

روشی برای تحقق کنترل مبدل AC به روش PWM توسط میکروکنترلر

کریم فدایی تهرانی
گروه برق و کامپیوتر دانشکده فنی و مهندسی
دانشگاه شهید باهنر کرمان
kfadaei@gmail.com

چکیده

مبدل‌های AC دارای کاربردهای متعددی خصوصاً در فرایندهای صنعتی می‌باشند. اعمال روش کنترل مناسب در این مبدلها نیز از اهمیت خاصی برخوردار است. مبدل‌های AC معمولی از روش کنترل فاز با کاربردن ترستور به عنوان سوئیچ استفاده می‌شوند که این روش دارای معایبی است. استفاده از کنترل‌های PWM در مبدل‌های AC دارای بازدهی بالایی است ولی جهت تغذیه بارهای سلفی برای انتقال جریان از یک سوئیچ به سوئیچ دیگر دچار مشکل می‌شود در این مقاله یک روش برای سوئیچینگ چهار مرحله ای جهت بوجود آوردن کلیدهای دو طرفه بررسی می‌گردد و نیز روشی برای تغییر Duty Cycle کنترلر PWM ارائه می‌گردد نتایج حاصل از شبیه سازی در این مقاله آورده شده است.

کلمات کلیدی: سوئیچینگ، *Duty Cycle*، *PWM*، مبدل *AC*، *Boost*، *Buck*

۱- مقدمه

مبدل‌های AC دارای کاربردهای متعددی خصوصاً در فرایندهای صنعتی از قبیل تاسیسات گرمایشی، کنترل روشنایی، و کنترل سرعت موتورهای القائی و غیره هستند. مبدل‌های AC معمولی از روش کنترل فاز با بکار بردن ترستور به عنوان سوئیچ کاربرد دارند که این روش دارای معایبی است منجمله:

۱) بوجود آوردن هارمونیک در ورودی و خروجی

۲) ضریب توان نامناسب حتی اگر ضریب توان بار واحد باشد.

برای رفع این مشکلات از کنترلر PWM و سوئیچ های GTO (Gate turn off) استفاده می‌شود. استفاده از کنترلرهای PWM در مبدل‌های AC دارای بازدهی بالایی است ولی به علت اینکه سوئیچ های یکطرفه دارای زمان سوئیچینگ محدودی هستند جهت تغذیه بارهای سلفی برای انتقال جریان از یک سوئیچ به سوئیچ دیگر کنترلرهای PWM دچار مشکل می‌شوند.

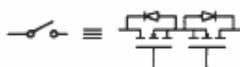
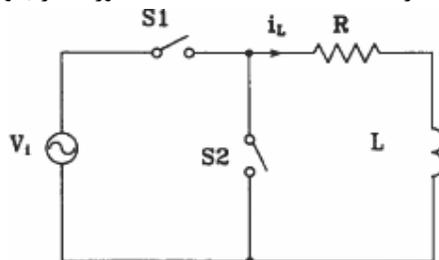
در این مقاله یک روش سوئیچینگ چهار مرحله ای جهت بوجود آوردن کلیدهای دو طرفه بررسی می‌گردد که امکان انتقال جریان از یک سوئیچ به سوئیچ دیگر در هر ضریب قدرتی را براحتی بوجود می‌آورد. همچنین در این مقاله مدار فرمانی برای کنترل PWM ارائه شده است که با میکروکنترلر طراحی شده است.

در روش بکار رفته در این مقاله مزیت های ذیل قابل ذکر است:

- ۱- شکل موج مطلوب در ورودی و خروجی
 - ۲- ضریب توان واحد در زنج وسیعی از ولتاژ خروجی
 - ۳- قابلیت تغییر ولتاژ خروجی مبدل AC با تنظیم Duty Cycle کنترلر PWM توسط میکروکنترلر
- در ادامه روش سوئیچینگ چهار مرحله ای به اختصار تشریح می شود.

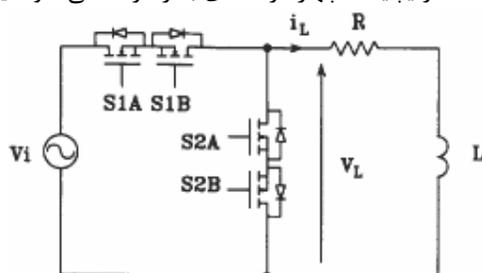
۲- روش سوئیچینگ چهار مرحله ای

مدار قدرت کنترلر AC تکفاز در شکل ۱ نمایش داده شده که S1 و S2 سوئیچ های دو طرفه می باشند و هر سوئیچ دو طرفه شامل دو سوئیچ یکطرفه مانند MOSFET است که بصورت سری و مخالف همدیگر بسته شده اند .

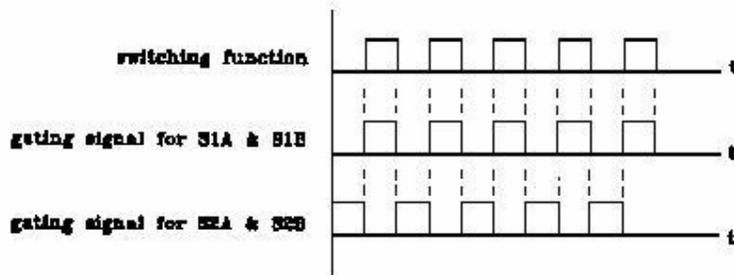


شکل ۱- مبدل AC به AC کنترل شده به روش PWM

شکل ۲ مدار کامل مبدل AC با بکار بردن سوئیچهای دو طرفه را نشان می دهد. سوئیچ های سری S1A و S1B مقدار ولتاژ بار را تنظیم می نماید و سوئیچ های موازی S2A و S2B مسیر چرخه آزاد جریان بار را ایجاد می نمایند. کلیدهای S1 و S2 بصورت PWM عمل می نمایند اگر S1A و S1B روشن شوند و یکی از سوئیچ ها هدایت نماید آنگاه اگر بخواهیم S1A یا S1B را خاموش کنیم مشکل کموتاسیون بوجود می آید برای جلوگیری از بوجود آمدن این مشکل روش سوئیچینگ سوئیچینگ چهار مرحله ای بکار گرفته می شود. [1]

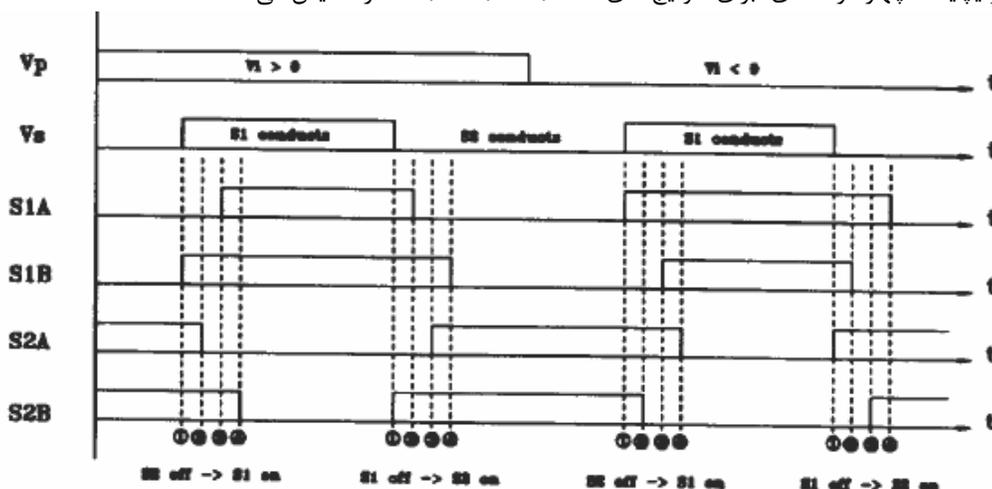


شکل ۲- مبدل AC به AC کنترل شده به روش PWM با سوئیچهای دو طرفه



شکل ۳- سیگنالهای گیت برای یک PWM با Duty cycle ۵۰٪

شکل ۳ سیگنالهای گیت برای یک PWM با Duty cycle ۵۰٪ را نشان می دهد و همچنین شکل ۴ ترتیب سوئیچینگ چهار مرحله ای برای سوئیچ های S2B, S2A, S1B, S1A را نمایش می دهد.



شکل ۴- شکل موج سیگنالهای گیت سوئیچهای دو طرفه

همانطور که از شکل ۴ پیداست V_p ولتاژ فاز می باشد و V_s سیگنال سوئیچهای S1, S2 می باشد و این سوئیچینگ ۴ حالت دارد که توصیف این ۴ حالت در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱

Mode 1: $V_p > 0$ and $i_L > 0$ (S1A is conducting)	Mode 2: $V_p > 0$ and $i_L < 0$ (S1B is conducting)	Mode 3: $V_p < 0$ and $i_L > 0$ (S1A is conducting)	Mode 4: $V_p < 0$ and $i_L < 0$ (S1B is conducting)
1. Turn on S2B on Nothing happens since S2B is reverse biased.	1. Turn on S2B on Nothing happens since S2B is reverse biased.	1. Turn on S2A on Nothing happens since S2A is reverse biased.	1. Turn on S2A on Nothing happens since S2A is reverse biased.
2. Turn off S1A on The load current is transferred from S1A	2. Turn off S1A on Nothing happens.	2. Turn off S1B on Nothing happens.	2. Turn off S1B on The load current is transferred from S1B
3. Turn on S2A on Nothing happens.	3. Turn on S2A on The load current is transferred from S1B	3. Turn on S2B on The load current is transferred from S1A	3. Turn on S2B on Nothing happens.
4. Turn off S1B on Nothing happens.	4. Turn off S1B on Nothing happens.	4. Turn off S1A on Nothing happens.	4. Turn off S1A on Nothing happens

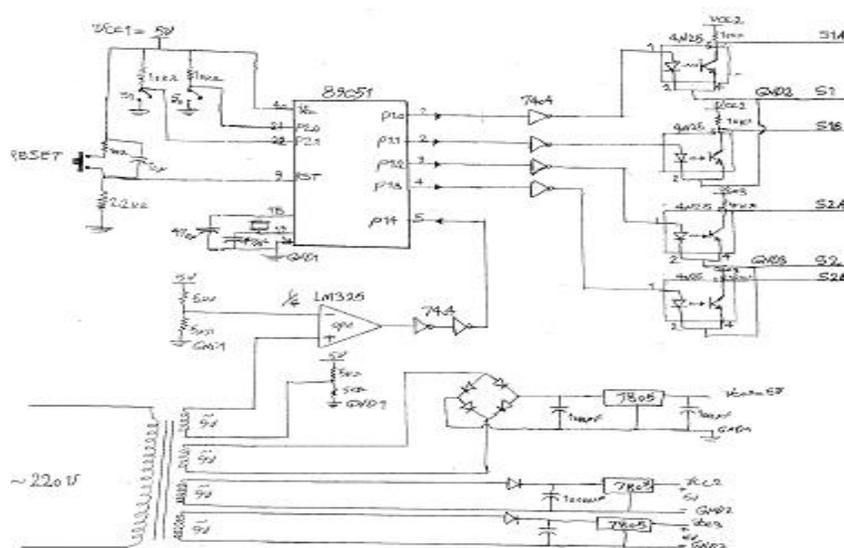
۳- پیاده سازی مدار فرمان برای مبدل AC

برای پیاده سازی یک کنترلر PWM مدار شکل ۵ ارائه می شود که در این مدار قابلیت فرمان دادن به سوئیچهای مدار قدرت به صورت روش ارائه شده در سوئیچینگ ۴ مرحله ای (شکل ۴) را دارا است. [3] همچنین این مدار قابلیت تغییر Duty Cycle سیگنالهای گیت سوئیچها را داراست. مزیت این عمل تغییر نسبت ولتاژ خروجی

به ولتاژ ورودی در مبدل AC به AC است. از مزایای این مدار می توان ساده بودن از لحاظ سخت افزاری، قیمت مناسب و قابلیت تغییر Duty Cycle با دقت مناسب توسط برنامه را ذکر نمود. برای تغییر Duty Cycle سیگنالهای فرمان از دودپ سوئیچ در مدار فرمان شکل ۵ استفاده شده است. که حالات بوجود آمده برای Duty Cycle در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲

Sw1	Sw2	Duty Cycle
0	0	25%
0	1	50%
1	0	75%
1	1	Off



شکل ۵- مدار فرمان کنترلر PWM برای سوئیچهای مدار قدرت

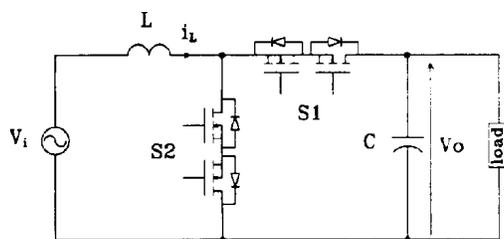
در مدار ارائه شده از تقویت کننده عملیاتی LM324 (OPAMP) جهت Zero detecting ولتاژ ورودی مبدل استفاده شده است همچنین سوئیچ های قدرت استفاده شده در مدار از نوع MOSFET (Motorolla Mtw16N40E) است از ۴ اپتوکوپلر 4N25 نیز جهت تریگر MOSFET ها استفاده شده است و جهت تغذیه و قسمت Zero detecting و دو ولتاژ شناور ۵ ولت از ۴ ترانس و ۳ رگرلاتور LM7805 و یکسو کننده های نیم موج و تمام موج یل در مدار استفاده شده است . همچنین برنامه میکروکنترلر برای فرکانسهای مختلف سوئیچینگ قابل تغییر است که حالت آیده آل 6KHZ می باشد.

۴- کاربردهای دیگر

روش سوئیچینگ چهار مرحله ای ارائه شده برای کنترلر PWM مبدل AC برای مدارهای مختلفی که از سوئیچهای دو طرفه استفاده می کنند کاربرد دارند که این کاربردها عبارتند از:

۴-۱- مبدل AC Buck به AC

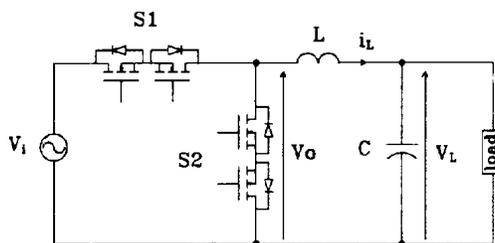
مبدل Buck ولتاژ AC خروجی کوچکتری نسبت به ولتاژ ورودی ایجاد می کند که ولتاژ خروجی با تغییر duty cycle تغییر می یابد شکل ۶ مبدل Buck را نشان می دهد.



شکل ۶- مبدل Buck

۴-۲- مبدل AC Boost به AC

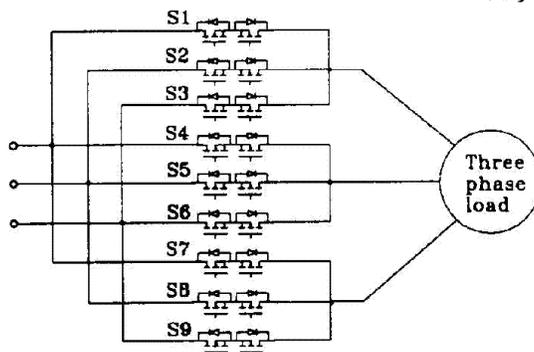
مبدل Boost ولتاژ AC بزرگتری در خروجی نسبت به ولتاژ ورودی ایجاد می کند. شکل ۷ مبدل Boost را نشان می دهد.



شکل ۷- مبدل Boost

۴-۳- مبدل ماتریسی سه فاز

ایده استراتژی سوئیچینگ ۴ مرحله ای برای کموتاسیون صحیح جریان بار القایی بین سوئیچهای دو طرفه در مبدلهای تک فاز AC قابل تعمیم برای مبدلهای سه فاز نیز می باشد. مبدل ماتریسی سه فاز در شکل ۸ نشان داده شده است. [3],[7] همانطور که در شکل ۸ نشان داده شده ما یک مبدل سه فاز را به تک فاز داریم که هر سه سوئیچ دارای جفت های (S3, S2, S1) برای کموتاسیون جریان بار القایی می باشد برای سوئیچهای (S6, S5, S4) و (S9, S8, S7) نیز به همین ترتیب است.



شکل ۸- مبدل سه فاز به سه فاز ماتریسی

۵- نتایج شبیه سازی

شبیه سازی های انجام شده توسط نرم افزار Simulink Matlab برای مدارهای قدرت زیر آورده شده است که عبارتند از:

۵-۱- مبدل AC کنترل شده PWM (شکل ۱)

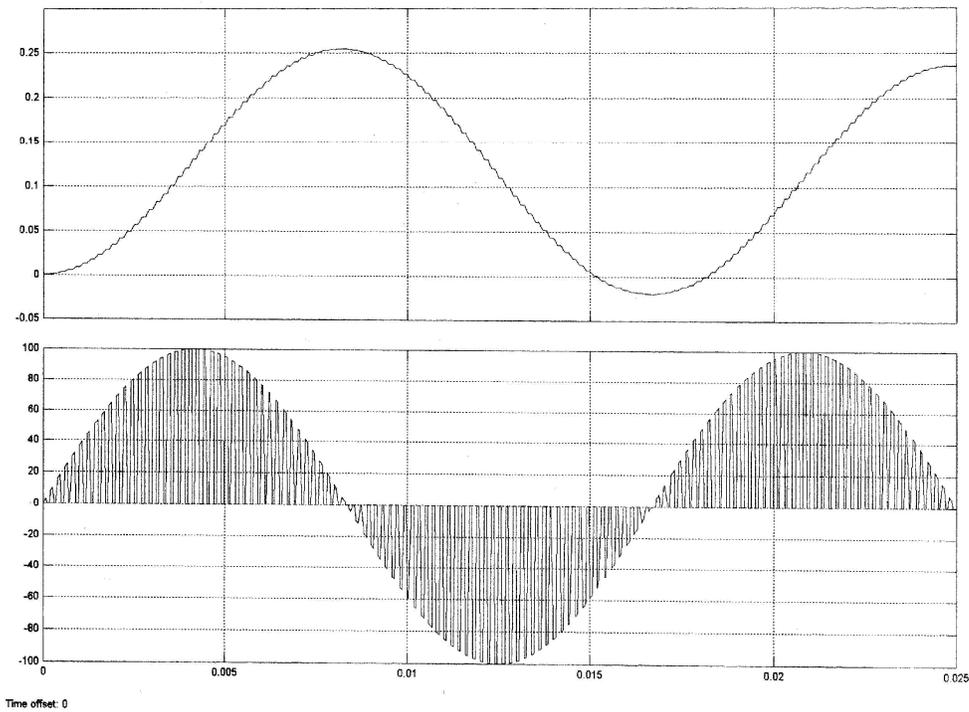
نتایج شبیه سازی انجام شده برای ولتاژ بار (VL) و جریان بار (IL) در خروجی در شکل ۹ نشان داده شده است.

۵-۲- مبدل Buck

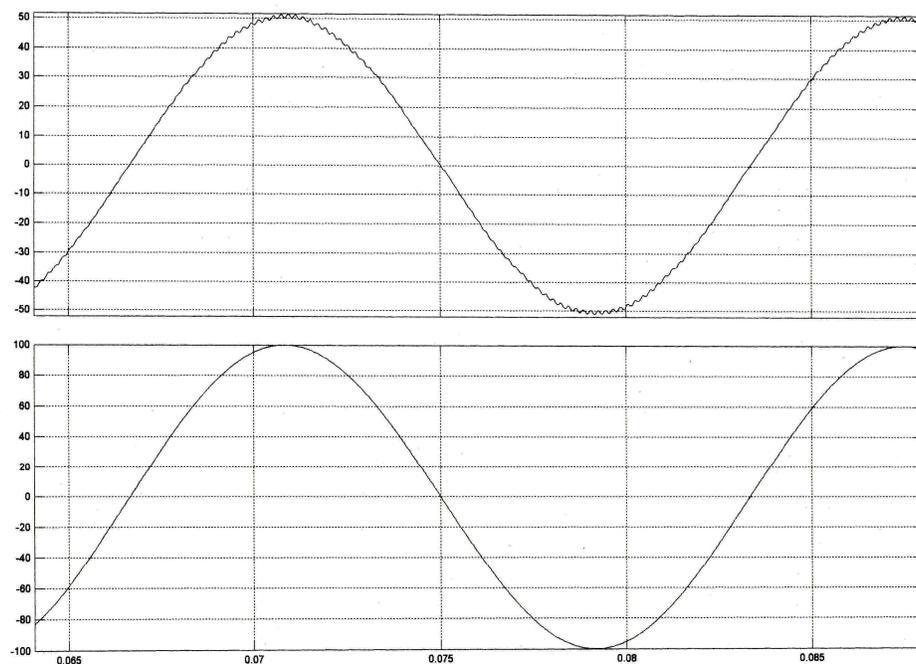
نتایج شبیه سازی انجام شده برای ولتاژ ورودی (VL) و ولتاژ بار (IL) در شکل ۱۰ نشان داده شده است.

۵-۳- Boost مبدل

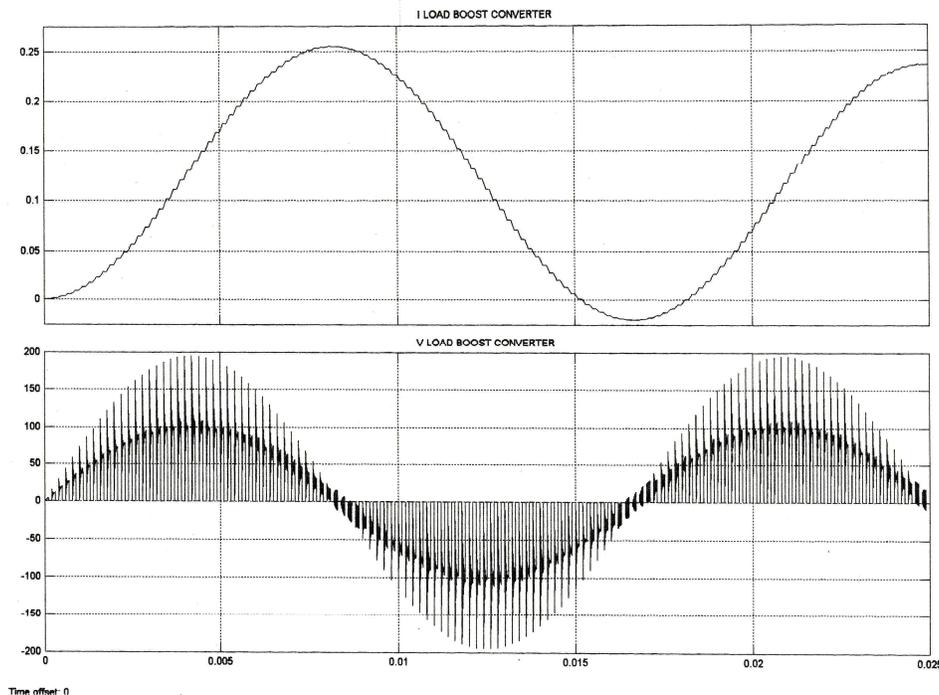
نتایج شبیه سازی انجام شده برای ولتاژ بار (VL) و جریان بار (IL) در شکل ۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۹- نتایج شبیه سازی انجام شده برای ولتاژ بار (VL) و جریان بار (IL) مبدل AC کنترل شده PWM



شکل ۱۰- نتایج شبیه سازی انجام شده برای ولتاژ بار (VL) مبدل Buck AC



شکل ۱۱- نتایج شبیه سازی انجام شده برای ولتاژ بار (VL) و جریان بار (IL) مبدل Boost AC

۶- نتیجه گیری

در این مقاله یک روش برای سوئیچینگ چهار مرحله ای برای سوئیچ های دو طرفه ارائه گردید که برای این منظور مدار فرمانی که قابلیت تغییر Duty Cycle سیگنال گیت سوئیچ ها را توسط میکروکنترلر داشته باشد طراحی شد و همچنین این کنترلر شبیه سازی شده و نتایج حاصل از این شبیه سازی در مقاله ارایه شده است.

فهرست مراجع و ماخذ

- [1] P. N. Enjeti and S. Choi, An approach to realize higher power PWM ac controller, IEEE Trans. Power App. Electron., vol. 4, no. 4, pp. 323-327, Oct. 1993
- [2] T. A. Lipo, The analysis of induction motors with voltage control by symmetrically triggered thyristors, IEEE Trans. Power App. Syst., vol. PAS-90, pp. 515-525, Mar./Apr. 1971
- [3] A. Mozdler, Jr and B. K. Bose, Three-phase ac power control using power transistors, IEEE Trans. Ind. Appl., vol. IA-12, pp. 499-505, Sept./Oct., 1976.
- [4] G. N. Revankar, et al., Symmetrical pulse width modulated ac chopper, IEEE Trans. Ind. Electron. Contr. Instrum., vol. 24, no. 1, pp. 39-45, 1977.
- [5] G. H. Choe, et al., An improved PWM technique for AC chopper, IEEE Trans. Power Electron., vol. 4, no. 4, pp. 496-505, Oct. 1989.
- [6] W. McMurray, Resonant snubbers with auxiliary switches, IEEE IAS Conf., pp. 829-834, 1988.
- [7] J. Oyama, T. Higuchi, E. Yamada, T. Koga and T. Lipo, New control strategy for matrix converter, IEEE Power Electronics Specialists Conf. Rec., pp. 360-367, 1989.
- [8] A. Alesina and M. Venturini, Analysis and design of optimum-amplitude nine-switch direct ac-ac converters, IEEE Trans. Power Electron., vol. 4, no. 1, pp. 101-112, Jan. 1989.