بررسی اثرات اتصال خودروها و موتورسیکلت‌های برقی بر کیفیت توان شبکه

محمدرضا خلقانی
تکتم شریفیان عطار
سید محسن صدر
داریوش یزدان‌پناه
شرکت برق منطقه‌ای خراسان

چکیده:
یکی از رایج‌ترین و سهل‌الوصول‌ترین وسایل نقلیه برقی برای عموم مردم، موتور سیکلت برقی است که نقش به‌سزایی در کاهش آلودگی‌های زیست محیطی دارد. از این رو در این تحقیق، جنبه‌های فنی به کارگیری این وسیله نقلیه مورد بررسی قرار گرفته است. در طی ماه‌های اخیر اداره‌کنندگان کلان‌شهرها در صدد تخصیص مشوق‌ها برای استفاده و جایگزینی موتورسیکلت برقی می‌باشند. باتری این وسیله نقلیه به منظور بارگیری به اتصال و تغذیه از شبکه توزیع برق نیازمند است. با توجه به وجود مبدل‌های الکترونیک قدرت در شارژر باتری، توان الکتریکی کشیده شده از سیستم توزیع دارای اعوجاجات بالایی می‌تواند باشد. کیفیت توان سیستم توزیع به دلیل وجود این اغتشاشات می‌تواند دستخوش مشکلاتی شود. در این تحقیق، در ابتدا به مشکلات کیفیت توان سیستم توزیع ناشی از بارگیری شارژرهای موتورسیکلت های برقی اشاره و سپس به ارائه راه‌حل‌هایی برای رفع این مشکلات پرداخته شده است. این راه‌حل‌ها به منظور هموار کردن اجرای پروژه به کارگیری موتورسیکلت‌های برقی در ناوگان حمل و نقل کشور پیشنهاد شده است.

کلید واژه: وسایل نقلیه سبک برقی، مبدل‌های الکترونیک قدرت، اتصال به شبکه، کیفیت توان.

مقدمه

با توجه به روند رو به رشد استفاده از موتورسیکلت‌های برقی در اکثر کشورهای دنیا و تولید این موتورها از سوی شرکت‌های بزرگ و مشکلات آلودگی هوا، زمینه استفاده از آن‌ها در سال‌های آتی در کشور دو چندان شده است. در برخی منابع متوسط میزان مصرف موتورسیکلت‌های برقی ۸ تا ۱۶ وات ساعت در هر مایل ذکر شده است [۱].
در برخی منابع، میزان مصرف موتورسیکلت‌های برقی وابسته به فن‌آوری باتری‌ها عنوان شده است.
لازم به ذکر است موتورسیکلت‌های برقی دارای تنوع زیادی از لحاظ توان، نوع باتری، حداکثر سرعت و شتاب دارند و در نتیجه بازه قیمتی آن‌ها بسیار متفاوت می‌باشد. انواع جدید موتورسیکلت‌های برقی نیازمند تجهیزات خاص برای شارژ می‌باشند و قابلیت اتصال به شبکه بدون زیرساخت خاص را ندارند. به تازگی نوع دیگری از موتورسیکلتهای برقی به بازار عرضه شده است که دارای قابلیت‌های منحصر به فردی است از جمله سرعت حداکثر ۱۵۰ مایل در ساعت و شتاب ۳ ثانیه از صفر تا ۶۰ کیلومتر را دارد. قدرت این وسیله، ۱۶۰ اسب بخار معادل ۱۲۰ کیلووات است. باتری استفاده شده در این موتورها از نوع لیتیوم-یون می‌باشد [۲].
موتورهای جدید دیگری، قابلیت شارژ بدون نیاز به تجهیزات جانبی را دارند [۳]. این موتورها در گاراژ خانه یا پارکینگ محل کار به راحتی با اتصال به پریزهای برق معمولی قابلیت شارژ را دارا می‌باشد.
هم اکنون چند مدل از موتورسیکلت‌های برقی در داخل کشور نیز در بازار عرضه می‌گردد.

طرح‌های شارژ باتری

به طور کلی موفقیت وسایل حمل و نقل برقی به شدت وابسته به ایستگاه‌های شارژ است که برای دسترسی آسان ساخته شده‌اند. اولین مکان مورد نظر برای ایستگاه‌های بارگیری می‌تواند خانه ها و محل کار باشد. سایر موقعیت‌ها با جمعیت بالا از قبیل پمپ بنزین‌ها، مراکز خرید، رستوران‌ها، مراکز تفریحی، مناطق استراحت در کنار اتوبان، اماکن شهری و مدارس می‌تواند باشد.

استانداردهای مختلفی در رابطه با بارگیری وسایل نقلیه برقی وجود دارد که در جدول ۱ آورده شده است [۴]. این جدول تعدادی از استانداردهای موجود را خلاصه کرده است. با توجه به تحولات زیاد این زمینه، این استانداردها ممکن است با اصلاحاتی به روز شوند یا با استانداردهای جدید در آینده نزدیک عوض شوند.

جدول ۱: استانداردهای مربوط به بارگیری خودرو برقی

استانداردها	عنوان/ توصیف
National Electric Code Article 625	Electric Vehicle Charging System
SAE J2293	Energy Transfer System for Electric Vehicles
SAE J2836	Recommended Practice for Communication between Plug-in Vehicles and Utility Grid
SAE J1772	Electric Vehicle Conductive Charge Coupler
SAE J1773	Electric Vehicle Inductively Coupled Charging
IEC 62196	Plugs, socket outlets, vehicle couplers and vehicle inlets Conductive charging of electric vehicles
IEEE 1547.3	Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems

به علاوه الزامات کیفیت توان (ولتاژ، فرکانس و هارمونیک‌ها) برای وسایل نقلیه برقی، توجه شرکت‌های ذی نفع را به سطوح توان بارگیری این وسایل جلب کرده است. بنا بر استاندارد J1772 جامعه مهندسین وسایل نقلیه موتوری سه سطح بارگیری برای این وسایل وجود دارد که در جدول ۲ آمده است [۵ و۶]:

جدول ۲: سطوح توان بارگیری وسایل نقلیه برقی

توان بارگیری متعارف	سطوح بارگیری
۱۵-۳ کیلووات	سطح ۱
۲۰-۱۰ کیلووات	سطح ۲
۴۰ کیلووات به بالا	سطح ۳

سطوح ۱ و ۲ برای منازل و مجتمع‌های مسکونی مناسب است. اگر برای مثال ۲ کیلو وات بمنظور متوسط توان مورد نیاز یک خانه عادی در آمریکای شمالی در نظر گرفته شود، سپس بارگیری از سطح ۱ حدود ۷۰-۱۰۰ درصد از توان مصرفی منزل است. سطح توان بارگیری سطح ۲ می تواند حدود ۵ برابر سطح ۱ باشد. طبق استاندارد SAE J1772 سطح اول از ولتاژ AC ۱۲۰ ولت با ماکزیمم جریان ۱۲ آمپر و سطح دوم از ولتاژ AC ۲۴۰ ولت و ماکزیمم جریان ۳۲ آمپر تغذیه می شوند [۷]. لازم به ذکر است که استانداردهای بسیار زیادی در مقوله وسایل نقلیه برقی مطرح هستند. برای نمونه موسسه EPRI برای سطح اول جریان ۱۵ یا ۲۰ آمپر و برای سطح دوم جریان ۴۰ آمپر را تعریف کرده است [۸]. در بسیاری از کشورها، سطح بندی انحصاری تعریف شده است. برای نمونه در فنلاند سطح ۱ دارای توان بارگیری ۳ کیلووات، جریان ۱۶ آمپر، ولتاژ ۲۳۰ ولت و به صورت تکفاز AC در مدت زمان بارگیری ۱۰ تا ۱۲ ساعت (با نام بارگیری کند) می‌باشد. سطح دوم دارای توان بارگیری ۱۰ کیلووات، مدت زمان بارگیری ۳ ساعت، ۱۶ آمپر، ۴۰۰ ولت و به صورت ۳ فاز AC (با نام نیمه سریع) می باشد [۹]. به طور کلی ظرفیت باتری وسیله نقلیه برقی قابل وصل به شبکه (plug-in) می تواند از ۲ کیلووات تا ۱۸ کیلووات تغییر کند. این میزان توان همان سطح معمول در مشترکین خانگی است [۱۰].

سطح سوم برای بارگیری سریع می‌باشد که می‌تواند با یک ساعت بارگیری یک وسیله نقلیه، تا حدود ۳۰۰ کیلومتر حرکت کند. این شارژر باید خارجی باشد، چون توان بارگیری می‌تواند بیشتر از ۱۰۰ کیلووات باشد که بسیار بیشتر از سطح ۱ و سطح ۲ هست. در این روش، بارگیری به شکل DC است و از ماکزیمم ولتاژ ۶۰۰ ولت و ماکزیمم جریان ۴۰۰ آمپر بهره می‌گیرد [۷]. این سطح مطابق EPRI با ولتاژ ۴۸۰ ولت و جریان ۶۰-۸۰ آمپر تغذیه می‌شود [۸]. سطح سوم در استاندارد فنلاند دارای توان نامی ۵۰ کیلووات، مدت زمان بارگیری ۱۵-۳۰ دقیقه، جریان ۱۲۵ آمپر، ولتاژ ۴۰۰ ولت و بارگیری DC با شارژر خارجی (با نام بارگیری سریع) می‌باشد [۹]. بدیهی است که سطح ۳ برای مصرف خانگی مناسب نیست. اما ممکن است برای یک کمپانی با یک ناوگان وسایل نقلیه برقی طرح بهتری باشد. مجموع توان و زمان که برای شارژ شدن یک گروهی از خودروهای نقلیه با هم در یک سطح کم شارژ می‌شوند می‌تواند مشابه با بارگیری سریع هر یک از خودروها به ترتیب باشد. اما، این نکته که برای یک خودرو برقی در یک ناوگان به سرعت در کمتر از ۱۰ دقیقه شارژ شود بسیار مفید ارزیابی می‌شود.

مشکلات کیفیت توان در شبکه ناشی از حضور وسایل نقلیه برقی

کیفیت توان یکی از مشکلات شبکه در زمان بارگیری باتری‌های قدرت بزرگ است. از آن جایی که باتری موتورسیکلت‌های برقی معمولا جریان پایینی از شبکه جهت شارژ دریافت می‌دارد لذا جز باتری‌های کوچک به حساب می‌آید و مشکل جدی در ارتباط با کیفیت توان برای شبکه ایجاد نمی‌نماید.
به طور کلی چون باتری در سطح DC کار می‌کند، یکسوسازی (مبدل AC به DC) مورد نیاز است. برای این منظور لازم است که سیگنال AC با یکسوسازی DC شود و همچنین به وسیله یک مبدل DC/DC به سطح ولتاژ DC دیگری تبدیل شود. هر دوی این فرآیندها اغتشاش هارمونیکی تولید می‌کنند [۱۱].
برای طراحی سنتی یکسوسازها، برای مثال یکسوساز دیود خازن و یکسوساز تریستوری کنترل شده جریان کشیده شده توسط این شارژرهای باتری منجر به اغتشاش هارمونیکی بالا و ضریب توان پایین می‌شود. این عوامل و مشکلات اضافه بار منجر به گرمای ترانسفورماتورها و کابل‌ها و تریپ بریکرها و افزایش جریان زمین می‌شود [۱۲ و ۱۳]. از میان این تجهیزات، ترانسفورماتورها به عنوان المان‌های حیاتی و گرانقیمت برای بهره‌برداری مناسب سیستم‌های توزیع مهمترین تجهیز درنظر گرفته می‌شود. بطور کلی ترانسفورماتورهای توزیع برای تغذیه بارها با فرکانس نامی طراحی می‌شوند. بمنظور اجرای مطالعات روی اثرات بارگیری وسیله نقلیه برقی روی تجهیزات شبکه توزیع، اولین گام پیش بینی بار شارژرها است. تحقیق در این مبحث به دهه ۱۹۸۰ بر می‌گردد که [۱۴] مطالعاتی در این زمینه دارد. در [۱۵] از برنامه‌ریزی پویا بمنظور بررسی اثرات بارگیری وسیله نقلیه برقی روی تلفات قدرت و تغییرات ولتاژ در شبکه‌های توزیع در مناطق مسکونی بهره گرفته شده است. همچنین اخیرا در [۱۵]، تحقیقی صورت گرفته که اگر الگوهای بارگیری وسیله نقلیه با تعرفه‌های ساختار یافته کنترل شوند سود زیادی کسب می‌شود.
بر اساس [۱۶] می‌توان گفت با وجود اینکه بسیاری از صنعتگرها و محققین ادعای طراحی شارژرهایی با مقدار THD بسیار پایینی دارند، اما شارژرهای تجاری با مقادیر THD با بیش از ۶۰ درصد را می توان

پیدا کرد. در یک گزارش که اخیرا چاپ شده است مقدار THD جریان ورودی در ابتـدای بارگیـری ۲٫۳۶درصد و ۵٫۲۶درصـد و در انتهای بارگیـری تا ۲۸درصد اعلام شده است [۱۰]. اما تعدادی از محققین مقادیـر THDکمتری بین ۱ تا ۲ درصد با ضریب توان نزدیک به یک را درسـت می‌دانند [۱۷]. بنابراین هیچ توافق کلی برای مقادیر THD تولیـد شده توسط شارژرهای باتری مختلف وجـود ندارد. تعدادی از محققین این شارژر را به‌عنوان بار بشدت آلوده کننده با مقدار متوسط THD حـدود ۳۰درصد در نظـر می‌گیرنـد [۱۸]. در این روش یک مطالعه آماری سنگین براساس روش مونت کارلو انجام شده است که عدم قطعیت در تنوع بـار به علت زمان‌های آغازین مختلف، وضعیت اولیـه متغیرهای باتـری و پروفایل‌های مختلف بارگیـری را بررسی می‌کنـد. مجموعه طیف هارمونیکـی جریان مرسـوم در شارژرهای وسایل نقلیه متصل به شبکه در جدول ۳ آمده است:

بنابـر استانـدارد IEEE Standard 519-1992، این نـوع بارها با این محتـوای هارمونیکـی مورد قبول نیست. اثر خالـص یک مجموعه از شارژرهای وسیله نقلیه برقی برابر جمع عددی مقادیر THD که شامل دامنه‌ها و زوایای فاز مولفه‌های هارمونیکی می‌شود، نیست. اثر حذف هارمونیـک فاز به‌خصوص برای مراتـب هارمونیکی بالاتر رخ می‌دهد [۱۰].

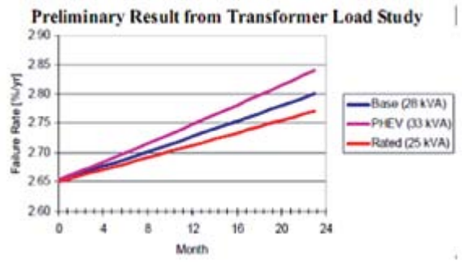
جدول ۳: طیف هارمونیکی استفاده شده برای مدلسازی غیرخطی بودن بار در حال شارژ

مرتبه هارمونیک	دامنه (پریونیت)	فاز (درجه)
۱	۱	۰
۵	۰.۲۵	-۶۸
۷	۰.۱۷	-۴۱
۱۱	۰.۰۹	-۴۱
۱۳	۰.۰۵	-۲۰
THD%	٪۳۱.۹	

اثر بارگیری وسیله نقلیه برقی روی ترانسفورماتورها

دمـای بـالای توسط جریـان اصلی و دمـای اضافـی به‌خاطر وجود هارمونیک‌ها (به علت تلفات)، آثار بارگیری باتری روی ترانسفورماتورها هستنـد. توزیع جریـان غیریکنواخت در سیم بنـدی (اثر پوستی) و جریـان نشتی از شار الکترومغناطیسی منجر به تلفات اضافی می‌شود [۱۳]. بدیـن معنی کـه کاهش عمر بوسیله دمـای نقطه داغ مطرح می‌شـود. کاهش در عمر ترانس می‌تواند بـا کاهش بار کمتر شود. با استفاده از تلفات جریان گردشی سیم پیچ، دامنه‌های هارمونیک‌های جریـان و مقادیر مرتبه هارمونیکی، عامـل K می‌تواند محاسبه شود. به‌طـور کلی برای ترانسفورماتورهایی که اغتشاش هارمونیکی آن‌ها از ۵درصد بیشتر شود derating در ترانس در نظر گرفته می‌شود [۱۹]. در ولتـاژ بارگیری معین و فرضـه‌ای زمان‌بندی، یک متوسط کمتر از یک وسیله نقلیه متصل بـه شبکه در هر خانوار می‌تواند مقدار اضافه بـار ترانس مجاور را افزایش دهد. یک ترانس مجاور معمولی ۲۵ کیلو ولـت آمپـر قادر است ۵ تا ۷ خانوار عـادی را تغذیه کند. در سطح ۲ بارگیری (برای مثال، در ۶٫۶ کیلووات) یک وسیله نقلیه برقی می‌تواند بـار تامینـی از ترانس را افزایش دهد. این بـار افزایش یافته می‌تواند به‌صورت بار اضافی خانوار معادل شود، طوری‌که یک بارگیری وسیله نقلیه متصل به شبکـه در ۱۲۰ ولت (۱٫۴ کیلووات) معادل یک سوم بار یک خانواده است [۲۰].

آزمایشگـاه PNNL در ایـن بحـث نتایجی را عرضه کـرده است. در این تحلیـل، افزایش بار وسیلـه نقلیه متصل به شبکـه، نرخ خرابی ترانسفورماتورهـا را در پریود دو ساله افزایش داده است [۲۱] که این نتیجه در شکل ۱ آمده است.



شکل ۱: نرخ خرابی ترانسفورماتور با وجود وسیله نقلیه برقی

بار وسیله برقی می‌تواند یک اثـر اضافی بر روی ترانسفورماتور توزیع داشتـه باشد. درحالیکه افزایش بـار از بار نامی نرمال منجر به خرابی تجهیـز نشود، این امر قطعا بـر کاهش عمر کاری ترانس موثر خواهد بـود. مقداری که بارگیری وسیله نقلیه برقـی می‌تواند بر عمر ترانس تاثیر بگذارد در جدول ۴ نمایش داده شده است [۲۲].

جدول ۴: پیری ترانس با تعدد وسیله نقلیه برقی

تعداد وسیله نقلیه برقی	پیری بر سال (درصد از عمر نرمال)			
	۲۴۰ولت، ۳۰ آمپر	۲۴۰ولت، ۳۰ آمپر	۱۲۰ولت، ۱۲ آمپر	۱۲۰ولت، ۱۲ آمپر
	بار پایه	پیک	بار پایه	پیک
۰	٪۰.۶	٪۰.۶	٪۰.۶	٪۰.۶
۱	٪۰.۸۴	٪۱.۷۲	٪۰.۶۴	٪۱.۰۵
۲	٪۲.۷۵	٪۹.۱۶	٪۰.۷۱	٪۱.۹۹
۳	٪۲۰.۲۲	٪۶۹.۰۲	٪۰.۸۳	٪۳.۹۹

شکل بار مبنا برای ترانس ۲۵ کیلوولت آمپر دارای ۹۰ درصد بار نامی ترانسفورماتور و ضریب بـار ۴۴ درصد فرض شده است. وسایل نقلیه برقی اضافـی با پروفیل شارش به عنوان فرم بار معادل ترانسفورماتور درنظـر گرفته شده اسـت. در این گزارش عمر کـاری ترانسفورماتور ۲۰٫۵۵ سـال در نظـر گرفته شده اسـت [۲۲]. در تعـداد زیادی از تحقیقات مشخص شده است که اغتشاش هارمونیکی، افزایش دما، نرخ نفوذ وسیله نقلیه برقی (تعداد این وسایل نسبت به تعداد ترانس‌ها) و مشخصه های بارگیری عمر ترانس را کاهش می‌دهد [۲۲].

راه‌حل‌های پیشنهادی

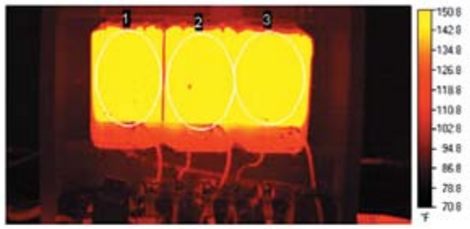
بـا توجه به اینکه وجود وسایل نقلیه برقی بر روی کیفیت توان شبکه توزیـع کاملا واضح نیسـت و همچنین این آثـار می‌توانند پیامدهای غیرمطلـوب در تجهیزات سیستم توزیع خصوصـا ترانسفورماتورهای توزیع داشته باشند، بررسی راه‌حل‌های پیشنهادی بسیار مهم ارزیابی می‌شود. بدین منظور چندین راه حل در ذیل آورده شده است:

۱- استفـاده از ترانسـفورماتورهای Derating : هارمونیک‌های تولید شـده توسط بارهای غیر خطـی می‌توانند مشکلات حرارتی و گرمائی خطرناکی را در ترانسفورماتورهای توزیع استاندارد ایجاد نمایند. حتی اگر توان بار خیلی کمتر از مقدار نامی آن باشد، هارمونیک‌ها می‌توانند باعث گرمای بیش از حد و صدمه دیدن ترانسفورماتورها شوند. جریان های هارمونیکی تلفات فوکو را بشدت افزایش می‌دهند. به همین دلیل سازنده‌هـا، ترانسفورماتورهای تنومنـدی را ساخته‌اند تا اینکه بتوانند تلفـات اضافی ناشـی از هارمونیک‌ها را تحمل کننـد. سازنده‌ها برای رعایـت استاندارد یک روش سنجش ظرفیت، به‌نـام عامل K را ابداع کرده‌انـد. در اساس عامـل K نشان دهنده مقـدار افزایش در تلفات فوکـو است. بنابرایـن ترانسفورماتور عامل K می‌تواند بـاری به اندازه ظرفیـت نامی ترانسفورماتور را تغذیـه نماید مشروط براینکه عامل K بـار غیر خطی تغذیه شده برابر با عامل K ترانسفورماتور باشد. مقادیر استاندارد عامل K برابر با ۴، ۹، ۱۳،۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ می‌باشند. این نوع ترانسفورماتورها عملاً هارمونیک را از بین نبرده تنها نسبت به آن مقاوم می‌باشند. این ترانس‌ها ممکن است زمان نفوذ زیاد وسایل نقلیه برقی دچار مشکل شوند. همچنین استفاده از این ترانس‌ها معایب دیگری نیز دارد که از جمله آن‌ها بازده کمتر، مشکل تعمیرات احتمالی بلندمدت (اضافه بار) و تریپ اشتباه حفاظت اضافه جریان هستند [۲۳].

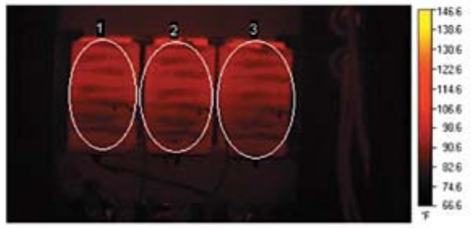
۲- بهره گیـری از ترانسـفورماتورهای HMT (Harmonic Mitigating Transformer): نـوع دیگر از ترانسفورماتورهـای سازگار با هارمونیک ترانسفورماتورهای HMT هستند که از صاف شدن بالای موج ولتاژ به واسطه بریده شـدن آن جلوگیری می‌کند. HMT طوری ساخته شده است کـه اعوجاج ولتاژ سیستم و اثرات حرارتـی ناشی از جریان‌های هارمونیک را کاهش می‌دهـد. HMT این کار را از طریق حذف فلوها و جریـان هـای هارمونیکی ایجاد شده توسط بـار در سیم‌پیچی‌های ترانسفورماتور انجام می‌دهد.

چنان‌چه شبکه‌هـای توزیع نیروی برق مجهز بـه ترانسفورماتورهای HMT گردنـد می‌توانند همه نوع بارهای غیـر خطی (با هر درجه از غیـر خطی بودن) را بدون اینکه پیامدهای منفی داشته باشند، تغذیه نمایند. بـه همین دلیل در اماکنی که بارهـای غیر خطی زیاد وجود دارد از ترانسفورماتور HMT به‌صورت گسترده استفاده می‌شود. مزایای ترانسفورماتور HMT عبارتند از:

- می‌توان از عبور جریان مؤلفه صفر هارمونیک‌ها (شامل هارمونیک‌های سوم ، نهم و پانزدهم) در سیم پیچی اولیه، از طریق حذف فلوی آن‌ها در سیم پیچی‌های ثانویه جلوگیری کرد.
- ترانسفورماتورهای HMT با یک خروجی در دو مدل با شیفت فازی متفـاوت ساخته می‌شونـد. وقتی که هر دو مدل بـا هم بکار می‌روند می‌توانند جریان‌هـای هارمونیک پنجم، هفتم، هفدهـم و نوزدهم را درقسمت جلوئی شبکه حذف کنند.
- ترانسفورماتورهـای HMT بـا دو خروجی می‌تواننـد مولفه متعادل جریان‌هـای هارمونیک پنجم، هفتم ، هفدهـم و نوزدهم را در داخل سیم پیچی‌های ثانویه حذف کنند.
- ترانسفورماتورهـای HMT با سه خروجـی می‌توانند مولفه متعادل جریان‌هـای هارمونیک پنجم، هفتـم ، یازدهم و سیزدهم را در داخل سیم پیچی ثانویه حذف کنند.
- کاهش جریان‌های هارمونیکی در سیم پیچی‌های اولیه HMT باعث کاهش افت ولتاژهای هارمونیکی و اعوجاج مربوطه می‌شود.
- کاهش تلفات تـوان به علت کاهش جریان‌های هارمونیکی به‌منظور نمایـش کاهـش اثـر هارمونیکـی در ترانس‌هـای HMT نسبت به ترانسفورماتورهـای استاندارد، اسکن دمایی هـر دو ترانسفورماتور در



شکل ۲: اسکن دمایی ترانسفورماتور استاندارد در حضور بار غیر خطی [۲۴]



شکل ۳: اسکن دمایی ترانسفورماتور HMT در حضور بار غیر خطی [۲۴]

همچنین برای داشتن یک مقایسه کامل‌تر، تلفات و بازده این دو ترانس در بارگذاری‌های مختلف در جدول ۵ آمده است [۲۴].

جدول ۵: تلفات و بازده دو ترانس استاندارد و HMT در درصد بارهای مختلف

ترانسفورماتور HMT		ترانسفورماتور استاندارد		
بازده (٪)	تلفات (وات)	بازده (٪)	تلفات (وات)	درصد بار٪
۹۸.۳	۱۹۹	۹۷	۳۴۷	۱۵
۹۸.۸	۲۴۳	۹۷.۸	۴۲۷	۲۵
۹۸.۹	۲۹۸	۹۸	۵۳۴	۳۵
۹۸.۸	۴۷۳	۹۸	۸۰۲	۵۰
۹۸.۵	۹۰۴	۹۷.۵	۱۴۲۰	۷۵

همانطـور که از این جدول مشخص اسـت، در تمامی درصد بار بازده ترانس HMT بیشتر از ترانس استاندارد است.

می‌توان گفت ترانسفورماتورHMT باعث ایجاد اعوجاج ولتاژ خیلی کمتری در مقایسه با ترانسفورماتورهای معمولی یا ترانسفورماتور عامل K می‌شود.

۳- بهره‌گیری از زیرساخت شـبکه‌های هوشـمند در سیستم توزیع کشـور: با استفـاده از شبکه‌های هوشمند می‌تـوان بار مشترکین در سیستـم توزیع را مدیریت کرد. با وجود این شبکه، یک راه حل ساده می‌توانـد صدور مجوز اتصال به شبکه به‌صـورت همزمان باشد [۲۴]. بدیهی اسـت که این ساختار سیستم قـدرت به‌آسانی و در زمان کم نمی‌تواند در سیستم قدرت کشور به کار گرفته شود.

نتیجه گیری

در ایـن تحقیـق اتصـال شارژرهای وسایـل نقلیه برقی بـه شبکه و مشکلات کیفیت تـوان سیستم توزیع ناشی از آن بررسی شده است. تنوع در ساختـار مبدل‌های شارژرها و وضعیت شبکه توزیع منجر به

ارائــه استانداردهای متنوع در این زمینه شده است. در کشور بایستی استانداردهــای مختلف در این زمینــه با توجه به شرایط شبکه توزیع بــرق هر منطقه تدوین شود. ســه راه حل برای رفع مشکلات کیفیت توان برای اتصال خودروهای برقی به شبکه پیشنهاد داده شده است. با توجه به اینکه ترانسفورماتورهای توزیع در کیفیت توان پایین سیستم با مشکلاتی از قبیل کاهش عمر مفید، کاهش راندمان و افزایش تلفات همــراه هستند، دو راه حل اول مناسب‌تــر به‌نظر می‌رسند. به عبارت دیگــر، استفاده از ترانسفورماتورهای عامــل k و یا ترانس‌های HMT نسبــت به راه حل سوم کــه بهره‌گیری از شبکــه هوشمند است، در شرایط کنونی سیستم توزیع قدرت عملی‌تر می‌باشند.

لازم بــه توضیــح است با توجه به پایین بودن جریــان شارژ باتری در موتورسیکلت‌های برقی، اتصال این وسایل به شبکه اثر چندانی بر روی شبکه توزیع نداشته و با ورود آن‌ها چالش جدی برای شبکه برق ایجاد نمی‌گــردد. اگر چه لازم است در کیفیت تجهیــزات مربوط به شارژر آن‌ها دقت لازم به عمل آید. ضمن آن که ایستگاه‌های شارژ بزرگ که بــه صورت همزمان وظیفه شارژ تعداد زیادی موتورسیکلت برقی را به عهده دارند شرایطی مشابه با خودروی برقی دارند.

مراجع

[1] www.atob.org.uk
[2] https://www.mission-motorcycles.com/r
[3] http://www.zeromotorcycles.com/zero-ds/features.php
[4] R. Garcia-Valla, J.A. Pecas Lopes, “Electric Vehicle Integration into Modern Power Networks: Electric Vehicle Battery Technologies,” Chapter 2, 2013
[5] Dhameja S (2002) Electric vehicle battery systems .Newnes, Boston
[6] Pokrzywa J (2010) SAE Taipei: SAE ground vehicle standards Smart Grid. http://sae-taipei.org.tw/image/1283265726.pdf
[7] “SAE Electric Vehicle Conductive Charge Coupler,” SAE Std J1772, November 2001.
[8] Morrow K., Karner D., Francfort J., U.S. Department of Energy Vehicle Technologies Program – Advanced Vehicle Testing Activity Plug-in Hybrid Electric Vehicle Charging Infrastructure Review. Battelle Energy Alliance,Tech. Rep. 58517 (2008).
[9] G4Vtm - Grid for Vehicle. Parameter manual. 2010. 138 p.
[10] R. Liu, L. Dow, E. Liu, " A Survey of PEV Impacts on Electric Utilities" IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference, CA, USA, January 17-19, 2011.
[11] C. Farmer, et al, “Modeling the Impact of Increasing PHEV Loads on the Distribution Infrastructure,” This paper appears in: System Sciences (HICSS), 2010 43rd Hawaii International Conference, January 2010.
[12] Bass, R., Harley, R., Lambert, F., Rajasekaran, V.& Pierce, J. (2001). Residential harmonic loads and ev charging, Proceedings of Power Engineering Society Winter Meeting, IEEE, Atlanta, USA, pp.803–808.
[13] Gomez, J. & Morcos, M. (2003). Impact of ev battery chargers on the power quality of distribution systems, IEEE Transactions on Power Delivery Vol. 18 (No.3): 975–981.
[14] Rotering N., Ilic M., Optimal Charge Control of Plug-In Hybrid Electric Vehicles in Deregulated Electricity Markets. IEEE Trans Power Systems 26: 1021-1029 (2011).
[15] Clement-Nyns K., Haesen E., Driesen J., The impact of charging plug-in hybrid electric vehicles on a residential distribution grid. IEEE Trans Power Systems 25: 371-380 (2010).
[16] Gomez J.C., Marcos M.M., Impact of EV battery chargers on the power quality of distribution systems. IEEE Trans Power Delivery 18: 975-981 (2003).
[17] J. Gomez and M. Morcos, “Impact of EV Battery Chargers on the Power Quality of Distribution Systems,” IEEE Power Engineering Review, October 2002.
[18] Staats P.T., Grady W.M., Arapostathis A., Thallam R.S., A statistical method for predicting the net harmonic currents generated by a concentration of electric vehicle battery chargers. IEEE Trans Power Del. 12: 1258-1266 (1997).
[19] Lambert F., Secondary distribution impacts of residential electric vehicle charging. Public Interest Energy Res. (PIER), California Energy Commission, Tech. Rep. 373 (1999).
[20]http://docs.cpuc.ca.gov/PUBLISHED/FINAL_DECISION/106042-02.htm#P112_22818
[21] M. Kintner-Meyer, et al, “Grid Analysis for Transforming the Transportation Sector from Fossil Fuel to Electricity,” RDSI Program Review, October 2008.
[22] A. Maitra, et al, “Integrating PEV with the Distribution System,” C I R E D 20th International Conference on Electricity Distribution, June 2009.
[23] H. Jouybari-Moghaddam, S.H. Hosseinian, A. Alimardani, “Application of a Probabilistic Approach to Distribution Transformer Derating Calculation,” 17th Electric Power Distribution Conference (EPDC), Tehran, Iran, 2012.
[24] Technical Data TD00904007E, "Comparing Electrical Losses between Standard Delta-Wye & Harmonic Mitigating Transformers (HMT)" Eaton Corporation, Eaton.com.