

کاربرد مبدل ماتریسی منبع امیدانسی سه فاز به تک فاز در توربین‌های بادی

وحید اسدی راد^(۱) - سید بابک مظفری^(۲) - سودابه سلیمانی مورچه خورتی^(۳)

(۱) دانشجوی کارشناسی ارشد - گروه مهندسی برق قدرت، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاداسلامی، تهران، ایران

(۲) استادیار - گروه مهندسی برق قدرت، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاداسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۷/۸

خلاصه: در این مقاله یک ایده‌ی جدید از مبدل ماتریسی منبع امیدانسی سه فاز به تک فاز مستقیم در توربین‌های بادی به صورت مستقل از شبکه ارائه شده است. در مبدل‌های ماتریسی منبع امیدانسی مستقیم تنظیم دامنه ولتاژ و فرکانس خروجی با سیستم کنترلی دارای اهمیت می‌باشد. در توربین‌های بادی به علت تغییر در سرعت باد فرکانس و ولتاژ ورودی در حال تغییر می‌باشد که این تغییرات را به راحتی می‌توان با استفاده از مبدل ماتریسی منبع امیدانسی مستقیم تنظیم کرد. همچنین یک طرح کنترلی برای مبدل ماتریسی منبع امیدانسی سه فاز به تک فاز پیشنهادی ارائه شده است. استراتژی کنترلی برای مبدل ماتریسی منبع امیدانسی سه فاز به تک فاز مستقیم خواهد توانست ولتاژ و فرکانس خروجی را در یک مقدار مطلوب تنظیم کند و همچنین اعوجاج هارمونیک کل پایین در ولتاژ خروجی را تولید کند. ساختار و روش کنترلی پیشنهاد شده با استفاده از محیط سیمولینک نرم افزار متلب شبیه‌سازی شده و نتایج برای تأیید عملکرد مبدل ماتریسی منبع امیدانسی مستقیم در توربین بادی مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: مبدل منبع امیدانسی، مبدل سه فاز به تک فاز، توربین بادی، روش کنترلی بنگ بنگ

The Application of Three-Phase to Single-Phase Z-Source Matrix Converter in Wind Turbine

Vahid Asadi Rad⁽¹⁾ - Seyed Babak Mozafari⁽²⁾ - Soodabeh Soleymani Morcheh Khorti⁽²⁾

(1) MSc - Department of Electrical Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad university, Tehran, Iran

vahid.asadi69212@gmail.com

(2) Assistant Professor - Department of Electrical Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad university, Tehran, Iran

mozafari@srbiau.ac.ir

s.soleymani@srbiau.ac.ir

In this paper a new idea of direct three-phase to single-phase Z-source matrix converter (impedance-source matrix converter) applicable in stand-alone wind turbine is introduced. In the direct Z-source matrix converter amplitude of output voltage and frequency regulation are of importance to control system. In wind turbines, input voltage and frequency are usually changing due to wind speed variation that these alterations could be easily regulated by means of a direct Z-source matrix converter. A scheme is also offered to control the proposed direct three-phase to single-phase Z-source matrix converter. the control strategy would be able to adjust the output voltage and frequency at desired value as well as producing low THD (total harmonic distortion) at the output voltage. The proposed structure and the control methodology are simulated using matlab simulink software and results are investigated and discussed to confirm the performance of the direct Z-source matrix converter in wind turbine.

Index Terms: Z-source converter, three-phase to single-phase converter, wind turbine, bang-bang methode control.

۱- مقدمه

صورت تک فاز مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از مبدل سه فاز به سه فاز در توربین بادی هزینه ساخت توربین‌های بادی را در مناطق روستایی دور افتاده بالا می‌برد؛ چون نیازمند سوئیچ‌ها و المان‌های مداری بالایی می‌باشد که هزینه تعمیر و نگهداری را بالا خواهد برد. استفاده از مبدل ماتریسی منبع امپدانسی سه فاز به تک فاز در توربین‌های بادی خواهد توانست مشکل هزینه را حل کرده و توان بیشتری را نسبت به حالتی که یک فاز از سه فاز ژنراتور مورد استفاده قرار می‌گیرد داشته باشد. همچنین یک روش کنترلی در سوئیچینگ مبدل‌های ماتریسی منبع امپدانسی سه فاز به تک فاز، ولتاژ خروجی تقریباً ثابت با فرکانس ثابتی در اختیار مصرف‌کنندگان خانگی به صورت مستقل از شبکه قرار دهد. به عبارتی پیشنهاد به کارگیری مبدل ماتریسی منبع امپدانسی سه فاز به تک فاز در توربین‌های بادی قادر خواهد بود با صرف هزینه اقتصادی ناچیز به علت استفاده از ۴ سوئیچ به جای ۹ سوئیچ و عدم استفاده از مدارهای کلمپ و روش کنترلی پیچیده، راه را برای کاربردی کردن این مبدل‌ها در توربین‌های بادی فراهم آورد.

در این مقاله ابتدا ساختار مبدل ماتریسی منبع امپدانسی سه فاز به تک فاز ارائه خواهد شد و سپس روش کنترلی آن مطرح می‌گردد و در نهایت با ارائه یک شبیه‌سازی تغییرات فرکانس و ولتاژ ورودی مبدل ماتریسی منبع امپدانسی سه فاز به تک فاز پیشنهاد شده در این مقاله جهت به کارگیری در نیروگاه‌های بادی مورد بررسی قرار گرفته و نتایج مربوطه ارائه خواهد شد.

۲- ساختار پیشنهادی برای مبدل ماتریسی منبع امپدانسی سه

فاز به تک فاز در توربین‌های بادی

در توربین‌های بادی به علت تغییر در سرعت باد میزان فرکانس و ولتاژ خروجی ژنراتور در حال تغییر است. در گذشته از مبدل‌های ماتریسی غیرمستقیم در توربین‌های بادی استفاده می‌شد که راندمان پایین‌تری نسبت به مبدل‌های ماتریسی مستقیم داشتند [۱-۲].

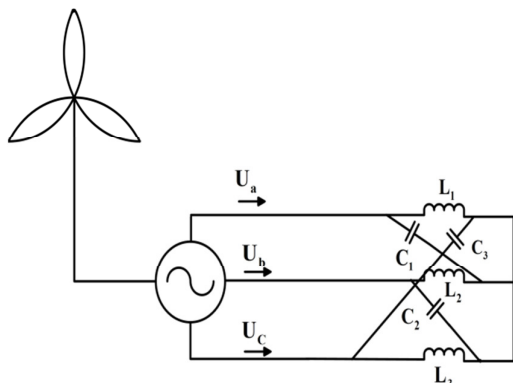
در مبدل ماتریسی مستقیم به کارگیری مدارهای کلمپ که به منظور جلوگیری از اضافه ولتاژ استفاده می‌شود و همچنین وجود مدارهای کنترلی پیچیده، منجر به افزایش در هزینه‌ها و حجم سیستم می‌گردد [۱]. ولی در این ساختار که در شکل (۱) نشان داده شده است، مبدل ماتریسی منبع امپدانسی سه فاز به تک فاز به یک ژنراتور سه فاز سنکرون توربین بادی وصل شده است. در این ساختار از ۴ سوئیچ برای تأمین برق تک فاز از سه فاز استفاده شده است. مبدل منبع امپدانسی شامل سه سلف و سه خازن می‌باشد که با عمل شارژ و دشارژ که روی سلف‌ها و خازن‌ها توسط سوئیچ‌ها انجام می‌گیرد، ولتاژ خروجی مبدل را تقویت و یا تضعیف می‌نماید. ساختار کلیدهای S_{cA} ، S_{bA} ، S_{aA} به صورت امیتر مشترک است [۱۶].

از آنجا که امروزه استفاده از انرژی‌های نو بیشتر مورد توجه قرار گرفته است و از بین انرژی‌های نو توربین بادی راندمان بالاتری نسبت به سلول‌های خورشیدی دارد. به همین دلیل استفاده از مبدلی که بتواند حداکثر راندمان را به مصرف‌کنندگان ارائه دهد، مورد توجه است. در توربین‌های بادی به علت تغییر در سرعت باد، ولتاژ و فرکانس در حال تغییر می‌باشد [۱]. همچنین در توربین‌های بادی انرژی الکتریکی به صورت متناوب سه فاز تولید می‌شود، ولی در بسیاری از مصارف خانگی و تأمین برق مناطق دور از شبکه سراسری به صورت تک فاز و مستقل از شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد که این نیازمند مبدلی خواهد بود تا ولتاژ سه فاز را به ولتاژ تک فاز تبدیل کند و همچنین این مبدل علاوه بر تبدیل سه فاز به تک فاز، دامنه و فرکانس دلخواه را به منظور عملکرد مناسب مصرف‌کنندگان ایجاد نماید [۳-۱]. بهترین روش کنترلی که در مبدل ماتریسی غیرمستقیم و مستقیم در توربین‌های بادی مورد استفاده قرار می‌گیرد، روش کنترلی مدولاسیون بردار فضایی می‌باشد [۴-۶]. استفاده از مبدل ماتریسی غیرمستقیم در توربین‌های بادی به علت وجود لینک خازن DC راندمان پایینی نسبت به مبدل ماتریسی مستقیم دارد [۱]. همچنین استفاده از مبدل ماتریسی مستقیم در توربین‌های بادی به علت استفاده از مدارهای کلمپ و کنترلرهای پیچیده حجم و هزینه بالایی دارد [۴-۷]. ساختار و روش کنترلی پیشنهادی خواهد توانست بدون نیاز به هیچ مدار کلمپ و کنترلر پیچیده، با حجم و هزینه کم، ولتاژ با فرکانس ثابت را در اختیار مصرف‌کنندگان قرار دهد.

ساختار مبدل ماتریسی سه فاز به تک فاز برای اولین بار توسط khan, zioagas, rashid در ۱۹۸۸ ارائه شد. در این حالت از ۶ کلید در ساختار مبدل ماتریسی استفاده شده است که برای تغذیه یک بار اهمی - سلفی بود [۸]. مبدل منبع امپدانسی^۱ برای اولین بار در سال ۲۰۰۳ توسط peng ارائه شد که از دو سلف و دو خازن تشکیل یافته است و قابلیت کنترل ولتاژ را با تغییر سیکل کار دارد [۹]. پس از آن مبدل ماتریسی منبع امپدانسی^۲ برای اولین بار توسط Peng, Fang, Zhang, Qian در سال ۲۰۰۶ معرفی شد [۱۰]. مبدل ماتریسی به دو صورت می‌تواند به مبدل منبع امپدانسی وصل شود. حالت اول مبدل ماتریسی منبع امپدانسی مستقیم است، که مبدل ماتریسی مستقیم به انتهای مبدل منبع امپدانسی وصل می‌شود و حالت دوم مبدل ماتریسی منبع امپدانسی غیرمستقیم است که مبدل منبع امپدانسی بین یکسوساز و اینورتر قرار می‌گیرد [۱۱]. راندمان در مبدل ماتریسی منبع امپدانسی مستقیم بیشتر از مبدل ماتریسی منبع امپدانسی غیرمستقیم می‌باشد [۱۱-۱۲].

تاکنون مطالعاتی در مورد مبدل ماتریسی منبع امپدانسی سه فاز به تک فاز ارائه شده [۱۵-۱۳]، ولی هیچ مطالعاتی در مورد کاربردی کردن این مبدل‌ها در توربین‌های بادی ارائه نشده است. در مناطق روستایی دور افتاده انتقال انرژی هزینه‌ی بالایی داشته و برق بیشتر این مناطق به

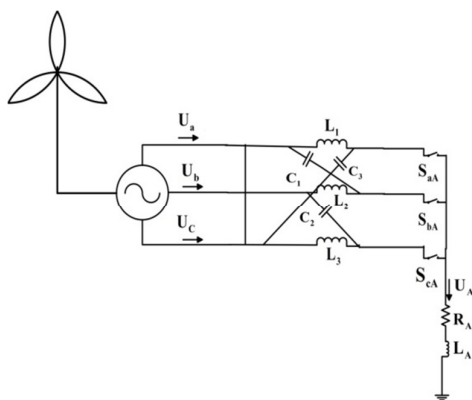
طبق جدول (۱) در حالت اول زمانی که کلید S_1 خاموش است، انتهای مدار در حالت اتصال کوتاه قرار گرفته و زمانی که روشن است حالت‌های ۲ تا ۴ اتفاق خواهد افتاد و مدار به صورت یک مبدل ماتریسی سه فاز به تک فاز عمل خواهد کرد که در این عمل با تغییرات در شارژ و دشارژ سلف و خازن، توسط تغییر در سیکل کاری کلیدزنی، ولتاژ ورودی به شبکه را کنترل خواهد کرد. شکل (۲) حالت اتصال کوتاه را نشان می‌دهد، زمانی که کلید S_1 خاموش است.



شکل (۲): حالت اتصال کوتاه در مبدل ماتریسی منبع امپدانس سه فاز به تک فاز در توربین بادی

Fig. (2): The shoot-circuited state in z-source matrix converter in wind turbine

شکل (۳) حالتی را نشان می‌دهد، که کلید S_1 روشن و مدار در حالت یک مبدل ماتریسی سه فاز به تک فاز معمولی قرار دارد.

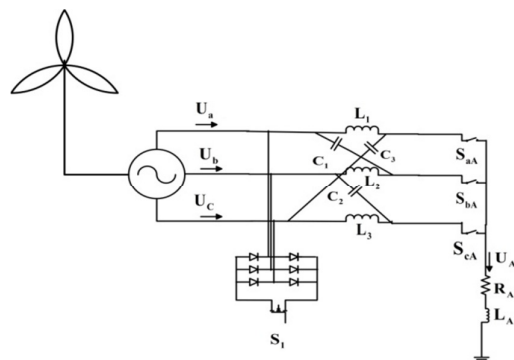


شکل (۳): مبدل ماتریسی منبع امپدانس زمانی که کلید S_1 روشن است

Fig. (3): The z-source matrix converter when the switch S_1 is ON

۳-۱- الگوریتم کنترلی مبدل ماتریسی منبع امپدانس سه فاز به تک فاز در توربین بادی

به منظور انتخاب مد مجاز برای کلیدزنی در هر لحظه روش کنترلی بنگ-بنگ پیشنهاد شده است که در شکل (۴) نشان داده شده است. این روش کنترلی بر اساس شش ورودی برای تولید سیگنال کلیدزنی خروجی می‌باشد. U_o و f_o به ترتیب ولتاژ و فرکانس خروجی می‌باشد،



شکل (۱): ساختار پیشنهادی برای توربین بادی سه فاز به تک فاز

Fig. (1): The proposed structure for three-phase to single-phase wind turbine

در شکل (۱) ولتاژهای U_a ، U_b ، U_c ولتاژ ورودی و U_A ولتاژ خروجی مبدل ماتریسی منبع امپدانس سه فاز به تک فاز که اندازه آنها بر اساس روابط (۱) تا (۴) می‌باشد.

$$u_a = u_i \sin(\omega_i t) \quad (1)$$

$$u_b = u_i \sin(\omega_i t - \frac{2\pi}{3}) \quad (2)$$

$$u_c = u_i \sin(\omega_i t + \frac{2\pi}{3}) \quad (3)$$

$$u_A = u_o \sin(\omega_o t) \quad (4)$$

بهترین روش کنترلی در مبدل ماتریسی منبع امپدانس روش کنترلی مدولاسیون بردار فضایی می‌باشد. این روش کنترلی نیازمند یک مدار کلمپ و فیلتر ورودی خواهد بود تا ولتاژهای اضافی را حذف کند و مقدار جریان ورودی به کلیدها را کنترل نماید [۱]، [۴-۷]، [۱۱-۱۲]. ولی روش کنترلی پیشنهادی هیچ نیازی به مدار کلمپ و فیلتر ورودی نخواهد داشت و با یک کنترلر ساده خواهد توانست ولتاژ با فرکانس ثابت را در خروجی تولید کند.

۳- روش کنترل فرکانس و ولتاژ پیشنهادی

روش کنترلی که در ساختار مبدل ماتریسی منبع امپدانس سه فاز به تک فاز در توربین‌های بادی ارائه شده، روش کنترلی بنگ-بنگ است. حالت‌های کلیدزنی مجاز در جدول (۱) آمده است که شامل ۴ حالت است. در حالتی که کلید S_1 خاموش می‌باشد، کلید S_{aA} ، S_{bA} ، S_{cA} روشن است و زمانی که کلید S_1 روشن می‌باشد سه کلید مبدل ماتریسی در سه حالت مختلفی که در جدول (۱) نشان داده شده است عمل می‌نمایند.

Table (1): Switching of state z-source matrix converter in wind turbine

جدول (۱): حالت کلیدزنی مبدل ماتریسی منبع امپدانس در توربین بادی

حالت کلیدزنی	S_{cA}	S_{bA}	S_{aA}	S_1
1	1	1	1	0
2	0	0	1	1
3	0	1	0	1
4	1	0	0	1

با توجه به رابطه (۸) در هر لحظه سه ولتاژی که دارای کمترین اختلاف با شکل موج ولتاژهای خروجی مطلوب باشند انتخاب و به خروجی منتقل می‌شود. روش کنترلی مورد استفاده در مبدل‌های ماتریسی منبع امیدانسی سه فاز به تک فاز در توربین‌های بادی هیچ محدودیتی از لحاظ دامنه ولتاژ و فرکانس ورودی ندارد و خواهد توانست ولتاژ خروجی ثابت با فرکانس ثابت را به بار تحویل دهد.

۴- نتایج شبیه‌سازی

به منظور تأیید صحت مطالب بیان شده مبدل ماتریسی منبع امیدانسی سه فاز به تک فاز در توربین‌های بادی با روش کنترلی پیشنهادی، در محیط Simulink نرم‌افزار Matlab بررسی می‌شود. نظر به اینکه اغلب انرژی الکتریکی متناوب توسط بارهای پس فاز مورد استفاده قرار می‌گیرد، در اینجا نیز مدار مبدل ماتریسی منبع امیدانسی سه فاز به تک فاز یک بار اهمی-سلفی است. هدف این شبیه‌سازی این است که با تغییر در فرکانس و دامنه ولتاژ ورودی، ولتاژ تقریباً ثابت با فرکانس ثابت برای اتصال به بار به صورت مستقل از شبکه فراهم شود. پارامترهای مربوط به شبیه‌سازی به صورت جدول (۲) می‌باشد.

که باید توسط کاربر تنظیم شود. چهار ورودی دیگر مربوط به ولتاژ ورودی با فازهای مختلف است. سه ورودی مربوط به ولتاژ ورودی و یک ورودی دیگر مربوط به *duty cycle* کلیدزنی می‌باشد که باید توسط کاربر تنظیم شود. روش کنترلی بنگ-بنگ بر اساس مقایسه‌ی بین شکل موج ولتاژ لحظه‌ای ورودی با ولتاژ خروجی مطلوب عمل می‌کند؛ و با این مقایسه هر وقت شکل موج ورودی دارای کمترین اختلاف باشد، برای نمایش در خروجی انتخاب می‌شود.

رابطه بین ولتاژ ورودی و ولتاژ خروجی به صورت روابط (۵) تا (۷) می‌باشد.

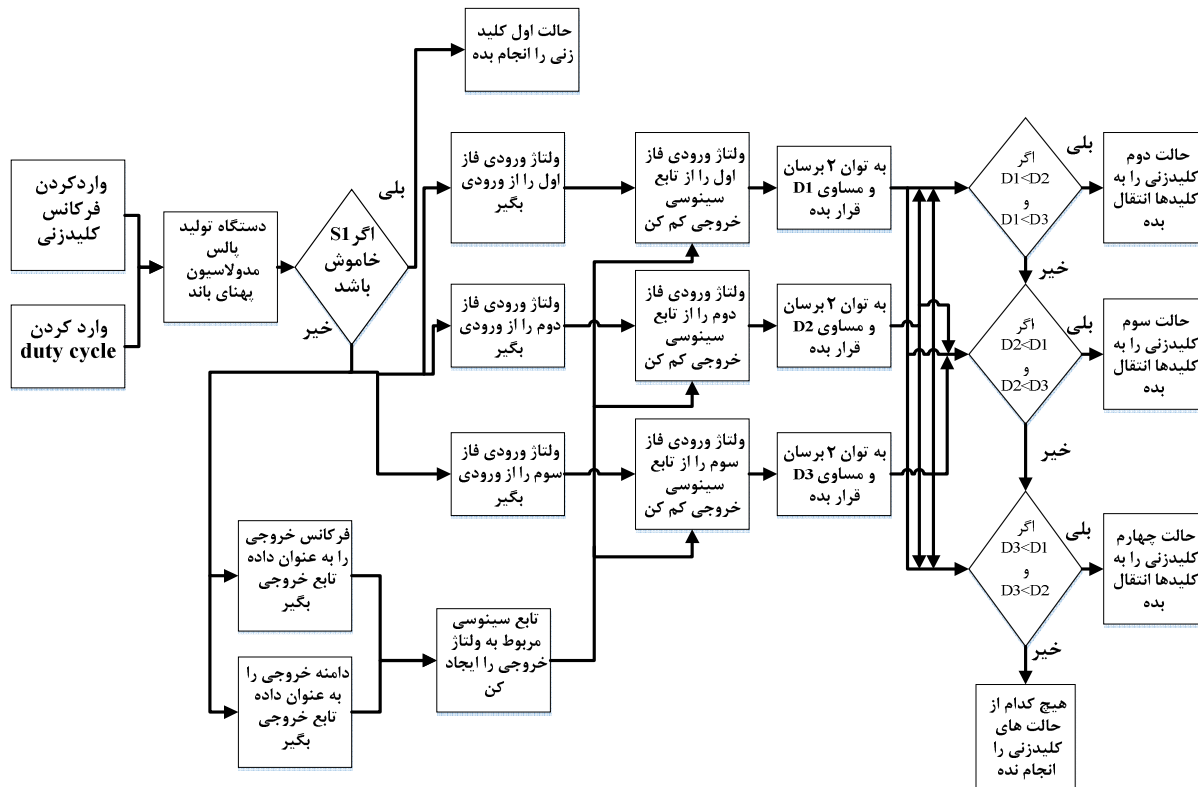
$$e_a = (|U_a - U_o \sin(\omega_o t)|)^2 \quad (5)$$

$$e_b = (|U_b - U_o \sin(\omega_o t)|)^2 \quad (6)$$

$$e_c = (|U_c - U_o \sin(\omega_o t)|)^2 \quad (7)$$

روابط (۵) تا (۷) برای تعیین شکل موج ولتاژ مطلوب خروجی تک فاز است. تابع هدف را می‌توان به صورت رابطه (۸) بدست آورد.

$$E_T = \min(e_a, e_b, e_c) \quad (8)$$



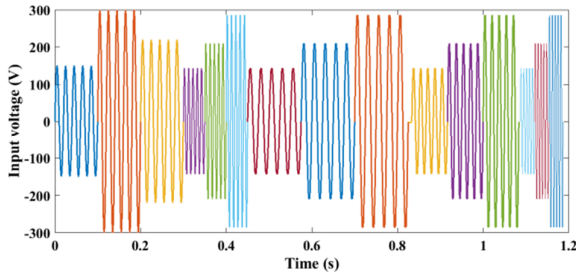
شکل (۴): الگوریتم پیشنهادی مبدل ماتریسی منبع امیدانسی سه فاز به تک فاز در توربین بادی

Fig. (4): The proposed algorithm for three-phase to single-phase wind turbine

Table (4): Achieved values by changing input voltage and frequency

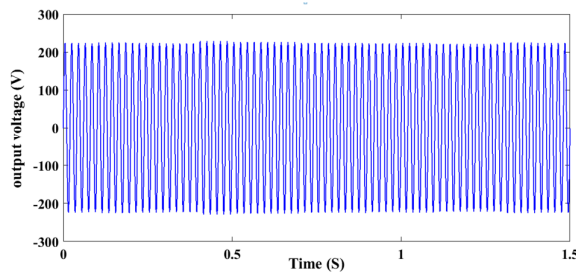
جدول (۴): مقادیر به دست آمده با تغییر در ولتاژ و فرکانس ورودی

50 HZ	فرکانس خروجی
30-150HZ	بازه تغییرات فرکانس ورودی
$C_1 = L_1 = L_2 = L_3 = 1.5\text{mH}$ $C_2 = C_3 = 10\mu\text{F}$	پارامترهای شبکه منبع امپدانس
$R=10\ \Omega, L=50\ \text{mH}$	بار خروجی
5KHZ	فرکانس کلیدزنی



شکل (۵): تغییرات ولتاژ و فرکانس ورودی در مبدل ماتریسی منبع امپدانس
Fig. (5): Variations of input voltage and frequency in z-source matrix converter

شکل (۶) تغییرات ولتاژ و فرکانس خروجی در مبدل ماتریسی منبع امپدانس سه فاز به تک فاز را برحسب زمان نشان می‌دهد که ولتاژ خروجی تقریباً ثابت با فرکانس ۵۰ هرتز دارد.



شکل (۶): تغییرات ولتاژ و فرکانس خروجی در مبدل ماتریسی منبع امپدانس
Fig. (6): variations of output voltage and frequency in z-source matrix converter

شکل (۷) نمودار تغییرات THD بر حسب فرکانس را نشان می‌دهد که اعوجاج هارمونیک کل^۳ ولتاژ خروجی پایین‌تر از ۴ درصد می‌باشد.

Table (2): simulation parameters

جدول (۲): پارامترهای مربوط به شبیه‌سازی

u_i	F_i	u_o	%THD	%Duty cycle
150	40	223.4	2.11	27
220	40	224.8	3.12	20
300	40	224.2	4.23	25.5
150	50	222.9	2.34	32
220	50	229	1.79	22
300	50	226.6	1.49	20
150	60	226.2	2.02	35
220	60	223.7	2.86	24
300	60	224.5	3.71	20
150	100	222.2	1.88	51
220	100	223.6	1.55	32.15
300	100	221.6	1.45	25.5
150	150	221.8	1.91	72
220	150	225	1.88	44
300	150	223.8	1.14	34

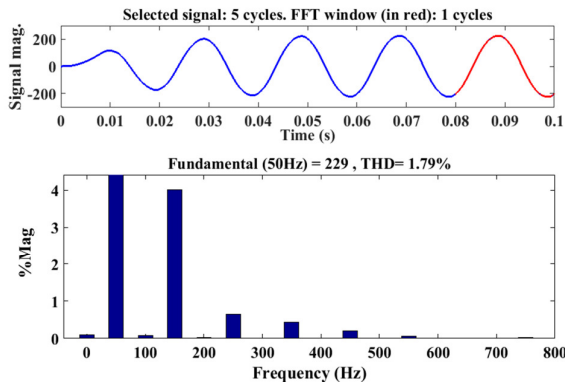
در این شبیه‌سازی تغییرات فرکانس از ۳۰ هرتز تا ۲۰۰ هرتز با ولتاژ ۲۲۰ ولت در نظر گرفته شده و با تغییر در سیکل کاری مقدار دامنه ولتاژ در مقدار تقریباً ثابتی نگه داشته شده است. مقادیر به دست آمده از این شبیه‌سازی در جدول (۳) آمده است.

برای تأیید اینکه روش کنترلی پیشنهادی قادر است هر ولتاژ ورودی با دامنه و فرکانس متفاوت را به ولتاژی با دامنه و فرکانس ثابت تبدیل کند ورودی مبدل با ولتاژ و فرکانس‌های متفاوت در نظر گرفته شده است که در جدول (۴) و شکل (۵) به صورت نمونه چند مورد آورده شده است، که شامل سه ولتاژ ورودی ۱۵۰ ولت و ۲۲۰ ولت و ۳۰۰ ولت با فرکانس ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۱۰۰، ۱۵۰ هرتز می‌باشد.

Table (3): Achieved values by changing input frequency at 220 V input voltage

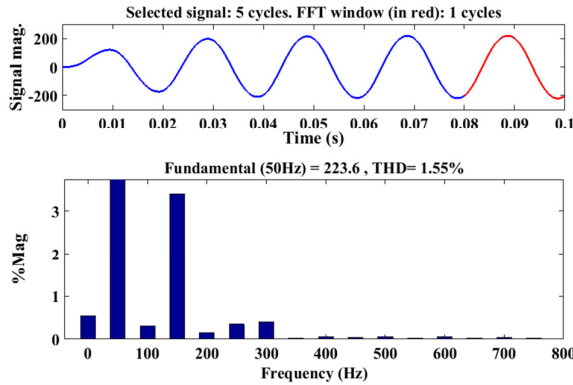
جدول (۳): مقادیر به دست آمده با تغییر در فرکانس ورودی در ولتاژ ۲۲۰ ولت

F_i	u_o	%THD	%Duty cycle
30	228	2.76	20
40	224.8	3.12	20
50	229	1.79	22
60	223.7	2.86	24
70	220.5	2.26	26
80	221.9	1.09	28.5
90	221.7	2.36	30
100	223.6	1.55	32.15
110	221.7	1.67	35
120	222.5	1.69	37
130	224.8	1.72	40
140	224.5	1.89	42
150	225	1.88	44
160	223.6	2.08	46
170	222.2	1.89	48
180	222.3	1.78	50.5
190	224.2	2.04	52.5
200	222.6	1.91	54.5



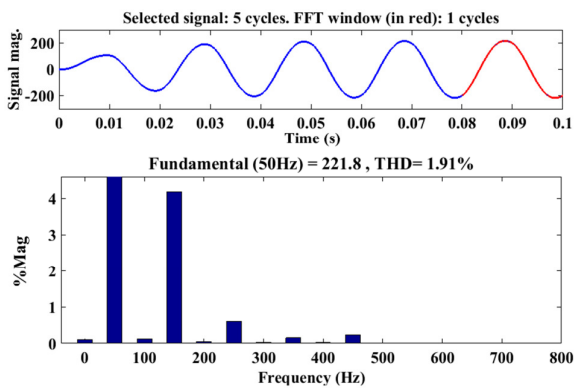
شکل (۱۰): ولتاژ خروجی و تحلیل هارمونیک با فرکانس ورودی ۵۰ هرتز
Fig. (10): Output voltage and FFT analysis with 50 Hz input frequency

شکل (۱۱) ولتاژ خروجی و تحلیل هارمونیک را برای فرکانس ورودی ۱۰۰ هرتز با دامنه ولتاژ ورودی ۲۲۰ ولت را نشان می‌دهد.

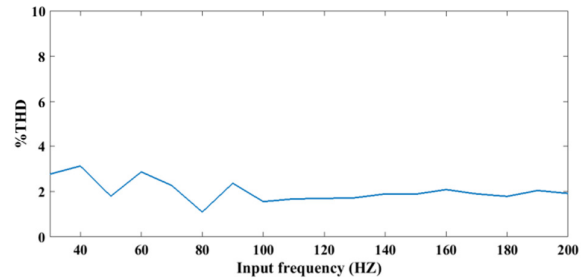


شکل (۱۱): ولتاژ خروجی و تحلیل هارمونیک با فرکانس ورودی ۱۰۰ هرتز
Fig. (11): Output voltage and FFT analysis with 100 Hz input frequency

شکل (۱۲) ولتاژ خروجی و تحلیل هارمونیک را برای فرکانس ورودی ۱۵۰ هرتز با دامنه ولتاژ ورودی ۱۵۰ ولت را نشان می‌دهد.

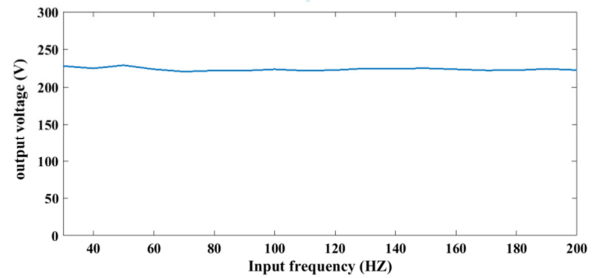


شکل (۱۲): ولتاژ خروجی و تحلیل هارمونیک با فرکانس ورودی ۱۵۰ هرتز
Fig. (12): Output voltage and FFT analysis with 150 Hz input frequency



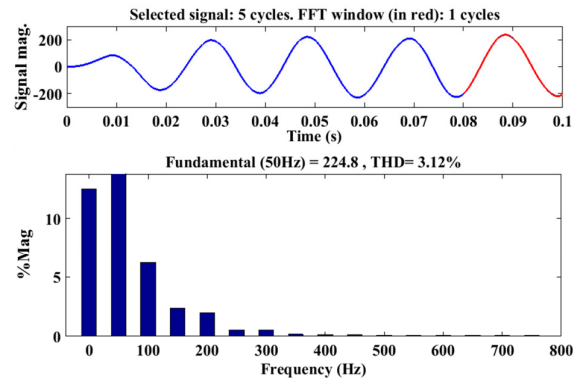
شکل (۷): نمودار تغییرات THD بر حسب فرکانس ورودی
Fig. (7): THD variations curve versus input frequency

شکل (۸) نمودار تغییرات ولتاژ خروجی بر حسب فرکانس ورودی را نشان می‌دهد. حداقل ولتاژ خروجی ۲۲۰/۵ ولت و حداکثر ولتاژ خروجی ۲۲۹ ولت است. اختلاف ولتاژ بین حداقل و حداکثر ولتاژ خروجی ۸/۵ ولت و تغییرات ولتاژی در حدود ۳ درصد دارد.



شکل (۸): نمودار تغییرات دامنه ولتاژ خروجی بر حسب فرکانس ورودی
Fig. (8): The output voltage amplitude variations curve versus input frequency

شکل (۹) ولتاژ خروجی و تحلیل هارمونیک را برای فرکانس ورودی ۴۰ هرتز با ولتاژ ۲۲۰ ولت را نشان می‌دهد.



شکل (۹): ولتاژ خروجی و تحلیل هارمونیک با فرکانس ورودی ۴۰ هرتز
Fig. (9): Output voltage and FFT analysis with 40 Hz input frequency

شکل (۱۰) ولتاژ خروجی و تحلیل هارمونیک را برای فرکانس ورودی ۵۰ هرتز با ولتاژ ورودی ۲۲۰ ولت را نشان می‌دهد.

توربین‌های بادی مزیت‌های فراوانی دارد. از مزیت‌های این ساختار پیشنهادی می‌توان به سادگی ساختار و هزینه پایین این مبدل و تلفات کمتر آن به علت استفاده نکردن از مدارهای کلمپ و کنترلرهای پیچیده و همچنین به مزایایی همچون سادگی و فشرده بودن مدار و استفاده از کلیدهای کمتر و کاهش استرس بر روی کلیدها و کاهش اعوجاج هارمونیک کل اشاره کرد.

پی‌نوشت:

1. Z-Source Converter
2. Z-Source Matrix Converter
3. Total Harmonic Distortion (THD)

شکل (۹) تا (۱۲) نشان می‌دهند که با تغییر در فرکانس و ولتاژ ورودی ولتاژ تقریبی ۲۲۰ ولت با فرکانس ۵۰ هرتز تولید شده است.

۵. نتیجه گیری

ایده‌ی جدید مبدل‌های ماتریسی منبع امپدانسی سه فاز به تک فاز در توربین‌های بادی در این مقاله ارائه شده است. در این مقاله برای کنترل دامنه ولتاژ و فرکانس خروجی از روش کنترلی بنگ-بنگ در مبدل‌های ماتریسی منبع امپدانسی سه فاز به تک فاز استفاده شده که قادر است دامنه ولتاژ تقریباً ثابت با فرکانس ثابت را به صورت مستقل از شبکه در بارهای خانگی ارائه دهد. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد استفاده از مبدل‌های ماتریسی منبع امپدانسی سه فاز به تک فاز در توربین‌های بادی برای صنعتی‌سازی این مبدل‌ها می‌باشد. استفاده از این مبدل در

References

- [1] R.K. Gupta, G.F. Castelino, K.K. Mohapatra, N. Mohan, "A novel integrated three-phase, switch multi-winding power electronic transformer converter for wind power generation system", Proceeding of the IEEE/IECON, Vol. 6, pp. 4481-4486, Nov. 2009.
- [2] S. Sunter, "A vector controlled matrix converter induction motor drive", Ph.D Thesis, University of Nottingham, July 1995.
- [3] N. Mohan, T.M. Undeland, W.P. Robbins, "Power electronics: Converters, applications, and design", John Wiley and Sons Inc., Second Edition, 1995.
- [4] G. Sharma, K.R. Niazi, Ibraheem, R.C. Bansal, "LS-SVM based AGC of power System with Dynamic Participation from DFIG based Wind Turbine", Renewable Power Generation Conference (RPG 2014), 3rd, pp.1-6, 2014.
- [5] H.R. Mosaddegh, H. Abootorabi Zarchi, "Variable structure direct torque control of brushless doubly fed induction generator for wind turbine applications", Proceeding of the ICEE, pp. 671-676, Iran, 2014.
- [6] Z. Zhang, Y. Zhao, W. Qiao, L. Qu, "A discrete-time direct torque control for direct-drive PMSG-based wind energy conversion systems", IEEE Trans. on Industry Applications, Vol. 51, pp. 1-11, 2015.
- [7] J.S. Lee, Y. Bak, K.B. Lee, F. Blaabjerg, "MPC-SVM method for Vienna rectifier with PMSG used in Wind Turbine Systems", Proceeding of the IEEE/APEC, pp. 3416-3421, 2016.
- [8] S.I. Khan, M.H. Rashid, P.D. Ziogas, "Analysis and design improved three of to single phase cycloconverter", Proceeding of the IEEE/IECON, pp. 603-610, Oct. 1988.
- [9] F.Z. Peng, "Z-source inverter", IEEE Trans. on Industry Applications, Vol. 39, pp. 504-510, 2003.
- [10] F. Zhang, X. Fang, F.Z. Peng, Z. Qian, "A new three-phase ac-ac Z-source converter", Proceeding of the IEEE/APEC, pp. 123-126, March 2006.
- [11] K. Park, S.T. Jou, K.B. Lee, "Z-source matrix converter with unity ratio", Proceeding of the IEEE/IECON, pp.4523-4528, Nov. 2009.
- [12] S. Liu, B. Ge, X. Jiang, H.A. Rub, F.Z. Peng, "A novel converter applied the indirect quasi-Z-source matrix induction motor drives", Proceeding of the IEEE/ECCE, pp. 2440-2444, Sep. 2013.
- [13] S. Khunmohammadi, A. Aghagolzudeh, S.H. Hosseini, E. Babaei, "A new algorithm for three-phase to single-phase AC/AC matrix converters", Proceeding of the IEEE/Electronics, Circuits and system, Proceedings of the 2003 10th IEEE international, pp.1121-1124, Dec. 2003.
- [14] E. Babaei, A. Aghabeigi, "A new controlling strategy for the three phase to single phase matrix converters", Proceeding of the PSC, Tehran-Iran, pp. 1-11, 2008 (In Persian).
- [15] B. Mozafari, M. Baharvand, "Offering a new control methode for the three-phase to single-phase matrix converter", Proceeding of the IECC, Tehran, Iran, pp.1-9, 2010 (In Persian).
- [16] P. Nielsen, F. Blaabjerg, J.K. Pedersen, "New protection issues of a matrix converter design considerations for adjustable-speed drive", IEEE Trans. on Industry Application, Vol. 35, pp. 1150-1161, 1999.

