مبدل AC-DC ۲۴ پالسه مبتنی بر اتوترانسفورماتورچنگالی به منظور بهبود شاخص‌های کیفیت توان

روح اله عبداللهی[۱] علیرضا جلیلیان[۲]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد- دانشکده مهندسی برق- دانشگاه علم و صنعت- تهران- ایران

rohollah.abdollahi@yahoo.com

۲- استادیار- دانشکده مهندسی برق- دانشگاه علم و صنعت- تهران- ایران

jalilian@iust.ac.ir

چکیده: در این مقاله، یک مبدل ac-dc، ۲۴ پالسه مبتنی بر اتوترانسفورماتوری چنگالی به منظور بهبود شاخص های کیفیت توان طراحی، مدلسازی و شبیه سازی شده است. استفاده از ساختار اتوترانسفورماتور باعث کاهش نرخ کیلوولت آمپر طرح پیشنهادی نسبت به طرح مبدل ۲۴ پالسه مبتنی بر ترانسفورماتور چنگالی می شود. بدلیل انعطاف‌پذیری مناسب اتوترانسفورماتور پیشنهادی، می‌توان از این مبدل در کاربردهای جایگزین نیز به آسانی استفاده نمود. همچنین مبدل پیشنهادی در مقایسه با مبدل های ۲۴ پالسه مبتنی بر اتوترانسفورماتور موجود عملکرد مناسب تری را در بهبود شاخص های کیفیت توان از خود نشان می دهد به طوری که اعوجاج هارمونیکی کل جریان در مبدل پیشنهادی بین ٪۲ در بار سبک تا ٪۵ در بار کامل تغییر می نماید در صورتی که این فاکتور در مبدل های ۲۴ پالسه اتوترانسفورماتوری موجود بین ٪۴ تا ٪۸ تغییر می نماید. در این مقاله یک سری از شاخص های کیفیت توان و نرخ کیلو ولت آمپر و در نتیجه هزینه مورد نیاز برای ساخت مبدل ۲۴ پالسه ترانسفورماتوری و اتوترانسفورماتور چنگالی، مورد مقایسه قرار گرفته است. مبدل های مورد بررسی در تغذیه محرکه موتور القایی درمحیط نرم افزارMATLAB و با استفاده از SIMULINK و توسط بلوک ترانسفورماتور چند سیم پیچه، مدلسازی و شبیه سازی شده اند. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که مبدل پیشنهادی در خصوص بهبود شاخص های کیفیت توان نتایجی یکسان با مبدل مبتنی بر ترانسفورماتورچنگالی و مناسب تر از مبدل های اتوترانسفورماتوری موجود از خود نشان می دهد و توانایی برآورده نمودن ملزومات استاندارد IEEE-519 (THDi < 5%) را در بارهای متغیر دارد، همچنین ضریب توان را در رنج وسیعی از عملکرد مبدل به نزدیکی مقدار واحد می رساند. با این تفاوت که نرخ کیلوولت آمپر مورد نیاز برای مبدل ۲۴ پالسه مبتنی بر ترانسفورماتور چنگالی حدود ٪۱۴۶/۶۲ بار نامی می باشد در صورتی که این نرخ در مبدل پیشنهادی برابر ٪۸۷/۱۲ بار نامی است که منجر به کاهش اندازه، وزن و در نهایت هزینه مبدل پیشنهادی نسبت به مبدل ۲۴ پالسه مبتنی بر ترانسفورماتور می گردد.

کلمات کلیدی: اتوترانسفورماتور چنگالی(Fork)، شاخص های کیفیت توان، مبدل AC-DC ۲۴ پالسه، محرکه موتور القایی به روش کنترل مستقیم گشتاور.

تاریخ ارسال مقاله : ۱۳۸۹/۱۱/۲۸

تاریخ پذیرش مقاله : ۱۳۹۲/۰۴/۱۷

نام نویسنده‌ی مسئول: علیرضا جلیلیان

نشانی نویسنده‌ی مسئول: ایران – تهران – دانشگاه علم و صنعت ایران – دانشکده‌ی برق

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-20]

۱- مقدمه

محرکه های موتور القایی به طور گسترده در کاربردهای نظیر تهویه مطبوع هوا، دمنده‌ها، پمپ‌ها و غیره استفاده می‌شود[۱]. محرکه موتور القایی به روش کنترل مستقیم گشتاور از اینورتر منبع ولتاژ مبتنی بر IGBT که معمولا از یک پل دیودی یکسو کننده شش پالسه تغذیه می‌شود، استفاده می‌نماید[۲ و ۳]. یکسوکننده پل دیودی ۶ پالسه، مشکلاتی مانند ضریب توان پایین و تزریق هارمونیک به جریان خط اصلی را موجب می‌شود. استانداردهایی نظیر IEEE–519 برای کاهش هارمونیک جریان اصلی شکل گرفتند تا اغتشاشات جریان و ولتاژ را محدود کنند[۴].

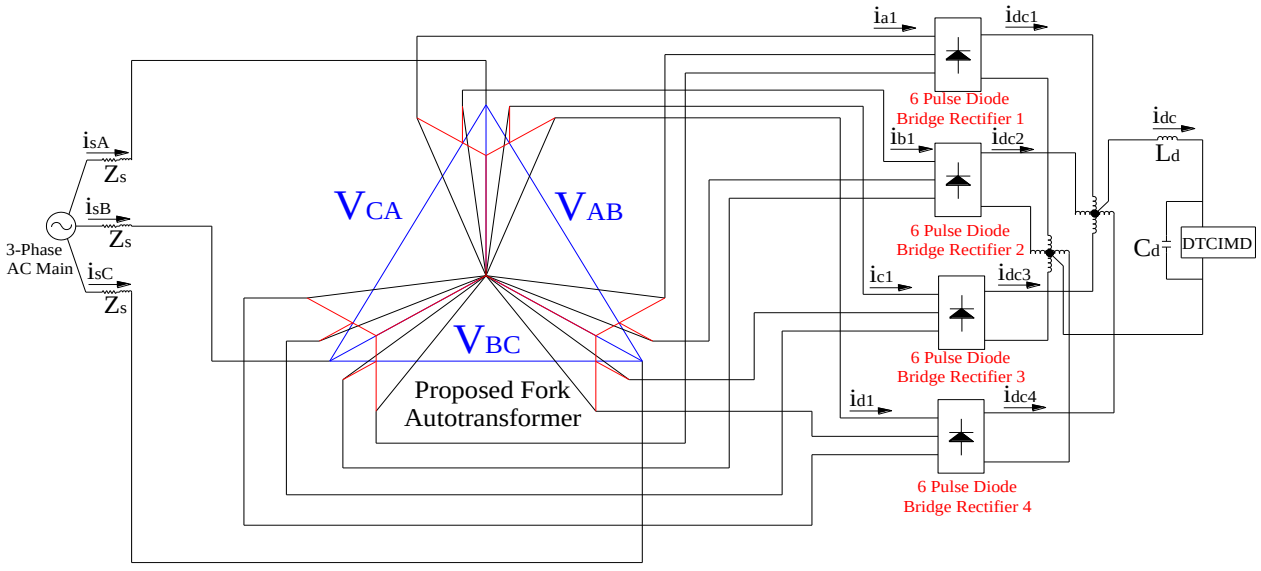
روش‌های متفاوتی بر مبنای قاعده افزایش تعداد فاز در مبدل‌های AC-DC در مجلات و مقالات گزارش شده است. این روش‌ها از دو یا تعداد بیشتری مبدل با شیفت فاز مناسب استفاده می‌نمایند، به طوری که هارمونیک‌های تولیدی به وسیله یک مبدل را توسط مبدل‌های دیگر حذف می‌نمایند. در مراجع [۵] و [۶] مبدل های چند پالسه بر مبنای اتوترانسفورماتور با نرخ کیلو ولت آمپر بالا ارائه شده اند.

در مرجع [۷] یک مبدل چند پالسه با استفاده از ترانسفورماتور چند وجهی و با نرخ کیلو ولت آمپر کاهش یافته ارائه شده است. برای کاهش نرخ کیلو ولت آمپر ترانسفورماتور، مبدل‌های چند پالسه بر مبنای اتو ترانسفورماتور در مراجع [۸] و [۹] گزارش شده است. در اتوترانسفورماتور اتصال سیم پیچ‌ها با یکدیگر در مجاورت با مواد مغناطیسی فقط با نسبت کم از کیلو ولت‌آمپر نامی انجام می‌پذیرد. این طرح اتوترانسفورماتوری اندازه و وزن ترانسفورماتور را به طور قابل توجهی کاهش می‌دهد.

ساختارهای متفاوت مبدل‌های AC-DC، ۱۲ پالسه اتوترانسفورماتوری در دستیابی به محدودیت اعوجاج هارمونیکی کل (THD) در جریان تغذیه به کمتر از ۵٪ که در استاندارد IEEE-519 تعیین شده، موفق نبوده‌اند، که برای دستیابی به محدودیت استاندارد IEEE-519 نیاز به استفاده از یک فیلتر موازی اضافی شده است. افزایش تعداد پالس نتایج دیگری نیز در بهبود شاخص‌های کیفیت توان به همراه دارد از جمله ضریب اعوجاج و ضریب توان را نیز بهبود می بخشد [۱۰].

در مراجع [۱۱] تا [۱۴] مبدل های AC-DC ۱۸ پالسه مبتنی برساختارهای اتوترانسفورماتور چندوجهی، شش گوشه، ستاره و T، به ترتیب ارائه شده است که اعوجاج هارمونیکی کل جریان در بارکامل حدود ۵٪ و در بار سبک (۲۰٪ بار کامل) حدود ۹٪ می باشد. همچنین در مراجع [۱۵] تا [۱۸] مبدل های AC-DC ۲۴ پالسه بر مبنای اتوترانسفورماتور چندوجهی، شش گوشه، ستاره وT ارائه شده است که اعوجاج هارمونیکی کل جریان در بارکامل حدود ۴٪ و در بار سبک حدود ۸٪ می باشد. که در بار سبک ملزومات استاندارد IEEE-519 (THD_i <5%)را برآورده نمی نماید.

در مرجع [۱۹] یک مبدل ۲۴ پالسه بر مبنای ترانسفورماتور چنگالی با نرخ کیلوولت آمپر بالا ارائه شده است به منظور کاهش نرخ کیلوولت آمپر در این مقاله یک مبدل AC-DC ۲۴ پالسه، مبتنی بر اتوترانسفورماتور چنگالی طراحی شده است. برای مدلسازی مبدل ها از ترانسفورماتور چندسیم پیچه استفاده شده است. مبدل ۲۴ پالسه پیشنهادی با مبدل ۲۴ پالسه مبتنی بر ترانسفورماتور [۱۹] در تغذیه محرکه موتور القایی به روش کنترل مستقیم گشتاور در نرم افزار MATLAB و در محیط SIMULINK شبیه سازی و از دیدگاه شاخص های کیفیت توان و نرخ کیلو ولت آمپر مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است.



شکل (۱): ساختار مبدل AC-DC ۲۴ پالسه مبتنی بر اتوترانسفورماتور چنگالی (Fork)

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-20]

۲- مبدل AC–DC، ۲۴ پالسه پیشنهادی مبتنی براتوترانسفورماتور چنگالی

مبدل AC-DC ۲۴ پالسه مبتنی بر اتوترانسفورماتور چنگالی در شکل (۱) نشان داده شده است.حداقل جابجایی فاز مورد نیاز برای حذف مناسب هارمونیک‌ها به وسیله رابطه زیر مشخص می شود[۶]:

تعداد مبدل‌ها / ۶۰° = جابجایی فاز

با توجه به چهار مبدل ۶ پالسه استفاده شده در ساختار مبدل ۲۴ پالسه پیشنهادی، جابجایی فاز بین دو سری از ولتاژها می‌تواند ۱۵ درجه در نظر گرفته شود. اتوترانسفورماتورهای پیشنهادی، ۴ مجموعه ۳ فاز با جابجایی فاز ۱۵ برای هر پل تولید می نمایند. نحوه اتصالات و دیاگرام برداری اتوترانسفورماتور چنگالی برای دستیابی به مبدل AC – DC، ۲۴ پالسه در شکل (۲) نشان داده شده است.

۴ مبدل ۳ پایه ی پل دیودی به ۴ مجموعه ۳ فازه خروجی اتوترانسفورماتور که در شکل (۲) نشان داده شده اند متصل می شود. این ۴ مجموعه با زاویه ۱۵ درجه از یکدیگر و در زاویه ۷/۵± و ۲۲/۵± از فاز A قرارداده شده اند. تعداد دور هر سیم پیچ بوسیله یک تابعی از ولتاژ فاز V_S تعیین می شود.

($V_S = V_A$) ولتاژ سیم پیچی ها که در شکل (۴) نشان داده شده است با فرمول زیر بیان می شود.

(V_{a1} , V_{b1} , V_{c1}) برای مبدل ۱ و (V_{a2} , V_{b2} , V_{c2}) برای مبدل ۲ و (V_{a3} , V_{b3} , V_{c3}) برای مبدل ۳ و (V_{a4} , V_{b4} , V_{c4}) برای مبدل ۴ فرض می شود که ولتاژ سه فاز اعمال شده به سیم پیچ ها به این شکل می باشد :

$$V_A = V_S\angle 0^\circ,\ V_B = V_S\angle -120^\circ,\ V_C = V_S\angle 120^\circ \qquad (۱)$$

چهار سری ولتاژ مورد نیاز برای چهار مبدل عبارتند از :

(۲)

$$V_{a1} = V_S\angle 22.5^\circ,\ V_{b1} = V_S\angle -97.5^\circ,\ V_{c1} = V_S\angle -217.5^\circ$$
$$V_{a2} = V_S\angle 7.5^\circ,\ V_{b2} = V_S\angle -112.5^\circ,\ V_{c2} = V_S\angle -232.5^\circ$$
$$V_{a3} = V_S\angle -7.5^\circ,\ V_{b3} = V_S\angle -127.5^\circ,\ V_{c3} = V_S\angle -247.5^\circ$$
$$V_{a4} = V_S\angle -22.5^\circ, V_{b4} = V_S\angle -142.5^\circ, V_{c4} = V_S\angle -262.5^\circ$$

ولتاژ ها برای ۴ مبدل عبارتند از :

$$\begin{aligned} V_{a1} &= V_A - K_1V_A - K_2V_b - K_3V_b \\ V_{a2} &= V_A - K_1V_A - K_2V_b + K_4V_a \\ V_{a3} &= V_A - K_1V_A - K_2V_c + K_4V_a \\ V_{a4} &= V_A - K_1V_A - K_2V_c - K_3V_c \end{aligned} \qquad (۳)$$

برای رسیدن به شیفت فاز مطلوب با توجه به معادلات بالا مقادیر ثابت $K_1 - K_4$ به صورت زیر بدست می آیند :

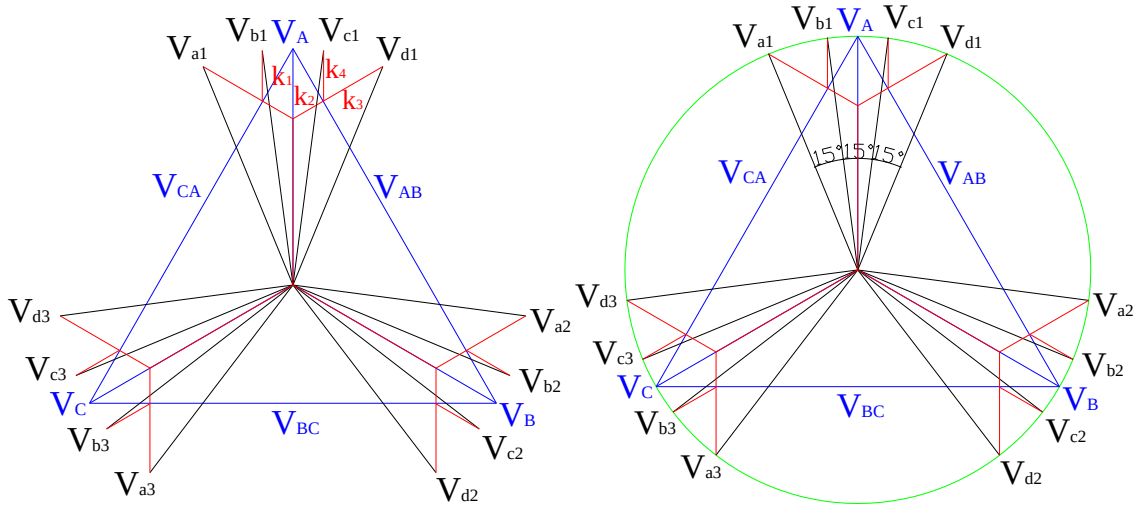
$$K_1 = 0.2971, K_2 = 0.1507, K_3 = 0.2911, K_4 = 0.2131 \qquad (۴)$$

معادلات بالا مقادیر ثابت های $K_1 - K_4$ (تعداد دور سیم پیچی) را به صورت کسری از ولتاژ موثر عبوری اتوترانسفورماتور نشان می دهد، که این مقادیر برای شبیه سازی و ساخت اتوترانسفورماتور استفاده می شوند.

کیلوولت‌آمپر ترانسفورماتور توسط رابطه زیر محاسبه می‌شود:

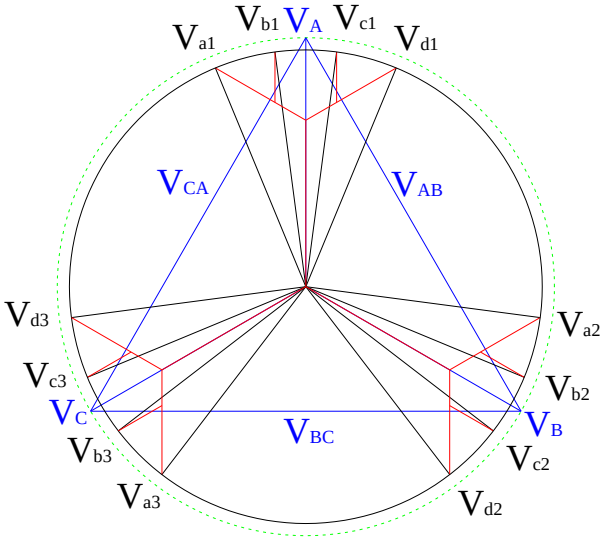
$$KVA = 0.5 * \sum V_{winding} * I_{winding} \qquad (۵)$$

که V_{win} ولتاژ دو سر سیم‌پیچی اتوترانسفورماتور و I_{win} جریان عبوری از سیم‌پیچی تحت شرایط بار کامل است. کیلوولت‌آمپر سلف سر وسط و ترانسفورماتور مسدودکننده توالی صفر(ZSBT) نیز با استفاده از رابطه بالا محاسبه می‌شود



شکل (۲): نحوه اتصالات و دیاگرام فازوری اتوترانسفورماتور چنگالی برای مبدل ۲۴ پالسه پیشنهادی

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-20]

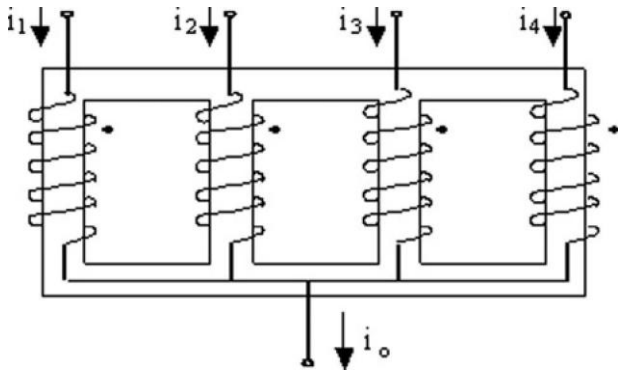


شکل (۳): نحوه اتصالات و دیاگرام فازوری اتوترانسفورماتور چنگالی برای کاربردهای جایگزین

۳- طراحی مبدل برای کاربرد های جایگزین

بدلیل عملکرد ۲۴ پالسه مبدل پیشنهادی ولتاژ لینک DC حدود ۱/۰۵٪ برابر مقدار ولتاژ لینک DC مبدل ۶ پالسه دیودی می شود. برای استفاده از مبدل پیشنهادی در کاربردهای جایگزین (کاربردهایی که دقیقا به ولتاژ لینک DC برابر با مبدل ۶ پالسه دیودی نیاز دارند) طراحی مبدل پیشنهادی باید به طور مناسب اصلاح گردد، برای این منظور سطح ولتاژ خروجی اتوترانسفورماتور چنگالی باید به اندازه ۰/۰۵ کاهش یابد. با توجه به شکل (۳) و روابط (۱) تا (۳) مقادیر اصلاح شده ضریب برای عملکرد مبدل پیشنهادی در کاربردهای جایگزین به صورت زیر محاسبه می شود.

$$K_1 = 0.3309 \ , K_2 = 0.1434 \ , K_3 = 0.2771, K_4 = 0.2029 \quad (۶)$$



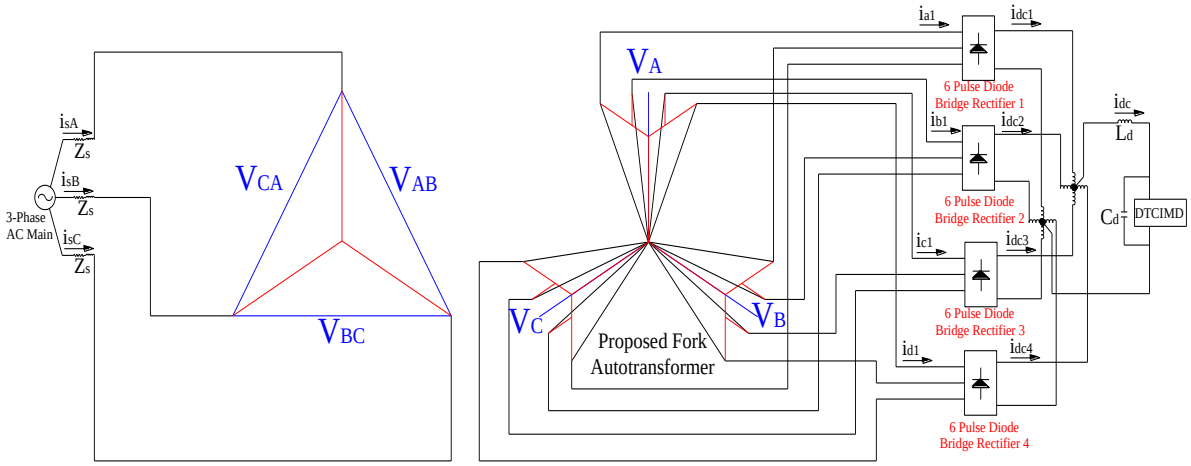
شکل (۴): ساختار سیم پیچی ترانسفورماتور با سروسط برای مبدل پیشنهادی[۲۱]

۴- ترانسفورماتور با سروسط

چهار سری ولتاژ تولید شده توسط اتوترانسفورماتور برای یکسوسازی به چهار پل دیودی داده می شود، ولتاژهای DC تولیدی دارای جابجایی فاز ۱۵ درجه می باشند. برای اطمینان از عملکرد مستقل مدارهای یکسوساز این ولتاژها به ترانسفورماتور با سر وسط داده می شود[۲۰]. شکل (۴) ترانسفورماتور با سروسط مناسب را نشان می دهد. این ساختار هدایت ۱۲۰ درجه هر پل را تضمین می نماید، همچنین نشان می دهد که ترانسفورماتور با سروسط یک چهارم جریان بار را منتقل می نمایند که منجر به کاهش نرخ ترانسفورماتور با سروسط می شود.

۵- شبیه‌سازی با استفاده از نرم افزار MATLAB

در شکل (۵) ساختار مبدل ۲۴ پالسه مبتنی بر ترانسفورماتور چنگالی ارائه شده در مرجع [۱۹] به منظور مقایسه با ساختار پیشنهادی آورده شده است.



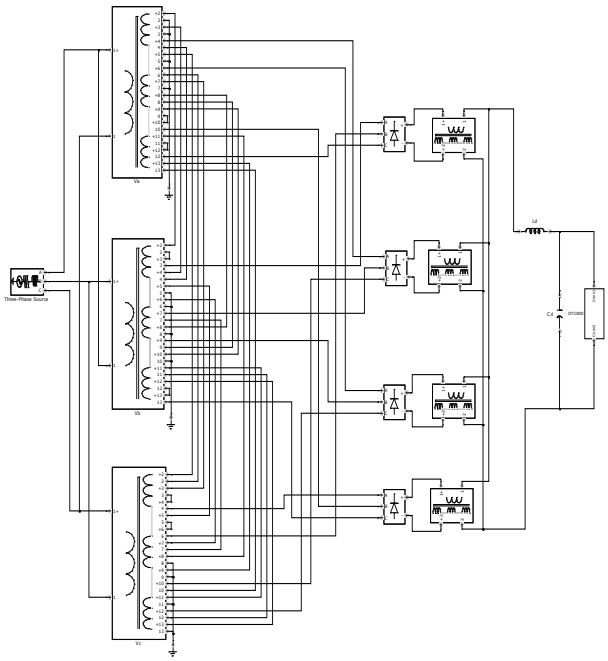
شکل (۵): ساختار مبدل AC-DC ۲۴ پالسه مبتنی بر ترانسفورماتور چنگالی [۱۹]

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-20]

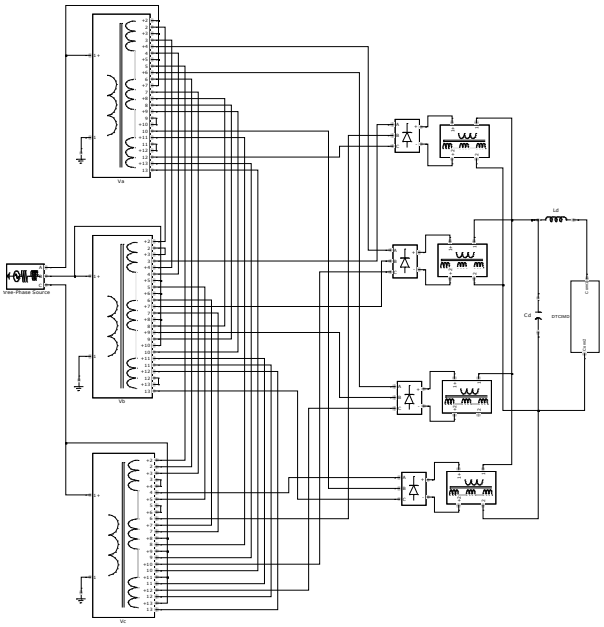
مبدل AC–DC، ۲۴ پالسه پیشنهادی و مبدل مبتنی بر ترانسفورماتور [۱۹] در تغذیه DTCIMD توسط متلب و با استفاده از ترانسفورماتور چندسیم پیچه در محیط سیمولینک و باکسPSB (Power system block) چنانچه در شکل های (۶) و (۷) نشان داده شده، شبیه سازی شده است.

این شکل ها مدل اتصال منبع تغذیه سه فاز به مبدل‌های ۲۴ پالسه AC-DC را نشان می‌دهد. این مبدل‌های AC–DC، ۲۴ پالسه به یک فیلتر LC در خط DC که توان VSI بر پایه IGBT را تامین می‌نماید، وصل شده‌اند. پالس‌های ورودی اینورتر به وسیله کنترل مستقیم گشتاور تولید می‌شوند، که از سرعت موتور و جریان به عنوان ورودی استفاده می‌کند. سیستم مبدل AC–DC از ۶۰HZ و V ۴۶۰سه فاز خط اصلی AC تغذیه شده است، موتور سه‌فاز ۵۰ HP ، ۴ P و اتصال ستاره می‌باشد.

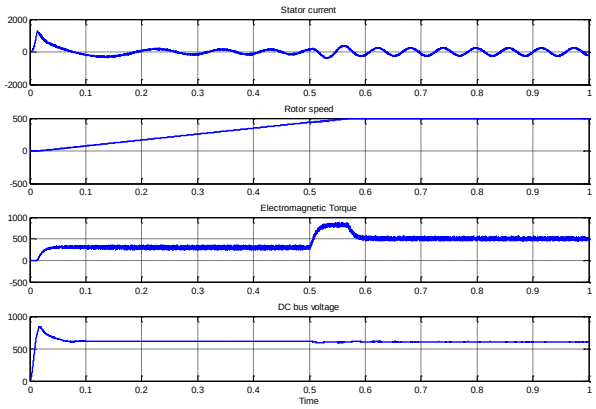
پاسخ دینامیکی (شکل موج i_{sa} جریان منبع، سرعت، گشتاور الکترومغناطیسی، ولتاژ DC) مبدل ۶ پالسه دیودی و مبدل ۲۴ پالسه پیشنهادی در شکل های (۸) و (۹) به ترتیب نشان داده شده است که نشان دهنده عملکرد مشابه مبدل پیشنهادی و مبدل ۶ پالسه دیودی در بحث کنترلی می باشد. همچنین نوسانات گشتاور الکترومغناطیسی در مورد مبدل پیشنهادی نسبت به مبدل ۶ پالسه دیودی کاهش یافته که باعث بهبود عملکرد دینامیکی محرکه موتور القایی می گردد.



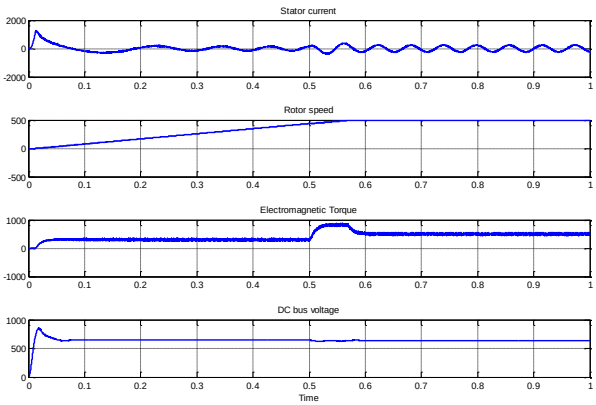
شکل (۶): مدل MATLAB مبدل ۲۴ پالسه مبتنی بر ترانسفورماتور چنگالی



شکل (۷): مدل MATLAB مبدل ۲۴ پالسه پیشنهادی مبتنی بر اتوترانسفورماتور چنگالی

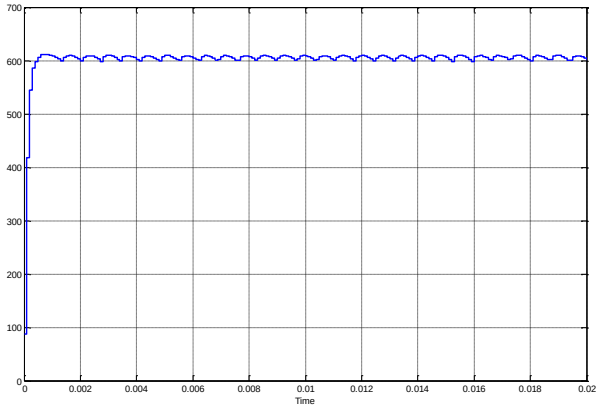


شکل(۸): پاسخ دینامیکی مبدل ۶ پالسه دیود به عنوان تغذیه کننده DTCIMD برای بار متغیر



شکل(۹) : پاسخ دینامیکی مبدل ۲۴ پالسه پیشنهادی مبتنی بر اتوترانسفورماتور چنگالی به عنوان تغذیه کننده DTCIMD برای بار متغیر

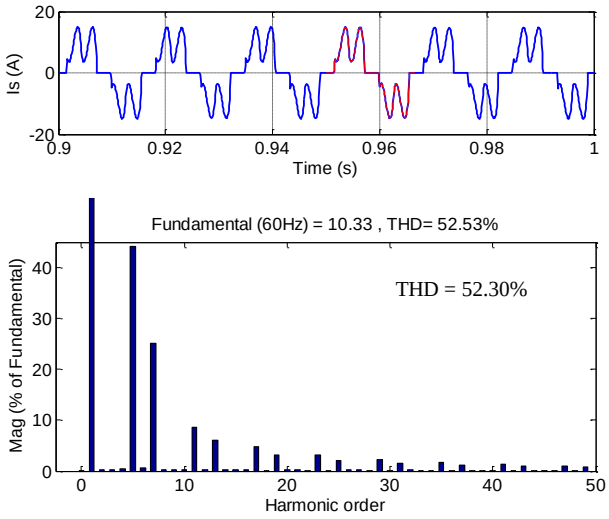
[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-20]



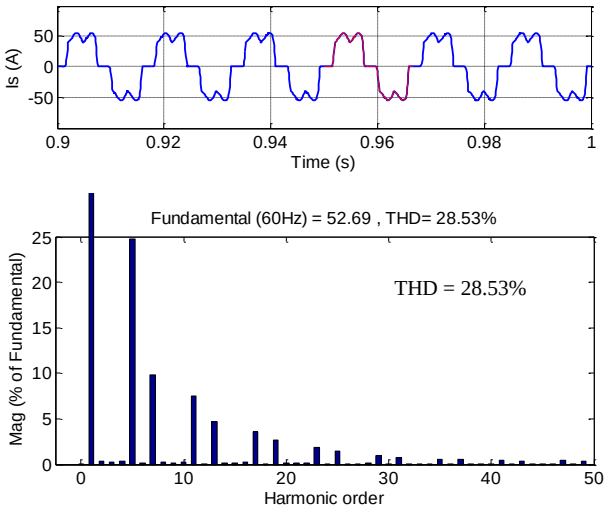
شکل (۱۰): شکل موج ولتاژ خروجی مبدل ۲۴ پالسه مبتنی بر اتوترانسفورماتور چنگالی

شکل (۱۰) شکل موج ولتاژ خروجی مبدل ۲۴ پالسه را نشان می دهد، که تایید کننده روش استفاده شده به منظور مدلسازی و شبیه سازی در این مقاله می باشد. فهرست شاخص‌های کیفیت توان نظیر THD جریان تغذیه(THD_i)، THD ولتاژ تغذیه (THD_v)، فاکتور اغتشاش (DF)، فاکتور جابجایی توان (PDF) و فاکتور توان کلی (TPF)، بدست آمده از شبیه سازی مبدل های AC–DC، ۲۴ پالسه پیشنهادی و مبدل۲۴ پالسه مبتنی بر ترانسفورماتور چنگالی در تغذیه محرک موتور القایی به روش کنترل مستقیم گشتاور در جدول (۱) نشان داده شده است.

شکل های (۱۱) و (۱۲) شکل موج جریان ورودی و طیف هارمونیکی مبدل ۶ پالسه به ترتیب در کم باری (معادل % ۲۰ بار نامی) و بار کامل نشان می‌دهد، که به روشنی هارمونیک‌های غالب ۵ و ۷ و سایر هارمونیک‌های $6n \pm 1$ که n یک عدد طبیعی است را نشان می‌دهد.



شکل (۱۱): شکل موج و طیف هارمونیکی جریان ورودی مبدل ۶ پالسه دیودی در بار سبک

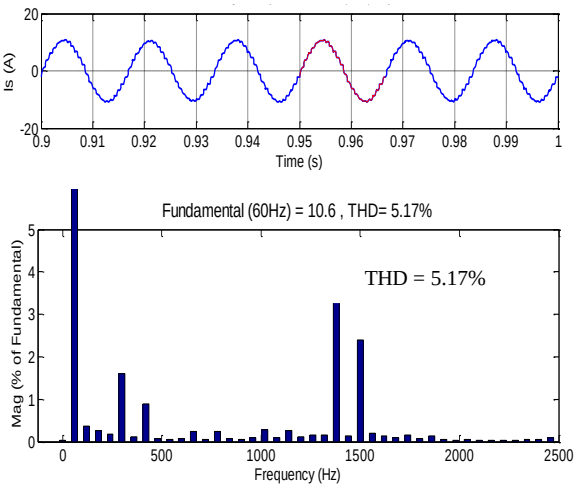


شکل (۱۲): شکل موج و طیف هارمونیکی جریان ورودی مبدل ۶ پالسه دیودی در بار کامل

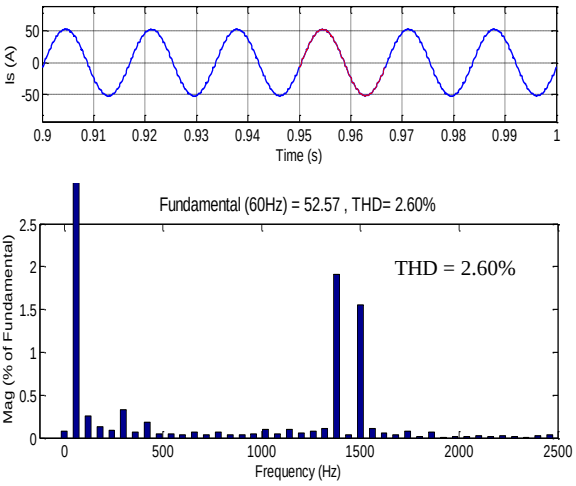
جدول (۱): مقایسه ای بین شاخص‌های کیفیت توان مبدل ۶ پالسه و ۲۴ پالسه مبتنی بر ترانسفورماتور چنگالی و اتوترانسفورماتور چنگالی در تغذیه DTCIMD

ساختار مبدل	اعوجاج هارمونیکی کل ولتاژ شبکه ٪	جریان خط AC		اعوجاج هارمونیکی کل جریان شبکه ٪		ضریب اعوجاج		ضریب توان جابجایی		ضریب توان کلی		ولتاژ DC	
		بار سبک	بار کامل	بار سبک	بار کامل	بار سبک	بار کامل	بار سبک	بار کامل	بار سبک	بار کامل	بار سبک	بار کامل
۶ پالسه	۵/۶۳	۱۰/۳۳	۵۲/۶۹	۵۲/۵۳	۲۸/۵۳	۰/۸۸۴۰	۰/۹۵۹۹	۰/۹۸۵	۰/۹۸۸۱	۰/۸۷۲	۰/۹۴۸	۶۱۶/۶	۶۰۷/۶
۲۴پالسه مبتنی بر ترانسفورماتور چنگالی	۱/۹۲	۱۰/۶۳	۵۲/۶۸	۵/۱۷	۲/۶۰	۰/۹۹۸۶	۰/۹۹۹۵	۰/۹۹۴۸	۰/۹۹۲۳	۰/۹۹۳۵	۰/۹۹۱	۶۴۶/۶	۶۳۸/۳
۲۴پالسه مبتنی بر اتوترانسفورماتور چنگالی	۱/۹۲	۱۰/۵۱	۵۲/۶۲	۵/۲۴	۲/۶۲	۰/۹۹۸۶	۰/۹۹۹۵	۰/۹۹۴۸	۰/۹۹۲۳	۰/۹۹۳۵	۰/۹۹۱	۶۱۶/۴	۶۰۷/۲

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-20]

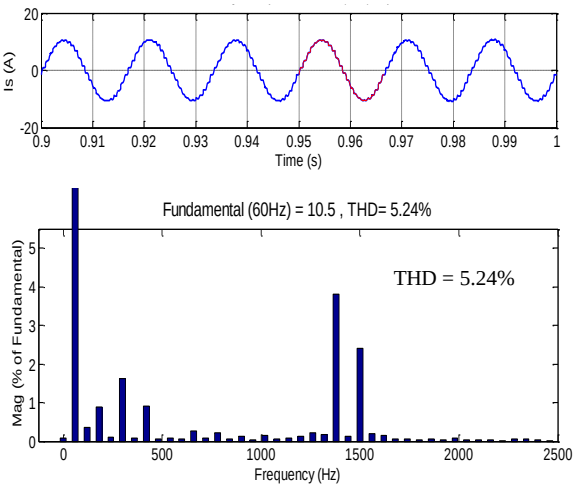


شکل (۱۳): شکل موج و طیف هارمونیکی جریان ورودی مبدل ۲۴ پالسه مبتنی بر ترانسفورماتور چنگالی در بار سبک

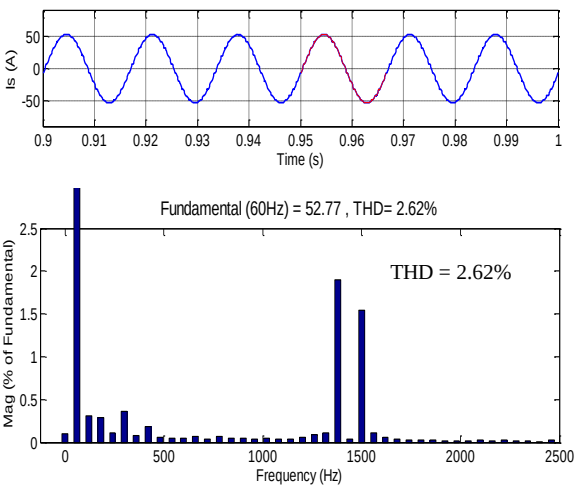


شکل (۱۴): شکل موج و طیف هارمونیکی جریان ورودی مبدل ۲۴ پالسه مبتنی بر ترانسفورماتور چنگالی در بار کامل

اعوجاج هارمونیکی کل جریان در مبدل ۲۴ پالسه مبتنی بر ترانسفورماتور چنگالی در بار سبک (٪۲۰ بار کامل) و بار کامل (شکل های (۱۳) و (۱۴)) به ترتیب ٪۵/۱۷ و ٪۲/۶۰ می باشد، مقدار اعوجاج هارمونیکی کل جریان در مورد مبدل پیشنهادی در بار سبک و بار کامل شکل های (۱۵) و (۱۶)) به ترتیب ٪۵/۲۴ و ٪۲/۶۲ می باشد که نشان دهنده کارایی بالا و یکسان مبدل پیشنهادی در بهبودی شاخص های کیفیت توان در مقایسه با مبدل ۲۴ پالسه مبتنی بر ترانسفورماتور چنگالی البته با نرخ کیلوولت آمپر کمتر می باشد. ضریب توان کلی در مبدل ۲۴ پالسه پیشنهادی در بار کامل برابر۰/۹۹۳۵و در بار سبک برابر۰/۹۹۱۸ می باشد که نشان دهنده توانایی بالای مبدل پیشنهادی در نزدیک نمودن مقدار ضریب توان به مقدار واحد می باشد. مقایسه کیلو ولت آمپر مورد نیاز مبدل ۲۴ پالسه مبتنی بر ترانسفورماتور و اتوترانسفورماتور چنگالی در جدول (۲) ارائه شده است.



شکل (۱۵): شکل موج و طیف هارمونیکی جریان ورودی مبدل ۲۴ پالسه مبتنی بر اتوترانسفورماتور چنگالی در بار سبک



شکل (۱۶): شکل موج و طیف هارمونیکی جریان ورودی مبدل ۲۴ پالسه مبتنی بر اتوترانسفورماتور چنگالی در بار کامل

جدول (۲): مقایسه ای بین کیلوولت‌آمپر مورد نیاز مبدل AC-DC ، ۲۴ پالسه مبتنی بر ترانسفورماتوری و اتوترانسفورماتورچنگالی

ساختار۲۴ پالسه مبتنی بر	نرخ ترانسفورماتور اصلی (٪ بار)	نرخ ترانسفورماتور سر وسط (٪بار)	نرخ مغناطیس-شوندگی کل (٪ بار)
ترانسفورماتور چنگالی	۱۳۶/۰۳	۱۰/۵۹	۱۴۶/۶۲
اتوترانسفورماتور چنگالی	۷۶/۲۱	۱۰/۹۲	۸۷/۱۳

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-20]

۶- نتیجه گیری

در ایـــن مقالـــه یـــک مبـــدل AC–DC، ۲۴ پالســـه مبتنـــی بـــر اتوترانسفورماتور چنگالی با نرخ کیلوولت آمپر کاهش یافتـه و مناسـب برای کاربردهای جایگزین طراحی، مدلسازی و شبیه سازی شده اسـت. روش طراحی استفاده شده در مورد اتوترانسـفورماتور، انعطـاف‌پـذیری مناسبی را در تغییر ولتاژهای خروجی از خود نشان می‌دهد، به طـوری که ولتاژ لینـک DC مبـدل پیشـنهادی و مبـدل ۶ پالسـه دیـودی در شرلیط بار متغییر یکسان می باشـد و مـی تـوان بـه راحتـی از مبـدل پیشنهادی در کاربردهای جایگزین استفاده نمود.

مبدل ۲۴ پالسه پیشنهادی یک کیفیت بهبـود یافتـه و مشـابه مبـدل میتنی بر ترانسفورماتورچنگالی را در خصوص شاخص‌های کیفیت توان در مقایسه با مبدل ۶ پالسـه معمـول از خـود نشـان مـی‌دهـد. THD جریان ورودی برای مبدل های ۲۴ پالسه در بارهای متغیـر حـدود ٪۵ شده است که ملزومات استاندارد IEEE-519 را برآورده می نماید.

نرخ کیلـو ولـت آمپـر مـورد نیـاز بـرای مبـدل ۲۴ پالسـه مبتنـی بـر ترانسفورماتور چنگالی ٪ ۱۴۶/۶۲ بار نامی در صورتی که بـرای مبـدل ۲۴ پالسه مبتی بر اتوترانسفورماتور چنگالی ٪۸۷/۱۲ بار نامی می باشد که نشان دهنده کاهش نرخ کیلو ولت آمپر و در نتیجه کاهش ظرفیت، اندازه، وزن و در نهایت هزینه در مبدل پیشنهادی می باشد.

مراجع

[1] P. Vas, Sensorless Vector and Direct Torque Control. London, U.K.: Oxford Univ. Press, 1998.

[2] B. K. Bose, "Recent advances in power electronics," IEEE Trans. Power Electron., vol. 7, no. 1, pp. 2–16, Jan. 1992.

[۳] جعفر سلطانی، حمیدرضا امینی، حسین ابوترابی زارچی، "کنترل مستقیم گشتاور و شار موتور سنکرون رلوکتانسی سه فاز تغذیه شده با اینورتر SVM دو سطحی سه فاز چهارکلیدی با بکارگیری کنترل‌کننده لغزشی"، مجله انجمن مهندسین برق و الکترونیک ایران، سال ۳، شماره ۱، ۱۳۸۵.

[4] IEEE Guide for Harmonic Control and Reactive Compensation of Static Power Converters, IEEE Std. 519–1992, 1992.

[5] D. A. Paice, "Transformers for multipulse AC/DC converters," U.S. Patent 6 101 113, Aug. 8, 2000.

[6] G. L. Skibinski, N. Guskov, and D. Zhou, "Cost effective multi-pulse transformer solutions for harmonic mitigation in AC drives," in Conf. Rec. IAS Annu. Meeting, Oct. 2003, vol. 3, pp. 1488–1497.

[7] S. Choi, P. N. Enjeti, and I. J. Pitel, "Polyphase transformer arrangements with reduced kVA capacities for harmonic current reduction in rectifier type utility interface," IEEE Trans. Power Electron., vol. 11, no. 5, pp. 680–689, Sep. 1996.

[8] D. A. Paice, Power Electronic Converter Harmonics: Multipulse Methods for Clean Power. New York: IEEE Press, 1996.

[9] D. A. Paice, "Multipulse converter system," U.S. Patent 4 876 634, Oct. 24, 1989.

[10] B. Singh, G. Bhuvaneswari, and V. Garg, "Harmonic Mitigation Using 12-Pulse AC–DC Converter in Vector-Controlled Induction Motor Drives," IEEE Trans. on Power Delivery, vol. 21, no. 3, July.2006.

[11] B. Singh, and V. Garg, "Eighteen-Pulse AC-DC Converter for Harmonic Mitigation in Vector Controlled Induction Motor Drives," in Proc. IEEE Conf. Power Electron. Drives Syst.

[12] B. Singh, G. Bhuvaneswari, and V. Garg, "Autotransformer Based Nine-Phase AC-DC Converter for Harmonic Mitigation in Induction Motor drives," in IEEE ISIE 2006, July 9-12, 2006.

[13] B. Singh, G. Bhuvaneswari, and V. Garg, "Harmonic Mitigation in AC–DC Converters for Vector Controlled Induction Motor Drives" IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 22, no. 3, pp. 637 - 646, Sept. 2007.

[14] B. Singh, V. Garg, and G. Bhuvaneswari, "A novel T-connected autotransformer based 18-pulse AC–DC converter for harmonic mitigation in adjustable speed induction motor drives," IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 54, no. 5, pp. 2500–2511, Oct. 2007.

[15] B. Singh, G. Bhuvaneswari, V. Garg, and S. Gairola, "Pulse multiplication in ac–dc converters for harmonic mitigation in vector controlled induction motor drives," IEEE Trans. Energy Conv., vol. 21, no. 2, pp.342–352, Jun. 2006.

[16] B. Singh, V. Garg, and G. Bhuvaneswari, "Polygon-Connected Autotransformer-Based 24-Pulse AC–DC Converter for Vector-Controlled Induction-Motor Drives" IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 55, no. 1, pp.197–208, January 2008.

[17] B. Singh, G. Bhuvaneswari, and V. Garg, "Harmonic Mitigation in AC–DC Converters for Vector Controlled Induction Motor Drives" IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 22, no. 3, pp. 637 - 646, Sep. 2007.

[18] B. Singh, G. Bhuvaneswari, and V. Garg, "Harmonic Mitigation in AC–DC Converters for Vector Controlled Induction Motor Drives" in Proc. IEEE Conf. Power Electron. Drives Syst. PEDS, 2005.

[19] B. Singh, and S. Gairola, "A Fork Connected Transformer Based 24-Pulse AC-DC Converter" in Proc. IEEE Conf. Power Electronics. IICPE, 2006.

[20] G. Seguier, Power Electronic Converters AC/DC Conversion. NewYork: McGraw-Hill, 1986.

[21] V. Garg, B. Singh, and G. Bhuvaneswari,, "24-pulse ac–dc converter for harmonic mitigation" in IET Power Electronics, 2008.

[Downloaded from jiaeee.com on 2026-11-20]