#)]