

کاهش تلفات در مبدل DC-DC دوطرفه با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO)

وحید نعمت زاده مینق^۱، فهیمه هاشم پور^۲ و محمدباقر بناء شریفیان^۳

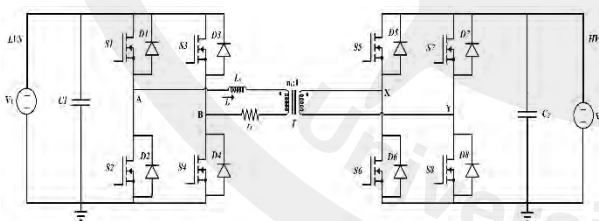
^۱ دانشجوی دکتری، دانشگاه تبریز، دانشکده برق و کامپیوتر، تبریز، ایران vahidnematzadeh@yahoo.com

^۲ دانشجوی دکتری، دانشگاه تبریز، دانشکده برق و کامپیوتر، تبریز، ایران fahimehashempour@tabrizu.ac.ir

^۳ استاد دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه تبریز، دانشکده برق و کامپیوتر، تبریز، ایران sharifian@tabrizu.ac.ir

چکیده - تلفات پایین و در نتیجه بازده بالا از جمله موارد کلیدی در طراحی یکی مبدل DC-DC است. بنابراین، طراحی بهینه ادوات الکترونیک قدرت با ریپل ولتاژ و جریان پایین، کاهش تلفات را ایجاب می‌کند و بازده بالا را در مبدل قدرت تضمین می‌کند. در این مطالعه، تلفات توان عناصر برای بهینه کردن مبدل DC-DC دوطرفه که در کاربرد خودروهای برقی استفاده شده را حداقل خواهیم کرد. روش بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO) برای رسیدن به حداقل سازی تلفات توان تحت قیود حرارتی، الکتریکی و مغناطیسی اعمال شده است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که تلفات توان به ۲۱،۸۴ وات کاهش یافته و بازده به مقدار ۹۲،۱۳ رسیده است. بنابراین، الگوریتم بهینه‌سازی PSO برای بهبود بازده مبدل قدرت مناسب است. کلید واژه - مبدل DC-DC دوطرفه، الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO)، تلفات، بازده، بهینه‌سازی

قدرت به همدیگر پیوند داده شده است. سلف قدرت شامل اندوکتانس نشستی است که به عنوان مبدل انرژی اصلی عمل می‌کند. مقاومت معادلی شامل مقاومت معادل سری و مقاومت کل سیم‌پیچی ترانسفورماتور فرکانس بالا است. معمولاً به اندازه‌ای کوچک است که در تحلیل حالت دائمی می‌توان از آن صرف‌نظر کرد، اگرچه در گذرا کاهش جریان متوسط سلف به صفر و جلوگیری از اشباع ترانسفورماتور فرکانس بالا اهمیت دارد [۵].



شکل ۱: ساختار مبدل DC-DC دوطرفه [۵]

مبدل‌های DC/DC دوطرفه معمولاً جهت افزایش سطح ولتاژ کم منابع انرژی تجدید پذیر نظیر پانل‌های خورشیدی به ولتاژ مطلوب (حالت افزایشنده) یا بالعکس جهت کاهش سطح ولتاژ طرف ولتاژ بالا جهت ذخیره در باتری (کاهنده) مورد استفاده قرار می‌گیرند. مبدل DC/DC دوطرفه مبدل پل اکتیو دوتایی (DAB) در سال‌های اخیر با توجه به ویژگی‌های ذاتی توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است. این مبدل‌های DC/DC و مشتقات آن

۱- مقدمه

یک پاسخ معمول برای مشکل نوسانی بودن منابع انرژی تجدید پذیر استفاده از وسایل ذخیره کننده انرژی در کنار منابع انرژی تجدید پذیر برای جبران کردن این نوسانات است، تا این که جریان توان صاف و پیوسته‌ای به بار داشته باشیم. معمول‌ترین و اقتصادی ترین وسیله ذخیره کننده انرژی در محدوده توان متوسط باتری‌ها و ابر خازن‌ها هستند که همواره مبدل DC/DC برای مبادله انرژی بین وسیله ذخیره کننده انرژی و باقی سیستم است. چنین تبدلی باید توانایی شارش توان دوطرفه با کنترل منعطف در همه حالت‌های کاری داشته باشد.

اخیراً، مبدل‌های دوطرفه به دلیل قابلیت شارژ و دشارژ محبوبیت فراوانی یافته است. قابلیت شارش توان دوطرفه، کنترل آسان کلیدها، تعداد المان پسیو پایین، وزن و حجم کم از جمله مزایای این مبدل‌ها است [۱]. مبدل‌های دوطرفه ایزوله در کاربردهای بسیاری از جمله در پانل‌های خورشیدی، خودروهای برقی، سیستم‌های حمل‌ونقل الکتریکی، کاربردهای هوافضا مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲-۴].

شکل ۱ مبدل DC/DC DAB تمام پل را که به عنوان رابط بین دو منبع ولتاژ عمل می‌کند نشان می‌دهد. دو مبدل تمام پل کنترل شده با یک ترانسفورماتور فرکانس بالا (HF) و یک سلف

$$P_{losses} = P_{ind} + P_C + P_Q + P_D \quad (2)$$

که P_{ind} تلفات سلف، P_C تلفات خازن‌ها، P_Q تلفات کلیدها و P_D تلفات دیودها است. در ادامه به بررسی کامل تلفات مبدل DC-DC دوطرفه بررسی شده در این مطالعه پرداخته می‌شود.
جدول ۱: مشخصات طراحی

پارامتر	مقدار
V_{in}	۱۲ V
f_{sw}	۱۰۰ kHz
I_{in}	۲۳,۱۴۸ A
n	۱۰

۲-۱- تلفات دیودها

با توجه به ساختار مبدل DC-DC دوطرفه (شکل ۱)، تلفات دیودها متشکل از تلفات دیود در طرفه اولیه، P_{DP} ، و تلفات دیود در طرف ثانویه، P_{DS} است. برای محاسبه تلفات دیودها کافی است جریان متوسط و rms را در این عناصر محاسبه کنیم. تلفات و جریان دیودها طبق روابط زیر محاسبه می‌شود [۱۰]:

$$P_{DP} = I_{DP} \times V_{DP} + R_{DP} \times I_{DP,rms}^2 \quad (3)$$

$$I_{DP} = \frac{1}{8.L.f_{sw}} (V_o(2.d - 1) + n.V_{in}) \quad (4)$$

$$I_{DP,rms} = \frac{1}{8.L.f_{sw}} \sqrt{(V_o(2.d - 1) + n.V_{in}) / (3(n.V_{in} + V_o))} \quad (5)$$

$$P_{DS} = I_{DS} \times V_{DS} + R_{DS} \times I_{DS,rms}^2 \quad (6)$$

$$I_{DS} = \frac{I_{in}(7-6d)}{8n} \quad (7)$$

$$I_{DS,rms} = \frac{I_{in}}{2} \sqrt{\frac{11-10d}{3}} \quad (8)$$

$$V_o = (n.V_{in}) / (2(1 - d)) \quad (9)$$

که در معادلات بالا، V_{DP} و V_{DS} به ترتیب ولتاژ مرزی دیودهای طرف اولیه و ثانویه، I_{DP} و I_{DS} به ترتیب جریان متوسط در دیودهای طرف اولیه و ثانویه، $I_{DP,rms}$ و $I_{DS,rms}$ به ترتیب جریان rms دیودهای طرف اولیه و ثانویه، R_{DP} و R_{DS} به ترتیب مقاومت دیودهای طرف اولیه و ثانویه، n نسبت تبدیل ترانسفورماتور و d چرخه کاری مبدل است.

۲-۲- تلفات کلیدها

برای ارزیابی تلفات در کلیدها جریان متوسط و rms در کلیدها باید تعیین گردد. تلفات و جریان کلیدهای طرف اولیه و ثانویه می‌تواند از روابط زیر به دست می‌آید [۱۰]:

$$P_{QP} = P_{convp} + P_{swp} + P_{GP} \quad (10)$$

معمولاً به‌عنوان واسط بین طرف ولتاژ پایین و طرف ولتاژ بالا استفاده می‌شود. از جمله کاربردهای آن می‌توان به واسط بین منابع تولید انرژی تجدید پذیر نظیر فتوولتائیک و باتری ذخیره کننده و لینک DC که بعداز آن ولتاژ DC به ولتاژ و فرکانس موردنظر شبکه توسط اینورتر تبدیل می‌شود، اشاره کرد. این مبدل دارای بخش‌های مختلفی است که به نگرانی‌های محققان جهت بهبود بازده، نسبت افزایش یافته، نسبت دور پایین ترانسفورماتور، نحوه کلید زنی کلیدهای قدرت، تلفات کلید زنی پایین و سایر مسائل مربوط به این مبدل‌ها تبدیل شده است.

کاهش تلفات المان‌های مورد استفاده در این نوع مبدل‌ها منجر به افزایش هرچه بیشتر بازده خواهد شد. در این مقاله، تلفات توان در هر المان ارزیابی شده است. بنابراین، یک روند بهینه‌سازی برای به دست آوردن طراحی بهینه مبدل DC-DC دوطرفه مورد نیاز است. روش بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO) برای حداقل کردن تلفات المان‌ها تحت قیود الکتریکی، حرارتی و مغناطیسی اعمال شده است. ساختار مبدل DC-DC دوطرفه و مدل با جزئیات تلفات در هر المان در بخش ۲ آورده شده است. فرمول‌بندی مسئله تابع هدف و قیود بهینه‌سازی در بخش ۳ آورده شده است. بخش ۴ روند بهینه‌سازی PSO تک هدفی را ارائه می‌دهد. نتایج شبیه‌سازی در بخش ۵ آورده شده است. در نهایت، در بخش ۶ روش بهینه‌سازی PSO پیشنهادی اعمال شده برای به دست آوردن طراحی بهینه مبدل DC-DC دوطرفه نتیجه‌گیری شده است.

۲- مدل تلفات توان

در این بخش، تلفات توان کل در مبدل DC-DC دوطرفه در فرکانس 100 kHz با جزئیات آورده شده است. مدار مبدل DC-DC دوطرفه شامل ۸ کلید S1-S8، 8 دیود D1-D8، سلف نشستی Llk، یک ترانسفورماتور T1، خازن ورودی Cin و خازن خروجی Co است. شکل ۱ نشان‌دهنده ساختار مبدل DC-DC دوطرفه است [۹-۶].
جدول ۱ نشان‌دهنده پارامترهای ورودی مبدل DC-DC دوطرفه است.

برای بهبود بازده سیستم قدرت، تعریف مدل تلفات توان با در نظر گرفتن تأثیرات پارازیتی هر المان مهم است. تلفات توان در مبدل DC-DC می‌تواند به دو بخش اصلی تقسیم شود: تلفات المان‌های فعال و پسیو. بازده مبدل توسط رابطه زیر داده می‌شود:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + P_{losses}} \quad (1)$$

که P_{out} و P_{losses} به ترتیب توان خروجی و تلفات توان کل در مبدل است.

تلفات سلف به دو بخش تقسیم می‌شود: تلفات هسته و مسی. تلفات هسته وابسته به عوامل مختلفی همانند القای مغناطیسی B و فرکانس کلید زنی است. برای محاسبه این تلفات در هسته سلف از معادلات اشتاین متر مطابق رابطه زیر استفاده می‌کنیم [۱۲].

$$P_{core} = 6.11 \cdot 10^{-18} \cdot B^{2.7} \cdot f_{sw}^{2.04} \quad (۲۲)$$

عوامل بسیاری بایستی هنگام محاسبه تلفات مسی همانند اندازه پنجره، تعداد دورهای سیم مسی، اندازه سیم و مقاومت DC در نظر گرفته شود. تلفات توان کل در سیم‌پیچی مسی در معادله زیر بیان شده است [۱۳].

$$P_{cu} = R_{DC} \times I_{L,rms}^2 \quad (۲۳)$$

که R_{DC} و $I_{L,rms}$ مقاومت DC و جریان rms در اندوکتانس نشی سری با ترانسفورماتور ایده آل است. مقاومت DC با معادلات زیر بیان می‌شود.

$$R_{DC} = \frac{\rho \cdot N_L \cdot MLT}{S_{cu}} \quad (۲۴)$$

که ρ مقاومت مس، N_L تعداد دورهای سیم مسی، S_{cu} سطح مقطع برای سیم‌پیچی و MLT دور طول متوسط هسته سلف است.

$$MLT = 2 \cdot (H + 2 \cdot r) + 2 \cdot \left(\frac{OD-ID}{2} + 2 \cdot r \right) \quad (۲۵)$$

که r شعاع سیم مسی است.

جریان rms در سلف توسط معادله زیر داده می‌شود [۱۰].

$$I_{L,rms} = I_{in} \sqrt{\frac{5-4d}{3}} \quad (۲۶)$$

تلفات توان کل در سلف از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$P_{ind} = P_{core} + P_{cu} \quad (۲۷)$$

در این مطالعه از تلفات ترانسفورماتور صرف نظر شده و اندوکتانس نشی ترانسفورماتور به همراه اندوکتانس سری مورد نیاز به صورت یک اندوکتانس خارجی مدل شده است. همچنین از تلفات خازن‌های ورودی و خروجی صرف نظر شده است.

۳- فرمول‌بندی مسئله

در این بخش، روند بهینه‌سازی ارائه شده است. ما فقط تلفات توان مبدل را حداقل خواهیم کرد. بنابراین، نیاز به یک روش بهینه‌سازی تک هدفی است. روش بهینه‌سازی با استفاده از روش بهینه‌سازی ازدحام ذرات PSO توسعه داده شده است. چرخه کاری بهینه و ریپل‌های ولتاژ و جریان کوچک‌تر منجر به حداقل سازی تلفات توان در هر عنصر می‌شود.

برای حل مسئله بهینه‌سازی، X را به عنوان بردار شامل همه پارامترهای متغیر تعریف می‌کنیم.

$$P_{convP} = R_{dsP,on} \times I_{dsP,rms}^2 \quad (۱۱)$$

$$I_{dsP,rms} = I_{in} \sqrt{\frac{2-d}{3}} \quad (۱۲)$$

$$P_{swP} = \frac{1}{2} V_{dsP} \times I_{dsP} (t_{onP} + t_{offP}) f_{sw} \quad (۱۳)$$

$$I_{dsP} = I_{in} \quad (۱۴)$$

$$P_{GP} = Q_{GP} \times V_{GP} \times f_{sw} \quad (۱۵)$$

$$P_{QS} = P_{convS} + P_{swS} + P_{GS} \quad (۱۶)$$

$$P_{convS} = R_{dsS,on} \times I_{dsS,rms}^2 \quad (۱۷)$$

$$I_{dsS,rms} = \frac{I_{in}}{2n} \sqrt{\frac{2d-1}{3}} \quad (۱۸)$$

$$P_{swS} = \frac{1}{2} V_{dsS} \times I_{dsS} (t_{ons} + t_{offs}) f_{sw} \quad (۱۹)$$

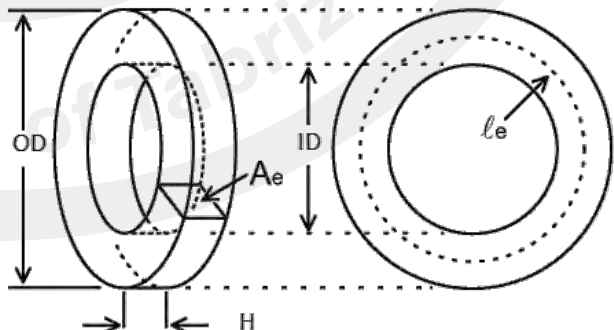
$$I_{dsS} = \frac{P_o(2(1-d))}{2 \cdot n \cdot v_{in}} \quad (۲۰)$$

$$P_{GS} = Q_{GS} \times V_{GS} \times f_{sw} \quad (۲۱)$$

که نمایه P برای ادوات طرف اولیه و S برای ادوات طرف ثانویه استفاده شده است. P_{conv} ، P_{sw} و P_G به ترتیب تلفات هدایت، تلفات کلید زنی و تلفات گیت کلیدها، $R_{ds,on}$ مقاومت درین-سورس، V_{ds} ولتاژ درین-سورس، f_{sw} فرکانس کلید زنی، t_{on} و t_{off} زمان‌های گذرای روشن شدن و خاموش شدن کلید، Q_G بار کل و V_G ولتاژ گیت-سورس است.

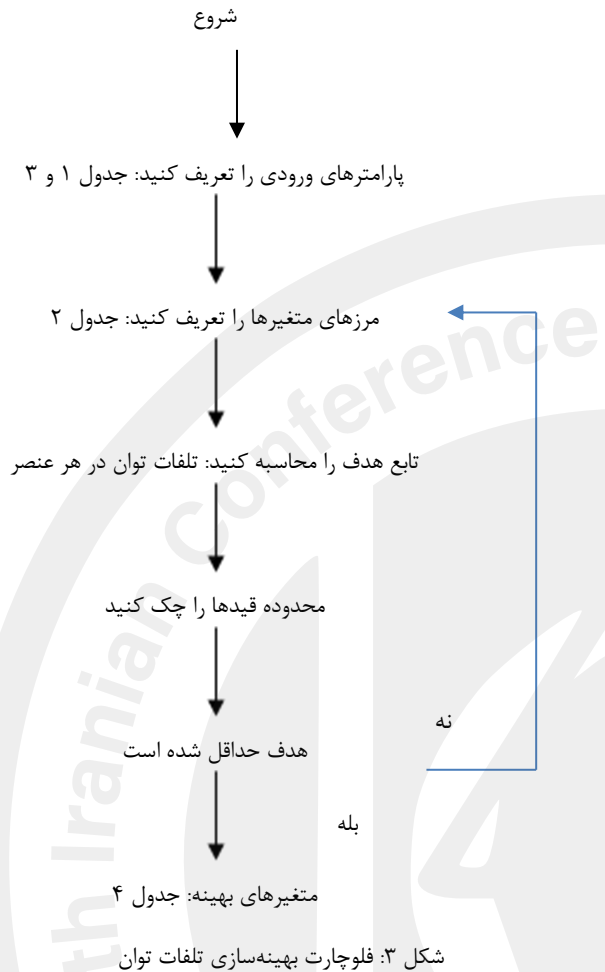
۲-۳- تلفات سلف

برای ارزیابی تلفات توان در سلف نشی که به صورت سری با یک ترانسفورماتور ایده آل در نظر گرفته شده است مدل فیزیکی آن در نظر گرفته شده است. در این مطالعه، سلف با استفاده از طراحی سلف تورویدی که در ۱۰۰ کیلوهرتز عمل می‌کند مدل سازی شده است. مدل مطرح شده شامل پارامترهای هندسی برای تفسیر هسته است. هسته مطرح شده با شکل هندسی زیر مشخص می‌شود [۱۱].



شکل ۱: مدل هندسی سلف

که OD، ID و H به ترتیب قطر بیرونی، قطر درونی و ارتفاع سلف است.



شکل ۳: فلوچارت بهینه‌سازی تلفات توان

$$v_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{iD}) \quad x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iD})$$

$$P_{besti} = (P_{besti,1}, P_{besti,2}, \dots, P_{besti,D})$$

سرعت و مکان توسط معادلات زیر تعریف می‌شود.

$$v_i^{(k+1)} = \omega \cdot v_i^{(k)} + c_1 \cdot rand[] \cdot (p_{besti} - x_i^{(k)}) + c_2 \cdot rand[] \cdot (g_{besti} - x_i^{(k)}) \quad (30)$$

$$x_i^{(k+1)} = x_i^{(k)} + v_i^{(k)}; k = 1, 2, \dots, N \quad (31)$$

$$\omega = \omega_{max} - \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{iter_{max}} \cdot iter \quad (32)$$

که:

p_{besti} : مکان در فضای پارامتر بهترین تناسب برگردانده شده برای ذره معین.

g_{besti} : مکان در فضای پارامتر بهترین تناسب برگردانده شده در کل ازدحام.

c_1 و c_2 : تعیین می‌کند که ذرات PSO تا چه فاصله‌ای می‌توانند به سمت p_{besti} و g_{besti} حرکت کنند.

ω : وزن اینرسی که رفتار همگرایی PSO را کنترل می‌کند.

ω_{max} و ω_{min} : وزن اولیه و نهایی هستند.

$iter_{max}$ و $iter$: تعداد تکرار فعلی و حداکثر هستند.

$$X = [N, OD, ID, H, r, d] \quad (28)$$

که N تعداد دور سیم‌پیچی سلف، OD ، ID و H قطر بیرونی، درونی و ارتفاع توروید، r شعاع سیم مسی و d چرخه کاری است.

مسئله بهینه‌سازی باید تلفات توان را در مبدل حداقل کند.

$P_{losses}(X)$ در معرض قید ω حداقل کنید که ω به صورت زیر

است:

$$\omega = \begin{cases} b_{XL} < X < b_{XU}, B_{max} < 0.5T, \\ \Delta T_{core} < 100^\circ C, T_j < 150^\circ C, \eta > 98\%. \end{cases} \quad (29)$$

که b_{XL} بردار مرزی پایین و b_{XU} بردار مرزی بالای متغیرهای طراحی است که محدوده جستجو را می‌دهد. B_{max} چگالی شار حداکثر، T_j دمای پیوند، ΔT_{core} افزایش دما در سلف است.

جدول زیر نشان‌دهنده متغیرهای مورد استفاده در برنامه بهینه‌سازی است.

جدول ۲: پارامترهای متغیر

مرز بالا	مرز پایین	متغیرها
۶۰	۳۰	OD (میلی‌متر)
۳۰	۱۰	ID (میلی‌متر)
۴۰	۱۰	H (میلی‌متر)
۱	۰,۴	r (میلی‌متر)
۱۰۰	۱	N
۰,۸۵	۰,۷	d

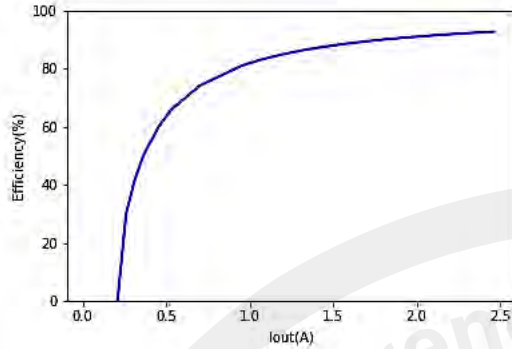
در شکل ۳، فلوچارت مسئله بهینه‌سازی ارائه شده است.

۴- برنامه بهینه‌سازی: روش بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO)

PSO یک روند بهینه‌سازی مبتنی بر جمعیت است که توسط کندی و ابرهارت [۱۴، ۱۵] توسعه داده شده است. این الگوریتم از رفتار پرندگان الهام گرفته شده است هنگامی که به دنبال غذا هستند. که هر پرنده به دنبال بهترین پاسخ در فضای ابعادی مسئله است. این روند بهترین پاسخ را با استفاده از جمعیت ذرات جستجو می‌کند. آنگاه، فضای جستجو را بر اساس این دانش حرکت می‌دهد. مکان و سرعت ذرات تغییر می‌کند و بر اساس ارتباط بین ذرات و تجربه هر ذره تنظیم می‌شود. هر ذره مکان و سرعت ذره‌های خود را با جستجوی بهترین مکان قبلی که قبلاً فرض شده بود تا در نهایت به یک پاسخ بهینه برسد که ذرات در آنجا همگرا شده‌اند.

هر ذره i با مکان فعلی x ، سرعت فعلی v و بهترین مکان در فضای جستجو مشخص می‌شود. ذرات در فضای D -بعدی به صورت زیر نشان داده شده است.

۵- نتایج شبیه سازی



شکل ۵: بازده توان بهینه

شکل ۵ نشان می‌دهد که بازده مبدل DC-DC دوطرفه به ۹۲،۱۳ می‌رسد.

نتایج شبیه‌سازی حداقل سازی تلفات توان را در عناصر تأیید می‌کند که حداکثر سازی بازده سیستم توان را باعث می‌شود. جدول ۴ نشان‌دهنده متغیرهای بهینه‌شده مسئله بهینه‌سازی پیشنهادی است.

همان‌طوری که در بخش ۲ اشاره شد، متغیرهای این مسئله بهینه‌سازی پارامترهای کلیدی در تلفات توان هر عنصر در مبدل DC-DC دوطرفه است. OD، ID، H، r، N و d متغیرها بهینه هستند که اندازه هسته کافی را برای سلف می‌دهد که تضمین‌کننده تلفات توان پایین بدون اشباع مغناطیسی هسته است. چرخه کاری بهینه d، تلفات توان پایین را در این مبدل تضمین می‌کند. در جدول ۵، مقادیر تلفات در کلیدها و دیود آورده شده است.

جدول ۴: متغیرهای طراحی بهینه‌شده

مقدار	پارامتر
۳۲،۵۵	OD (میلی‌متر)
۲۱،۳۶	ID (میلی‌متر)
۱۸،۵۳	H (میلی‌متر)
۰،۷۹	r (میلی‌متر)
۱۷	N
۰،۷۱	d

جدول ۵: تلفات در عناصر اکتیو مدار

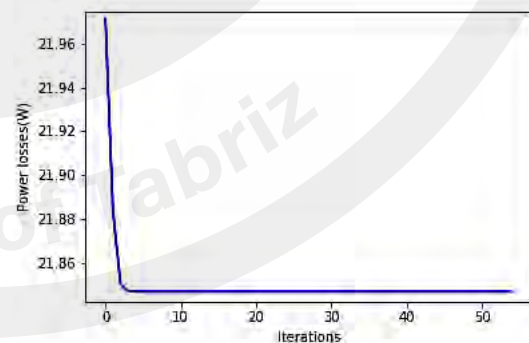
مقدار (وات)	پارامتر
۳،۳۳	تلفات کلید زنی کلید طرف اولیه
۰،۱۹۳	تلفات کلید زنی کلید طرف ثانویه
۰،۴۸۲	تلفات هدایت کلید طرف اولیه
۰،۲۳۹	تلفات هدایت کلید طرف ثانویه
۳،۶۸	تلفات کلید طرف ثانویه

با پیروی از روند بهینه‌سازی ارائه‌شده در بخش قبلی، حداقل سازی تلفات توان در مبدل DC-DC دوطرفه انجام شده است. در این طرح مسئله بهینه‌سازی، تعدادی فرض جهت حداقل کردن تلفات در هر عنصر در نظر گرفته شده است. برای طراحی مغناطیسی، هسته فریت در نظر گرفته شده است. از کلید IRFB3006PBF (۶۰ ولت، ۱۹۵ آمپر) برای کلیدهای طرف اولیه و کلید IPP60R125CP (۶۵۰ ولت، ۱۱ آمپر) برای کلیدهای طرف ثانویه، که مقادیر موردنیاز برای اجرای شبیه‌سازی در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳: مقادیر پارامترهای عناصر مدار

پارامتر	مقدار	پارامتر	مقدار
ρ	$1,72 * 10^{-8} \Omega.m$	Q_{GP}	۲۰۰ nC
V_{DP}	۱،۳ V	V_{GP}	۲۰ V
R_{DP}	۲،۱ m Ω	$R_{dss,on}$	۰،۱۲۵ Ω
V_{DS}	۰،۹ V	V_{dss}	۶۵۰ V
R_{DS}	۰،۱۲۵ Ω	t_{ons}	۵ ns
$R_{dSP,on}$	۲،۱ m Ω	t_{offs}	۵ ns
V_{dSP}	۶۰ V	Q_{GS}	۵۳ nC
t_{onP}	۱۶ ns	V_{GS}	۲۰ V
t_{offP}	۳۲ ns	L	۱،۶۸ uH

مسئله بهینه‌سازی با استفاده از روش بهینه‌سازی تک هدفی PSO در محیط پایتون حل شده است. شکل ۴ نشان‌دهنده شبیه‌سازی حداقل سازی تلفات توان در مبدل DC-DC دوطرفه است.



شکل ۴: حداقل سازی تلفات توان با استفاده از PSO

تلفات توان در همه عناصر به ۲۱،۸۴ وات با استفاده از روند بهینه‌سازی کاهش یافته است. بازده توان سیستم شکل زیر را نتیجه می‌دهد.

۶- نتیجه گیری

- IEEE.
- [14] Kennedy, R. (1995, November). J. and Eberhart, Particle swarm optimization. In Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks IV, pages (Vol. 1000, p. 33).
- [15] Bachouch, L., Bouslimi, L., & El Amraoui, L. (2019, March). Power losses minimization in the SEPIC DC-DC converter using Particle Swarm Optimization technique (PSO). In 2019 19th International Conference on Sciences and Techniques of Automatic Control and Computer Engineering (STA) (pp. 388-393). IEEE.

هدف اصلی این مقاله حداقل کردن تلفات توان در مبدل DC-DC دوطرفه است. بنابراین، رویه بهینه‌سازی تک هدفی برای رسیدن به سیستم توان بهینه با استفاده از روش بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO) اعمال شده است. در این مسئله بهینه‌سازی، چندین پارامتر در نظر گرفته شده است که باید تعیین شوند، همانند شکل هندسی سلف، تعداد دورهای سیم‌پیچی، چرخه کاری. نتایج شبیه‌سازی با استفاده از محیط نرم‌افزار پایتون نشان می‌دهد که تلفات توان به ۲۱.۸۴ وات کاهش یافته است و بازده به ۹۲.۱۳ رسیده است. نتایج به دست آمده اثبات می‌کند که روش بهینه‌سازی PSO برای بهبود بازده توان در مبدل DC-DC دوطرفه مناسب است.

مراجع

- [1] L. Zhu, "A novel soft-commutating isolated boost full-bridge ZVS-PWM DC-DC converter for bidirectional high power applications," IEEE Trans. Power Electron., vol. 21, no. 2, pp. 422-429, Mar. 2006.
- [2] R. P. T. Bascope, D. S. Oliveira, C. G. C. Branco, and F. L. M. Antunes, "A UPS with 110 V/220 V input voltage and high-frequency transformer isolation," IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 55, no. 8, pp. 2984-2996, Aug. 2008.
- [3] J. S. Bong, S. K. Jin, D. L. Jae, and S. K. Young, "The design of the PI compensator for the bidirectional dc-dc converter in the dc distributed power system," in Proc. IEEE Elect. Mach. Syst. Intell. Conf., 2010, pp. 372-376.
- [4] P. Garcia, L. M. Fernandez, C. A. Garcia, and F. Jurado, "Energy management system of fuel-cell-battery hybrid tramway," IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 57, no. 12, pp. 4013-4023, Dec. 2010.
- [5] X. Li, and Y.F. Li, "An optimized phase-shift modulation for fast transient response in a dual-active-bridge converter" Power Electronics, IEEE Transactions on, vol. 29, no. 6, pp. 2661-2665, Jun. 2014.
- [6] F. Sedaghati, S. H. Hosseini, M. Sabahi, G. B. Gharehpetian, "Extended configuration of dual active bridge DC-DC converter with reduced number of switches" IET Power Electron., vol. 8, Iss. 3, pp. 401-416, Mar. 2015.
- [7] P. Xuwei, and A.K. Rathore, "Naturally Clamped Soft-Switching Current-Fed Three-Phase Bidirectional DC/DC Converter" IEEE Trans. Ind. Appl., vol. 62, Iss. 5, pp. 3316-3324, May. 2015.
- [8] Shen, Y., Wang, H., Al-Durra, A., Qin, Z., & Blaabjerg, F. (2017). A bidirectional resonant DC-DC converter suitable for wide voltage gain range. IEEE Transactions on Power Electronics, 33(4), 2957-2975.
- [9] Yaqoob, M., Loo, K. H., & Lai, Y. M. (2018). Fully soft-switched dual-active-bridge series-resonant converter with switched-impedance-based power control. IEEE transactions on Power Electronics, 33(11), 9267-9281.
- [10] Xuwei, P., & Rathore, A. K. (2013). Novel bidirectional snubberless naturally commutated soft-switching current-fed full-bridge isolated DC/DC converter for fuel cell vehicles. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 61(5), 2307-2315.
- [11] Erisson, A., & Persson, J. (2014). Multi-objective optimal dimensioning of modular power converters. CODEN: LUTEDX/TEIE.
- [12] Murugan, P., Kannan, S., & Baskar, S. (2009). NSGA-II algorithm for multi-objective generation expansion planning problem. Electric Power Systems Research, 79(4), 622-628.
- [13] Hariprasath, S., & Balamurugan, R. (2013, January). A valley-fill SEPIC-derived power factor correction topology for LED lighting applications using one cycle control technique. In 2013 International Conference on Computer Communication and Informatics (pp. 1-4).