

طراحی و ساخت مبدل DC/DC دو مسیری چند مرحله ای برای یکسان سازی شارژ باتری و چرخه پیل سوختی

جعفر آقازاده^۱، وحید بزاز بنابی^۲، فرید جعفرزاده کوچکی^۳
دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، گروه مهندسی برق، تبریز، ایران
agazadeh_jafar@yahoo.com

چکیده

سری های متصل به بسته باتریها یکی از اجزای مهم و اقتصادی در بین سیستم های ذخیره انرژی در چرخه پیل سوختی می باشند این سری ها پاسخ دینامیک سریع و موثر را برای محرک الکتریکی ایجاد می کنند یکسان سازی شارژ باتری ها در طراحی سیستم مدیریتی باتری گنجانده شده است که دلیل آن تأثیر مهم آنها در چرخه باتری ها می باشد. وضعیت یکنواخت در شارژ باتری ها می تواند عملکرد باتری رشته ای را افزایش دهد و لذا در چرخه محرکه شهری، باتری رشته ای نیاز به شارژ و د شارژ شدن دارد که نیازه تلاش بیشتر برای شارژ سریع باتری را ایجاد می کند. این مقاله مبدل dc/dc دو مسیری و چند مرحله ای جدیدی را مطرح می کند که بایک الگوریتم جدید کنترل و مرحله انتقال و شارژ را انجام می دهد و قادر به فراهم آوردن توازن سریع در شارژ باتریهای رشته ای در کاربردهای چرخه پیل سوختی می باشد. این حالت عملکرد اصلی شارژ یا مبدل را ارائه و یکسان سازی شارژ و الگوریتم شارژ سریع را بحث می کند.

کلمات کلیدی: برابر سازی شارژ باتری، سیستم ذخیره انرژی، الگوریتم کنترل، باتری رشته ای.

^۱ دانش آموخته مهندسی برق دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز

^۲ دانشجوی مهندسی برق دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، bazzaz_vahid1988@yahoo.com

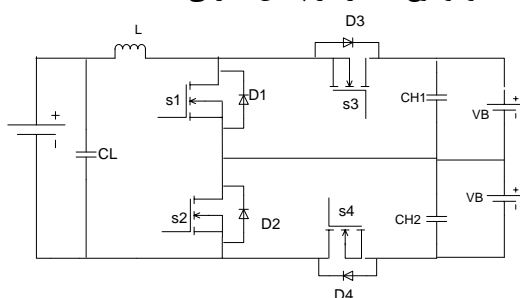
^۳ دانشجوی مهندسی برق دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، jafarfarid66@yahoo.com

۱. مقدمه

سریع در باتری اسید-سرب استفاده می شود که با استفاده از مبدل مطرح شده بررسی می شود.

۲. مبدل دو مسیری چند سطحی dc/dc

مبدل دو مسیری چند سطحی dc/dc یک مبدل سه سطحی با ایجاد دو مسیر می باشد که در شکل (۴) نشان داده شده است. جریان نیروی دو مسیری می تواند با کنترل مناسب چهار سوئیچ بدست آید. این الگوهای سوئیچینگ و مبدل پیشنهادی در نمودار شکل (۲) نشان داده و دو نوع عمگر در پایین معرفی شده است.



شکل ۱: مبدل dc-dc دو مسیری چند مرحله ای.

A: اجرای حالت تقویت

در عملیات حالت تقویت S_1, S_2 بعنوان کلیدهای اصلی S_3, S_4 کلیدهای مکمل می باشند. در زمان نمونه T_0, S_1 شروع جریان در طول S_2, S_1 افزایش جریان القاگر ورودی در زمان T_1 در نمودار شکل (۳a) نشان داده شده است در طول فاصله (T_1, T_2) ، S_1 بسته می شود D_3 با تحریک روشن شده و خازن CH_1 شارژ شده و جریان القاگر ورودی مانند نمودار شکل (۳b) افت می کند بعضی روشها در طول فاصله (T_2, T_3) و بین (T_0, T_1) می باشند همانطوریکه در نمودار (۳d) نشان داده شده در طول (T_3, T_4) ، S_2 باز است و خازن CH_2 شارژ می شود و جریان القاء کاهش می یابد

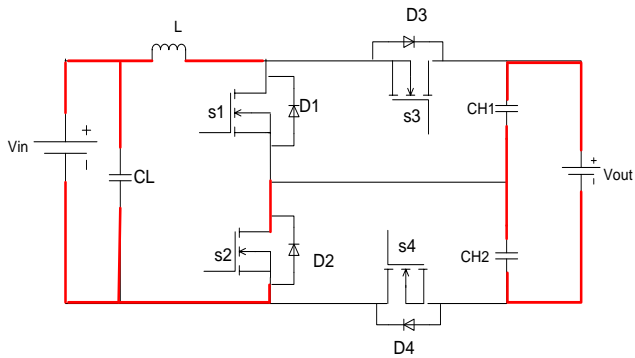
پیل سوختی مزیت هایی نسبت به سوخت های فسیلی امروزی و دیگر منابع تجدید پذیر در موارد آلودگی، انتشار و ثبات تأمین و غیره دارد این مورد در صنایع اتوماتیک مهم می باشد. هزینه بالا و پاسخ دینامیک آهسته در سیستم پیل سوختی برای کاربردهای سیستم موتوری مشکل می باشد. سیستم ذخیره انرژی (ESS) با باتریها بعنوان منبع برگشت اصلی، راه حل اقتصادی برای حرکت محرک های چرخه دار بعنوان نیروی جریان دو مسیری می باشد.

- تبادل بین پیل سوختی و سیستم مبدل یا شارژر
- برابر سازی شارژ چند پیل
- قابلیت شارژ سریع برای چرخه های حرکتی مختلف

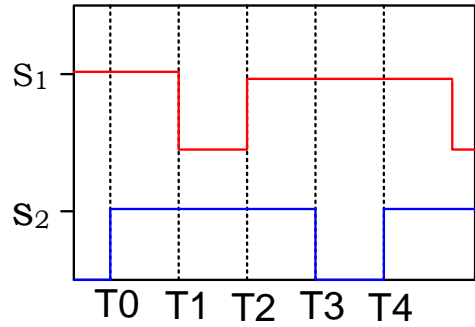
حرکت آهسته واحد اصلاح سوخت در سیستم پیل سوختی عملکرد سیستم کلی را با ثابت زمان مکانیکی بزرگی قفل می کند. داده های آزمایش (۲) و (۳) انجام شده نشان می دهد که پیل سوختی قادر به دسترسی به جریان با فرکانس پایین تر از 0.5 HZ و تا 10 KHZ می باشد بنابراین برای سیستم ذخیره انرژی و کنترل مناسب رو به پایین مبدل توان تقاضا می شود.

بسته های باتری با اسید و سرب معمولاً متصل به سرهایی برای تأمین 250V تا 400V رابط ولتاژ محرک می باشند از اینرو یکسان سازی شارژ به مراقبت مخصوص نیاز دارد این مورد به برابر سازی چرخه عمر باتری و عملکرد کلی باتری رشته ای برای درایو سیستم دارد. چرخه محرکهای مختلف تلاش برای سیستم مدیریت باتری در اجرای عمل شارژ می باشند. شارژ جریان ثابت و شارژ دو مرحله ای و عملیات مکرر روشن یا خاموش در چرخه های محرک شهری داخلی قانع کننده هستند هدف شارژ پالس، اجرا و فراهم کردن شارژ سریع است.

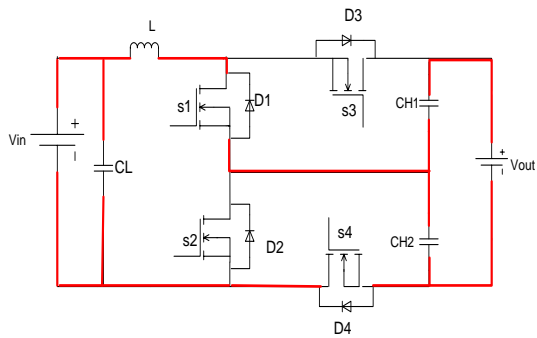
برای حل مشکلات بالا مبدل دو مسیری جدید dc/dc پیشنهاد کرده ایم در این بخش الگوهای سوئیچینگ و حالت اجرای مبدل ارائه شده است اهداف کنترل فاز انتقال برای اجرای برابر سازی شارژ باتری و شارژ پالس



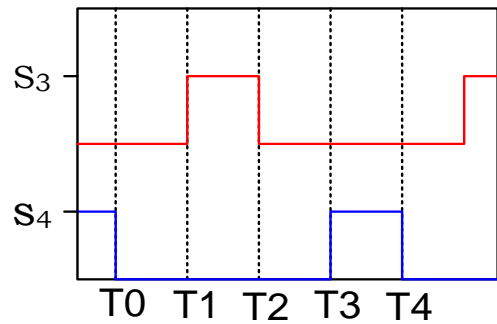
(c)



شکل ۲(a): نمونه سوئیچینگ حالت تقویت.



(d)



شش

کل ۲(b): نمونه سوئیچینگ حالت کاهش.

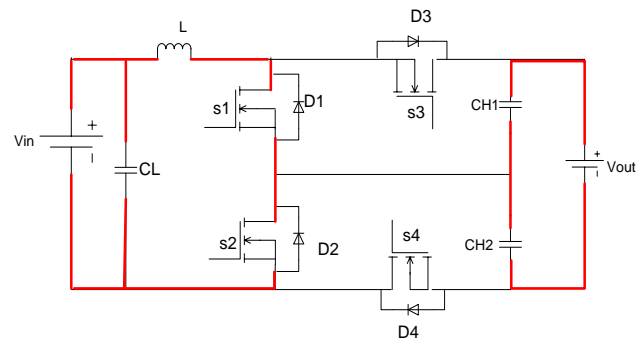
شکل ۳: وضعیت مدار.

- (a) $s_1 s_2 on, s_3 s_4 off$
- (b) $s_2 s_3 on, s_1 s_4 off$
- (c) $s_1 s_2 on, s_3 s_4 off$
- (d) $s_1 s_4 on, s_2 s_3 off$

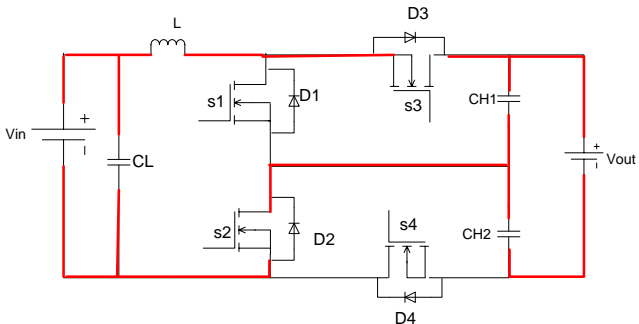
B- عملیات حالت کاهش

در عملیات حالت کاهش S_3, S_4 بعنوان سوئیچ های اصلی کار می کنند که در نمودار شکل (۳) نشان داده شده است که در طول (T_0, T_1) S_3, S_4 بسته است جریان در القاگر L چرخه آزاد در D_3, D_1 دارد در (T_1, T_2) S_3 بسته است و CH_1 دی شارژ می شود در طول فاصله (T_2, T_3) جریان القاگر چرخه های آزاد با استفاده از مسیر D_2, D_1 دارد در (T_3, T_4) S_3 بسته است و خازن CH_2 دی شارژ است

در عملیات حالت کاهش/ تقویت خازن ترمینال به صورت مرتب شارژ یا دی شارژ می شود اگر سیگنال گیت در چنین مسیری که $T_1 - T_0 = T_3 - T_2$ است ایجاد شود یافتن اینکه خازن ترمینال CH_1 و CH_2 شارژ یا دی



(a)

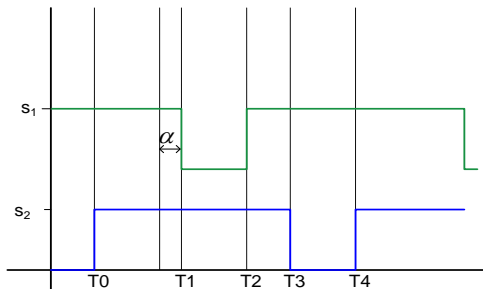


(b)

شارژ است مهم می باشد و ولتاژ در کنار هر خازن در توازن خواهد بود.

۳. کنترل فاز تغییر در مبدل یا شارژ چند سطحی

B- حمایت فاز تغییر در مبدل / شارژ چند سطحی
موقعیت شارژ در هر باتری با سرب و اسید توسط چندین فاکتور تعیین می شود مانند واکنش های شیمیایی در فصلی جریان شارژ / دی شارژ شارژ باتری قطب ها حرارت و غیره پیل سوختی برابر شده مرتبط با دوره زندگی باتری و عملکرد کلی باتری رشته ای می باشد روش کنترل مرحله تغییر برای اجرای مبدل / شارژ چند سطحی پیشنهاد شده است



شکل ۵: سیگنال کنترل شیفت فاز.

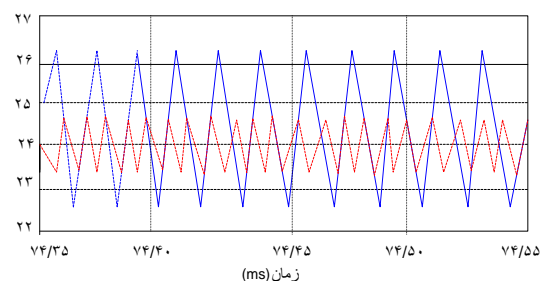
در نمودار ۵ فاز تغییر α بین سیگنالهای گیت S_1, S_2 می باشد و می توان توجه داشت که زمان شارژ القاگر (T_0, T_1) در حالیکه (T_2, T_3) کاهش می یابد افزایش دارد فاصله های (T_1, T_2) و (T_3, T_4) بدون تغییر حفظ می شوند در عملیات حالت ثابت زمان شارژ القا در حالیکه زمان دهی شارژ مشابه است تغییر می کند بدین معناست که مقدار شارژها در هر باتری رشته ای می تواند با تغییر زاویه فاز تغییر کند. بر اساس معادله ۱ مقدار متفاوت جریان به حذف مشکل برابر سازی شارژ در بسته های باتری کمک خواهد کرد.

$$SOC = \left(\frac{Q_{rated} - Q_d}{Q_{rated}} \right) \times 100\%$$

C- شارژ سریع باتری

اعمال شروع و توقف در چرخه های محرک شهری نیاز به باتری با شارژ و دی شارژ رایج دارد کار کردن بعنوان بافر انرژی اصلی در محرکها باتری هایی می خواهد که مجبور به حفظ موقعیت بالایی از شارژ می باشند از اینرو شارژ جریان ثابت و الگوریتم شارژ جریان چند مرحله ای مناسب برای باتری نیست شارژ پالس در باتری اسید - سرب سازگار با دوره شارژ نمونه شبیه سازی شده می باشد این با یک مبدل چند سطحی دو مسیری اجرا می

A - سیستم پیل سوختی و برخورد مبدل همانطوریکه در بالا ذکر شد منبع پاسخ حرکتی آهسته در سیستم پیل سوختی واحد اصلاح سوخت است که با موتورهای الکتریکی نیرو می گیرد آزمایشات انجام شده در آزمایشگاه نشان دهنده پیل سوختی هستند که نسبت به محرک جریان بار از 0.5 HZ تا 10 KHZ در طول تغییرات بار با فرکانس پایین 100 HZ حساس می باشند که جریان خروجی هرگز به حالت ثابت نمی رسد ژنراتور و پیل سوختی پرنویزتر از عملیات حالت ثابت است از اینرو فاصله بین پیل سوختی و سیستم مدیریت باتری را باید متذکر شد که در این موقع طراحی شارژ باتری پیش می آید مبدل چند سطحی مناسب برای کاربردهای پیل سوختی است که در حالت تقویت کار می کند و جریان مستمر را از پیل سوختی دریافت می کند.



شکل ۴: جریان اندوکتانس چند سطحی.

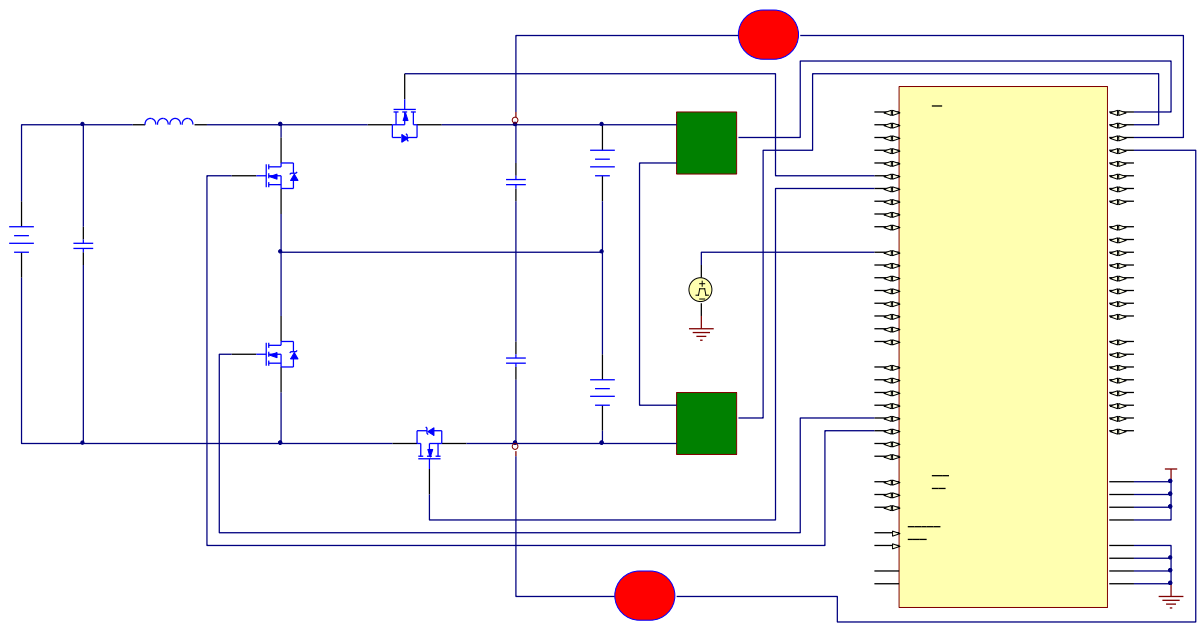
از نمودارهای شکل (۲) و (۳) می توان دید که در طول یک چرخه سوئیچینگ در حالت تقویت القاگر ورودی شارژ شده دوبار دی شارژ می شود با فرکانس سوئیچینگ F_s شارژ چند سطحی جریان مستمر را در پیل سوختی با فرکانس ریپل $2F_s$ دریافت می کند که ریپل مستقیماً در نتیجه سوئیچینگ سریعتر کاهش می یابد و با فرکانس سوئیچینگ از 50KHZ و مقدار القاگر $200 \mu H$ PSIM فراهم می شود و نتایج شبیه سازی در شکل (۴) نشان داده شده است که نتایج شبیه سازی موید این توضیحات است.

شود این مبدل در حالت تقویتی زمانیکه باتری رشته ای شارژ می شود عمل می کند و در دوره استراحت کوتاه مبدل در حالت کاهش دی شارژ است

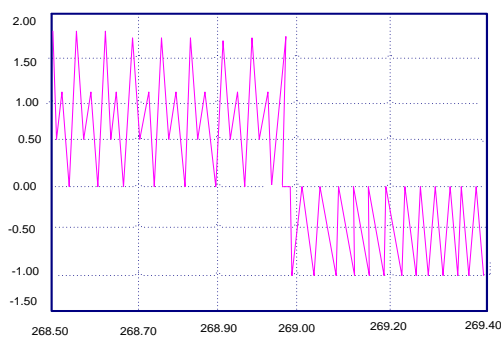
D - کنترل شارژ باتری

سیستم کنترل در نمودار ۶ آورده شده است ولتاژ باتری مجزا در سه میز جستجوی سه بعدی تغذیه می شود و موقع شارژ می تواند برای تعیین سرعت و زوایای تغییر شارژ مختلف ایجاد شود بازده مجموعه میز جستجو در جریان شارژ میانگین جریان کنترل کننده است جریان

دیودها در دو کانال با یک شبکه میانگین و مجهول و برگشت به کنترل کننده جریان میانگین و حلقه بسته ارزیابی می شود. بازده کنترل کننده جریان در فاصله های مشخصی در زاویه تغییر فاز به روز شده متوقف می شود که برای مطمئن شدن از عملیات شارژ و دی شارژ می باشد جریان هر کانال شارژ تنظیم می شود و موقعیت شارژ هر باتری می تواند فقط با فشار جریان یک کانال بالاتر یا پایین تر کنترل شود.

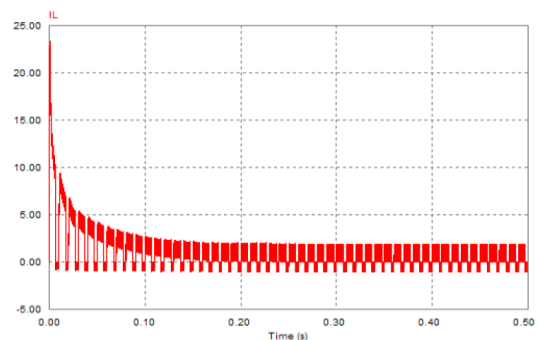


شکل ۶: بلوک دیاگرام سیستم شارژ.



(b)

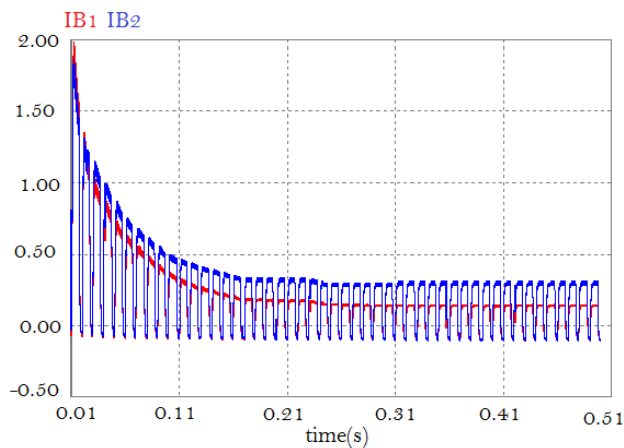
شکل ۷: جریان القایی (a) جریان القایی ورودی. (b) بزرگنمایی جریان القایی ورودی.



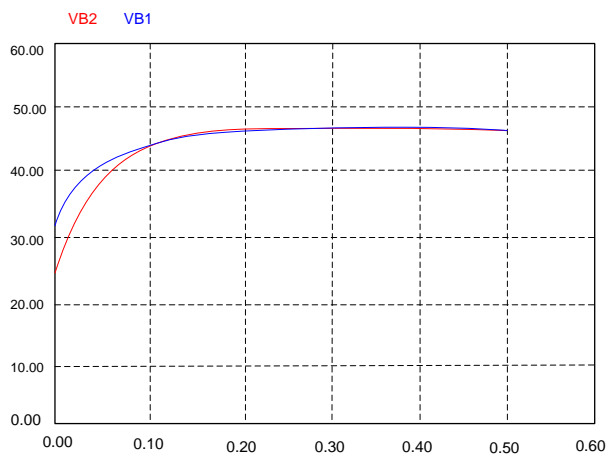
(a)

۴. نتایج شبیه سازی

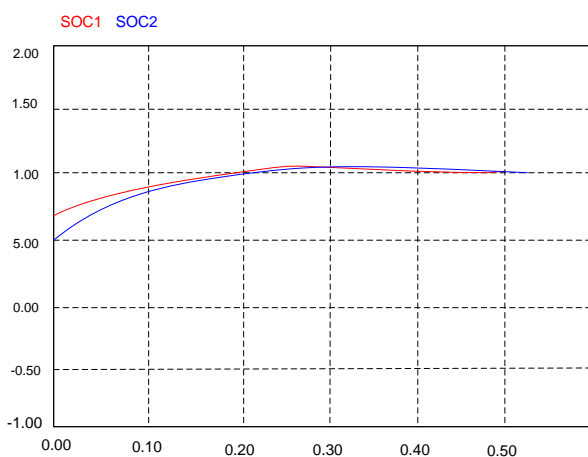
شبیه سازی شارژر چند سطحی انجام گرفت که سیستم سازگار با پروسه شارژ و تأیید مفاهیم می باشد یک منبع



شکل ۸: جریان شارژ پالس.



شکل ۹: ولتاژ خروجی باتری.



شکل ۱۰: وضعیت شارژ باتری.

24V DC جامد با سری های مقاومت در شبیه سازی پیل سوختی استفاده شده این باتری 24V اسید - سرب با ولتاژ کنترل کننده منبع با موقعیت شارژ میز جستجو مدل بندی شده برای اثبات اصول میز SOC انتخاب شد که در زمان مناسب صورت بگیرد نمودار ۷ ورودی جریان القاگر را تحت شارژ پاس سریع نشان می دهد میتوان توجه داشت که الگوی جریان ریپل با توجه به عملیات تغییر فاز، تغییر می کند. از اینرو جریان ریپل در پیل سوختی هنوز شامل 40KHZ سیگنال با فرکانس سوئیچینگ 20KHZ در شبیه سازی می باشد که خصوصیات بحث شده را تأیید می کند. در باتری 42V با ۵۰٪ و ۶۰٪ موقعیت شارژ متصل به خروجی شارژ باتری می باشند، پالس شارژ کننده جریان برای هر باتری با تقویت مختلف بکار می رود. زمانیکه SOC در باتری افزایش یافت کنترل سرعت شارژ برای مطمئن شدن از شارژ سریع و حمایت از باتری کاهش می یابد نمودار ۹ و ۱۰ ولتاژ ترمینال باتری و موقعیت شارژ را نشان می دهند می توان توجه کرد که با کنترل زاویه تغییر فاز و شارژ سرعت برابر سازی با شارژ سریع ایجاد می شود.

۵. نتیجه گیری

مقاله حاضر مبدل / شارژ / dc/dc دومسیری و چند سطحی را در سیستم چرخه پیل سوختی را ارائه می دهد با توپولوژی دو مسیر تقویتی / کاهش مبدل مناسب برای

“Design consideration for charge equalization of an electric vehicle battery system,” *IEEE Trans. on Industry Application*, vol. 35, No. 1, 1999.

[2] B. Fahimi, “Automotive Fuel Cell Power Electronic Converter,” *Presentation On APEC*, Feb. 20007

[3] Choi, W.; Enjeti, P.N.; Howze, J.W., “Development of an equivalent Circuit model of a fuel cell to evaluate the effects of inverter ripple Current,” *Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2004. APEC '04. Nineteenth Annual IEEE*, vol

[4] M. Zhang, Y. Jiang, F. C. Lee, “Single-phase Three-Level Boost power Factor Correction Converter,” *Applied Power Electronics Conference And Exposition, 1995. APEC '95. Conference Proceedings 1995. Tenth Annual*

[5] J. A. Mas, “The charging process,” *Proceeding of the Second International Electric Vehicle Symposium*, 1971.

[6] Chih-Chiang Hua; Meng-Yu Lin, “A study of charging control of leadacid Battery for electric vehicles,” *IEEE International Symposium on*

فاصله پیل سوختی با فرکانس بالا و جریان ریپل پایین مطرح شد روش تغییر فاز برای حل مشکل برابر سازی شارژ باتری مطرح شد که از خراب شدن باتری جلوگیری می شود. شارژ سریع برای سازگاری با چرخه های محرکه شهری استفاده می شود شبیه سازی برای تسهیل در توپولوژی جریان و اهداف کنترل فاز تغییر صورت گرفت این مبدل dc/dc با نرم افزار pscad طراحی و شبیه سازی شده است و یک نمونه از مبدل توسط شرکت تحقیقاتی پویا راهبرد آذربایجان در مرکز رشد پارک علم و فناوری استان آذربایجان شرقی طراحی و ساخته شده است .

سپاسگزاری:

از همکاری صمیمانه پارک علم و فناوری استان آذربایجان شرقی و ریاست محترم دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز و شرکت تحقیقاتی پویا راهبرد آذربایجان کمال تشکر را دارم.

مراجع

- مقاله مبدل تک ورودی dc-dc برای استفاده از پیل های سوختی- چهارمین سمینار پیل سوختی ایران - جعفر آقازاده

- میکرو کنترلر های avr - مهندس مظاهری

- ماهنامه امواج برتر نخستین ماهنامه مهندسی برق شماره چهل هفت بهمن ۸۹

- کتاب سنسور های کاربردی در مهندسی برق

[1] N. H. Kutkut, H. L. N. Wiegma, D. M. Divan and D. W. Novotny,