

مبدل دو جهته dc/dc بهره بالا - بهره پایین ، باک - بوست اینترلیود به همراه یکسو ساز دو برابر کننده ولتاژ

محمد رضا چاوشی حسینی^۱، احسان ادیب^۲

^۱دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، mrchavoshi63@gmail.com

^۲دانشیار دانشگاه صنعتی اصفهان دانشکده برق و کامپیوتر، e.adib@cc.iut.ac.ir

چکیده - در این مقاله یک مبدل دو جهته dc/dc باک - بوست ، بهره بالا - بهره پایین به منظور کاربرد در سلولهای خورشیدی ارائه شده است . در این مبدل به منظور بهبود بهره از تکنیک اینتر لیود به همراه یکسو ساز دو برابر کننده ولتاژ استفاده شده است. در ادامه مبدل پیشنهادی تحلیل شده و وضعیتهای عملکرد آن مورد بررسی قرار می گیرد. مبدل پیشنهادی توسط نرم افزار ارکد شبیه سازی شده و شکل موج بخش های مختلف تشریح می گردد. در نهایت مزیت های استفاده از این روش به منظور بهبود بهره بیان می شود.

کلید واژه- اینتر لیود ، بهره بالا - بهره پایین ، مبدل دو جهته

۱- مقدمه

باک بوست ، که با استفاده از این تکنیک علاوه بر بهبود بهره، استرس ولتاژ سوئیچ ها پایین است ولی تنها مشکلی که در این روش وجود دارد این است که بعلت سری بودن سوئیچ ها تلفات بالاست. [۱]

در روش دیگری در مبدل های دو جهته با استفاده از مدار کمکی و سلفهای کوپل شده با توجه به اینکه شرایط سوئیچینگ نرم فراهم شده و بهره و راندمان بالا دارند ولی رپیل جریان سلفها زیاد است [۲] و [۳]

در روش دیگری حالت سوئیچینگ نرم با استفاده از تانک رزناسی فراهم شده ، بهره ولتاژ بالا و استرس ولتاژ سوئیچ ها کاهش پیدا کرده ولی بدلیل اینکه حالت رزناسی در مدار ایجاد شده پیک جریان بالاست. [۴]

موضوع مقاله حاضر مربوط به سیستمهای فوتو ولتائیک مستقل از شبکه سراسری می باشد که نیاز به ذخیره ساز داشته و ساختاری مشابه شکل (۱) دارند. [۹] روشی که در این مقاله در یک مبدل دو جهته باک - بوست به منظور بهبود بهره استفاده شده روش اینترلیود می باشد که مشکلاتی که در تکنیکهای گفته شده بیان شد را بهبود داده است.

وجود مبدل های دو جهته dc/dc بعنوان قسمتی از مدار واسط سیستم های فوتوولتائیک از اهمیت بالایی برخوردار است. مبدل دو جهته dc/dc مبدلی است که در آن امکان انتقال توان در هر دو جهت وجود دارد. [۱۰]

بارهایی که به سیستمهای فوتوولتائیک متصلند، گاهی توانی بیشتر از توان تولیدی سلولهای خورشیدی مصرف می کنند و گاهی هم توان مصرفی بار های متصل به سیستم کمتر از تولید سلولهای خورشیدی است. به همین منظور ذخیره کننده ها که همان باتریها هستند میزان انرژی تولیدی اضافی از طرف سلول خورشیدی را برای مواقع نیاز در خود ذخیره می کنند.

باتریها نمی توانند بطور مستقیم سر راه سلول خورشیدی قرار گیرند و یک واسطه تحت عنوان مبدل دو جهته در این میان قرار می گیرد که کار تبادل توان را بین سلول و بار انجام می دهد و از طرفی کمک به شارژ باتری و همچنین کمک به سلول جهت تغذیه بار در مواقع لزوم را بر عهده دارد.

تکنیکهایی به منظور بهبود بهره و افزایش راندمان بر روی مبدل های دو جهته پیاده شده که از جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد:

استفاده از تکنیک سه سطحی بر روی مبدل دو جهته

ولتاژ معکوس دو سرش می افتد قطع و دیود D_2 هدایت می کند. انرژی سلف L_2 در خازن C_2 تخلیه شده و خازن C_2 از طریق مسیر منبع V_{in} ، سلف L_2 ، دیود D_2 ، به اندازه $(V_{in}/1-D)$ شارژ می شود. برخی از روابط مهم در این وضعیت به شرح زیر است:

$$V_{in}(DT) = (V_{C1} - V_{in})(1 - D)T \quad (1)$$

$$V_{C1} = \frac{V_{in}}{1-D} \quad (2)$$

وضعیت دوم (t_1-t_2): در این وضعیت هر دو سوئیچ M_1 و M_2 روشن هستند و دیودهای D_1 و D_2 قطعند. هیچ جریانی به خروجی تزریق نمی شود و فقط سلفهای L_1 با شیب $\frac{V_{in}}{L_1}$ و L_2 با شیب $\frac{V_{in}}{L_2}$ از طریق منبع V_{in} شارژ می شوند.

$$V_o = V_{C1} + V_{C2} = \frac{2V_{in}}{1-D} \quad (3)$$

وضعیت سوم (t_2-t_3): در این وضعیت سوئیچ M_1 خاموش و سوئیچ M_2 روشن است. دیود D_1 هدایت می کند و دیود D_2 به دلیل اینکه عکس پلاریته ولتاژ دو سرش می افتد قطع است. انرژی سلف L_1 در خازن C_1 تخلیه شده و خازن C_1 از طریق مسیر منبع V_{in} ، سلف L_1 ، دیود D_1 به اندازه $\frac{V_{in}}{1-D}$ شارژ می شود. برخی از روابط مهم در این وضعیت به شرح زیر است:

$$V_{in}(DT) = (V_{C2} - V_{in})(1 - D)T \quad (4)$$

$$V_{C2} = \frac{V_{in}}{1-D} \quad (5)$$

وضعیت چهارم (t_3-t_0): اصول عملکرد مبدل در این وضعیت همانند وضعیت دوم می باشد.

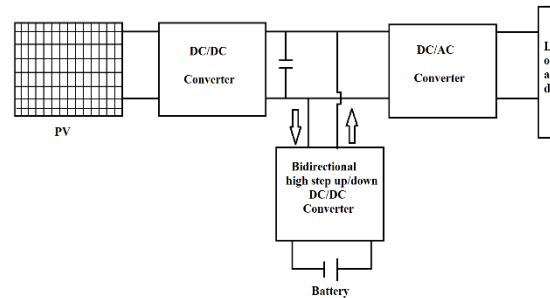
بهره مبدل در حالت افزایشده از رابطه (۳) طبق

رابطه (۶) قابل محاسبه است.

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{2}{1-D} \quad (6)$$

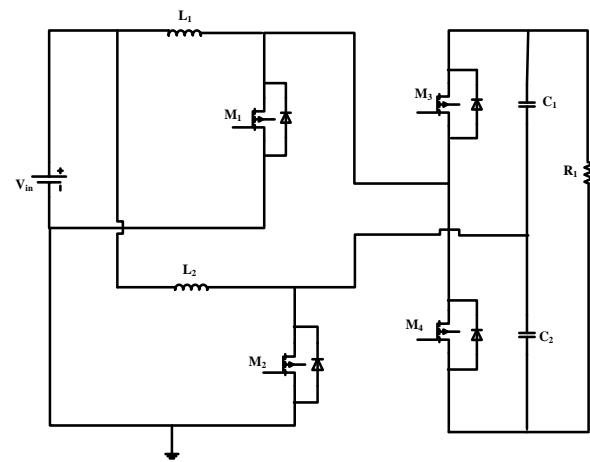
شکل (۳) مدار معادل مبدل و وضعیتهای مختلف

عملکرد مبدل را در حالت افزایشده نمایش می دهد.



شکل ۱: ساختار یک نمونه سیستم فوتوولتائیک

۲- مبدل دو جهته باک - بوست پیشنهادی



شکل ۲: شماتیک مبدل دو جهته باک - بوست اینترلیود

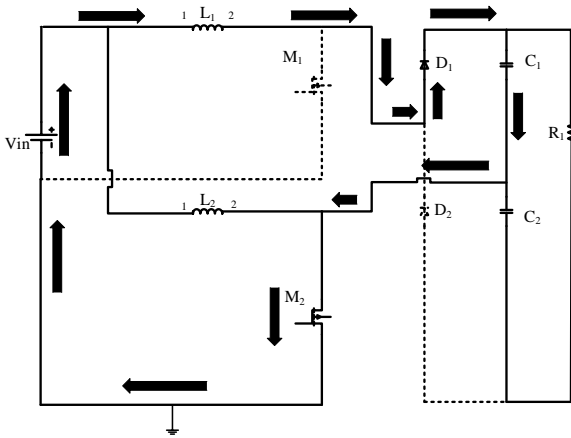
شکل بالا یک مبدل دو جهته باک - بوست را نمایش می دهد. در این مبدل از تکنیک اینتر لیود به منظور بهبود بهره استفاده شده است. در خروجی مبدل با استفاده از یکسو ساز دو برابر کننده ولتاژ به بهبود بهره کمک شده است. عملکرد این مبدل در دو حالت افزایشده و کاهشده می باشد که به طور جداگانه هر کدام از حالات در ادامه توضیح داده خواهد شد.

۲-۱- عملکرد مبدل پیشنهادی در حالت افزایشده

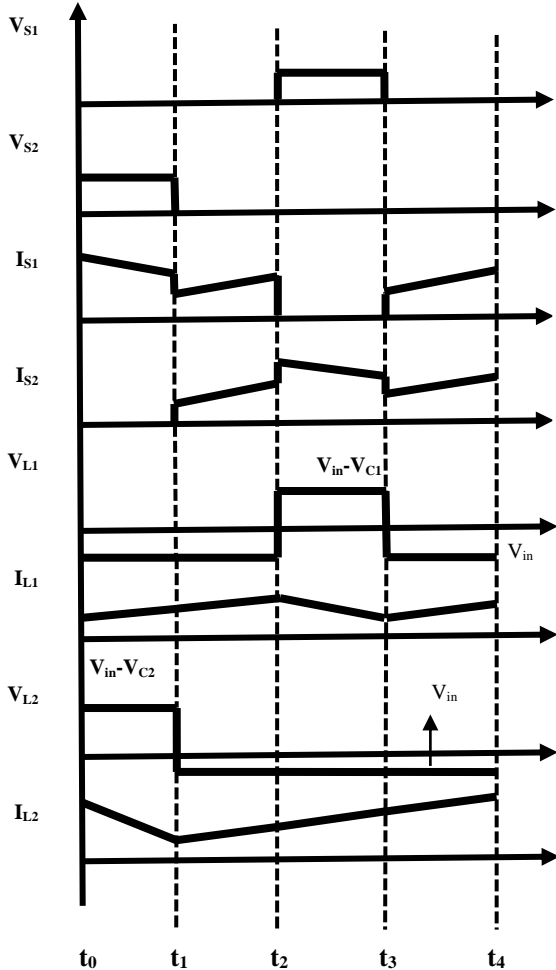
مبدل در این حالت دارای چهار وضعیت عملکرد می باشد:

وضعیت اول (t_0-t_1): در این وضعیت سوئیچ M_1

روشن و سوئیچ M_2 خاموش است. دیود D_1 به دلیل اینکه

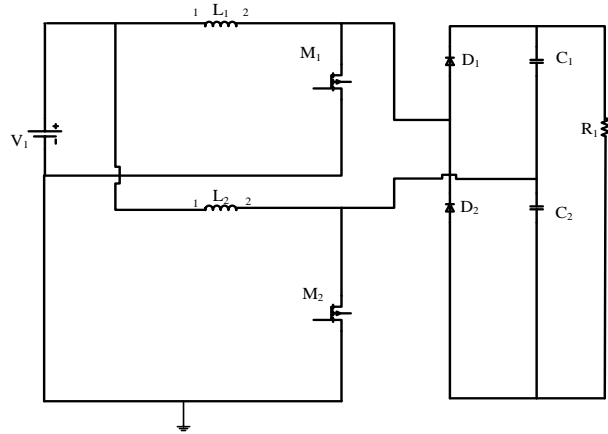


شکل (د) مدار معادل و وضعیت سوم (t_2-t_3)

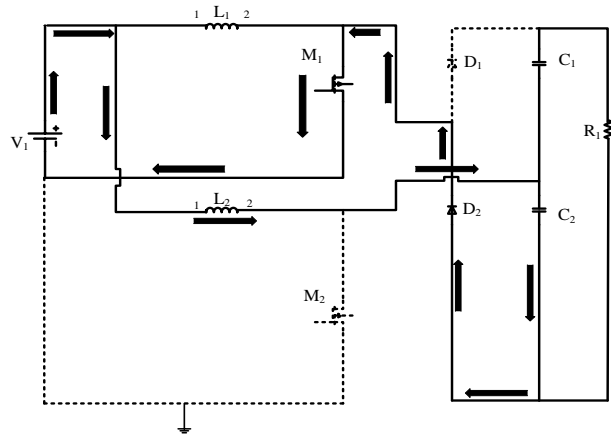


شکل (۴): برخی از شکل موجهای مبدل در حالت افزایشده

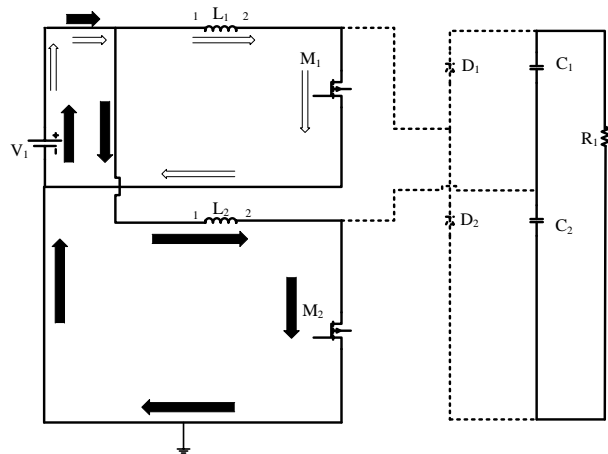
همچنین در شکل (۴) شکل موجهای مختلف مبدل قابل مشاهده است.



شکل (۳ الف) مدار معادل مبدل در حالت افزایشده



شکل (۳ ب) مدار معادل وضعیت اول (t_0-t_1)

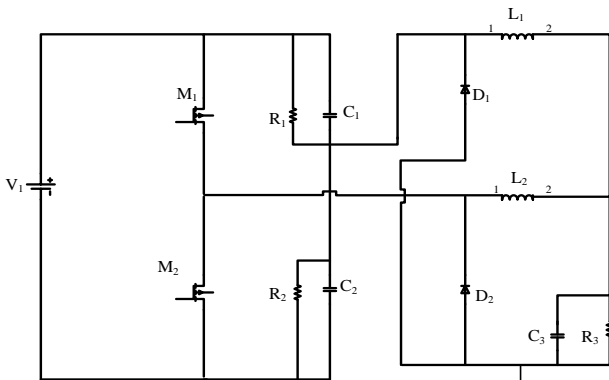


شکل (۳ ج) مدار معادل وضعیت دوم (t_1-t_2)

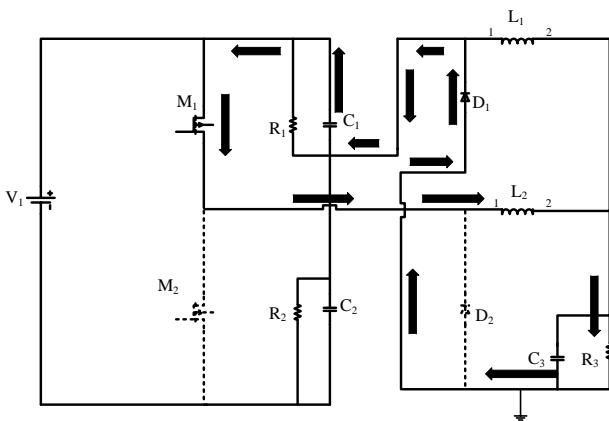
$$\frac{V_O}{V_{in}} = \frac{D}{2} \quad (14)$$

شکل (۵) مدار معادل مبدل و وضعیتهای مختلف

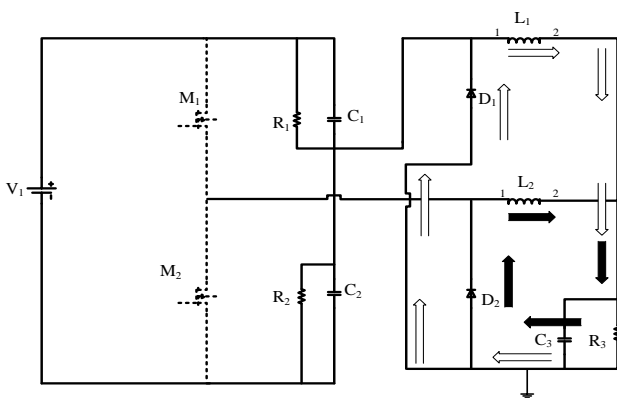
عملکرد مبدل را در حالت افزاینده نمایش می دهد. همچنین در شکل (۶) شکل موجهای مختلف مبدل قابل مشاهده است.



شکل (۵ الف) مدار معادل مبدل در حالت کاهنده



شکل (۵ ب) مدار معادل وضعیت اول (t0-t1)



شکل (۵ ج) مدار معادل وضعیت دوم (t1-t2)

۲-۲- عملکرد مبدل پیشنهادی در حالت کاهنده

وضعیت اول (t0-t1): در این وضعیت سوئیچ M1 روشن و سوئیچ M2 خاموش است. دیود D1 هدایت می کند و دیود D2 که ولتاژ معکوس دو سرش می افتد قطع است. خازن C1 از طریق مسیر سلف L2، مقاومت R3، و دیود D1 دشارژ می شود. ولتاژ این خازن در این وضعیت $\frac{V_{in}}{2}$ است. برخی از روابط مهم در این وضعیت مطابق زیر است:

$$(V_{C1} - V_O)(DT) = V_O(1 - D)T \quad (7)$$

$$V_{C1} = \frac{V_O}{D} \quad (8)$$

وضعیت دوم (t1-t2): در این وضعیت هر دو سوئیچ M1 و M2 خاموشند. دیودهای D1 و D2 هدایت می کنند و انرژی سلفهای L1 و L2 در خروجی تخلیه می شود. رابطه حاصل از این وضعیت عبارت است از:

$$V_{in} = V_{C1} + V_{C2} = \frac{V_O}{D} + \frac{V_O}{D} \quad (9)$$

$$I_{L1} = \frac{V_O}{L1} (t2-t1) \quad (10)$$

$$I_{L2} = \frac{V_O}{L2} (t2-t1) \quad (11)$$

وضعیت سوم (t2-t3): در این وضعیت سوئیچ M1 خاموش و سوئیچ M2 روشن است. دیود D2 هدایت می کند و دیود D1 که عکس پلاریته ولتاژ دو سرش می افتد قطع است. خازن C2 از طریق مسیر سلف L1، مقاومت R3، دیود D2 دشارژ می شود. ولتاژ این خازن در این وضعیت $\frac{V_{in}}{2}$ است. برخی از روابط مهم این وضعیت عبارت است از:

$$(V_{C2} - V_O)(DT) = V_O(1 - D)T \quad (12)$$

$$V_{C2} = \frac{V_O}{D} \quad (13)$$

وضعیت چهارم (t3-t0): اصول عملکرد مبدل در این وضعیت مانند وضعیت دوم می باشد.

بهره مبدل در حالت کاهنده طبق رابطه زیر بدست می

آید:

۲۰۲۱ آبان ماه ۱۳۹۴ - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

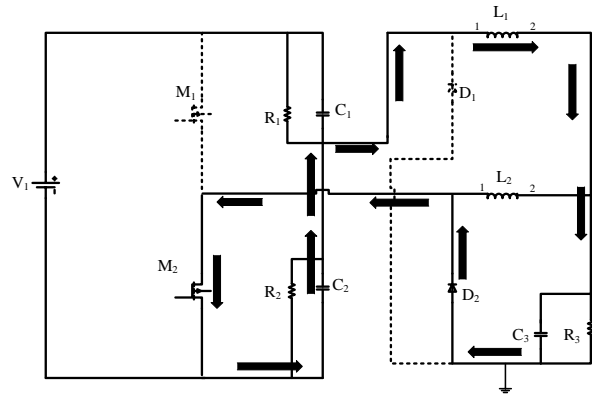
ورودی ۵۰ ولت برای حالت افزایشنده و ولتاژ ورودی ۴۰۰ ولت برای حالت کاهنده صورت گرفته است. المانهای استفاده شده و مقادیر محاسبه شده برای مبدل پیشنهادی به ترتیب در جداول (۱) و (۲) برای حالت افزایشنده و کاهنده ارائه شده است. همچنین شکل موجهای ولتاژ و جریان سلف در شکل‌های (۷) و (۸) به ترتیب برای حالت افزایشنده و کاهنده نمایش داده شده است.

جدول (۱) المانها و مقادیر برای حالت افزایشنده

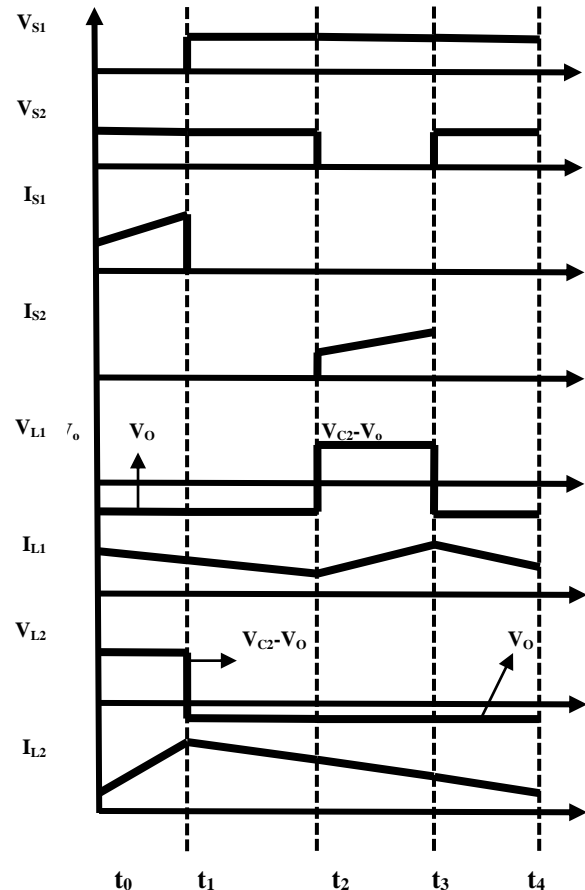
پارامتر	نام/مقدار
سوئیچهای مبدل	IRFP250
D_1, D_2	Dbreak
L_1, L_2	500 μ H
C_1, C_2	100 μ F
توان	200w
مقاومت خروجی	800 Ω
ولتاژ ورودی	50v
ولتاژ خروجی	400v
فرکانس سوئیچینگ	50KHZ
ضریب وظیفه	0.75

جدول (۲) المانها و مقادیر برای حالت کاهنده

پارامتر	نام/مقدار
سوئیچهای مبدل	IRFP250
D_1, D_2	Dbreak
L_1, L_2	500 μ H
C_1, C_2	100 μ F
توان	200w
مقاومت خروجی	12.5 Ω
ولتاژ ورودی	400v
ولتاژ خروجی	50v
فرکانس سوئیچینگ	50KHZ
ضریب وظیفه	0.25



شکل (۵-۵) مدار معادل وضعیت سوم (t_2-t_3)



شکل (۶) برخی از شکل موجهای مبدل در حالت کاهنده

۳- شبیه سازی مبدل پیشنهادی

در این بخش مبدل پیشنهادی توسط نرم افزار ارکد شبیه سازی و نتایج حاصل از آن ارائه شده است. در این مبدل شبیه سازی برای فرکانس سوئیچینگ ۵۰ کیلو هرتز، توان ۲۰۰ وات، ولتاژ

سوئیچ تلفات هدایتی سوئیچها کاهش پیدا می کند ، تلفات در یک المان متمرکز نیست و بین ماژولها تقسیم می شود که در نتیجه دفع حرارت بهتر صورت می گیرد ، تلفات بازیافت معکوس دیودها کاهش پیدا می کند و نصف شدن پیک جریان دیودها اشاره کرد.

۵- مراجع

[1] C.-C. Lin , L.-S. Yang, G.W.Wu . “Study of a non-isolated bidirectional dc-dc converter” . IET power electron. 2013.Vol 6 . Iss.1 , pp. 30-37

[2] R.-Y.Duan , J.-D.Lee .”High-efficiency bidirectional dc-dc converter with coupled inductor” . IET power electron.2012. Vol.5, Iss.1 , pp. 115-123

[3] R.-J.Wai , R.-Y.Duan , K.-H.Jheng. “High-efficiency bidirectional dc-dc converter with high-voltage gain”. IET power electron.2012. Vol.5, Iss.2, pp.173-184

[4] Minho Kwon, Secheol Oh, Sewan Choi. ”High gain soft – switching bidirectional dc-dc converter for eco-friendly vehicles”. IET transactions on power electronics. 2014.Vol.29,no.4, 1659-1666

[5] Lee, W.C., Yoo, C.G., Lee, K.C., Cho, B.H.: ‘Transient current suppression scheme for bi-directional DC/DC converters in 42 V automotive power systems’, J. Power Electron., 2009, 9, (4), pp. 517–525

[6] Do, H.L.: ‘Nonisolated bidirectional zero-voltage-switching DC–DC converter’, IEEE Trans. Power Electron., 2011, 26, (9), pp. 2563–2569

[7] Jin, K., Ruan, X., Yang, M., Xu, M.: ‘A hybrid fuel cell power system’, IEEE Trans. Ind. Electron., 2009, 56, (4), pp. 1212–1222

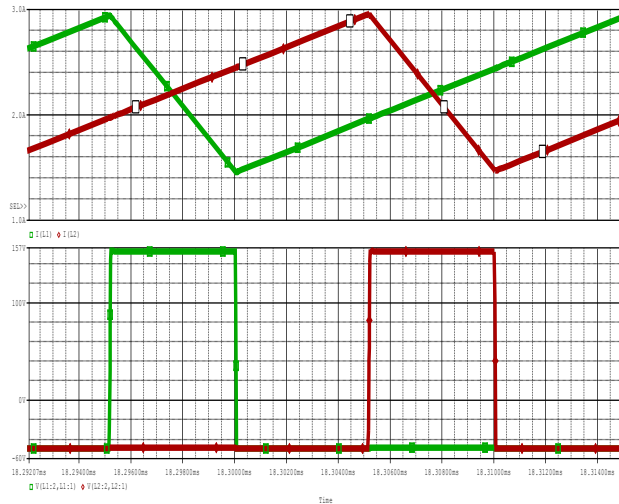
[8] Jin, K., Yang, M., Ruan, X., Xu, M.: ‘Three-level bidirectional converter for fuel-cell/battery hybrid power system’, IEEE Trans. Ind. Electron., 2010, 57, (6), pp. 1976–1986

[9] Chen, G., Lee, Y.S., Hui, S.Y.R., Xu, D., Wang, Y.: ‘Actively clamped bidirectional flyback converter’, IEEE Trans. Ind. Electron., 2000, 47,(4), pp. 770–779

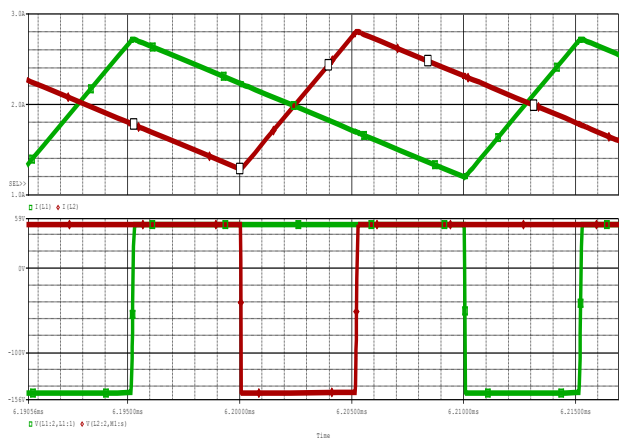
[10] Zhang, F., Yan, Y.: ‘Novel forward–flyback hybrid bidirectional DC–DC converter’, IEEE Trans. Ind. Electron., 2009, 56, (5), pp. 1578–1584

[11] Renewable Energy organization of iran. <http://www.suna.org.ir>. [5 Agusut 2015]

[12] Company to optimize fuel consumption. fco.ir/building/renew/sun.asp. [12 Agusut 2015]



شکل (۷) شکل موج جریانها و ولتاژهای سلفهای L_1 و L_2 مبدل در حالت افزایشده



شکل (۸) شکل موج جریانها و ولتاژهای سلفهای L_1 و L_2 مبدل در حالت کاهشده

۴- نتیجه گیری

تکنیک بکار رفته در مبدل باک - بوست پیشنهادی تکنیک اینترلیود به همراه یکسو ساز دو برابر کننده ولتاژ می باشد. روش اینترلیود یکی از روشهایی است که به منظور کاهش ریپل جریان بکار می رود. در مبدل هایی که از این روش در آنها استفاده شده سوئیچها با یک اختلاف فاز روشن و خاموش می شوند که مزیتهای استفاده از این روش می توان به مواردی از جمله : نصف شدن پیک جریان هر سوئیچ ، که با کاهش جریان هر