بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه اصفهان

دانشکده فنی مهندسی

گرو ه برق

پایان نامه ی کارشناسی ارشد رشته ی برق گرایش کنترل

کنترل تطبیقی مقاوم مبدل هایdc-dc چند فاز

استادان راهنما:

دکتر حمید رضا کوفیگر

دکتر مهدی نیرومند

پژوهشگر:

ذبیح اله فرامرزی

بهمن ماه ۱۳۹۲

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و
نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه
متعلق به دانشگاه اصفهان است.

دانشگاه اصفهان

دانشکده فنی مهندسی

گرو ه برق

پایان نامه ی کارشناسی ارشد رشته ی برق گرایش کنترل

کنترل تطبیقی مقاوم مبدل هایdc-dc چند فاز

در تاریخ ..... توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه ..... به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنمای پایان نامه **دکتر حمید رضا کوفیگر** با مرتبه ی علمی استاد یار

امضا

۲- استاد مشاور پایان نامه **دکتر مهدی نیرومند** با مرتبه ی علمی استاد یار

امضا

۳- استاد داور داخل گروه **دکتر بهزاد میرزاییان** با مرتبه ی علمی دانشیار

امضا

۴- استاد داور خارج از گروه **دکتر محمد دانش** با مرتبه ی علمی استاد یار

امضا

امضای

مدیر گروه

سپاسگزاری

با تشکر از تمام کسانی که مرا در تهیه این پایان نامه یاری دادند از جمله

اساتید گرامی جناب آقای دکتر کوفیگر

جناب آقای دکتر نیرومند

جناب آقای دکتر عطایی

جناب آقای دکتر میرزاییان

تقدیم اثربه

پدر

مادر

همسرم

و امیر حسین کوچولویم

چکیده

امروزه استفاده از انرژی های نو با توجه به محدود بودن منابع انرژی های فسیلی و قیمت مورد توجه می باشد. از آنجایی که توان تولید شده توسط این منابع به طور مستقیم قابلیت استفاده برای تجهیزات مختلف را ندارد لذا باید سطح ولتاژ و جریان تولید شده، به سطح مناسب ارتقاء یابد. به این منظور می توان از مبدل های dc-dc چند فاز استفاده نمود. از مهمترین ویژگی های این دسته از مبدل ها می توان به این موارد اشاره نمود: ۱-دستیابی به توان های بالا ۲-قابلیت استفاده همزمان از چند منبع تولید توان ۳-کاهش تلفات سوییچینگ ۴ -ایجاد افزونگی در سیستم و قابلیت تعمیر و نگداری مناسب می باشد. از مباحث مطرح در به کارگیری مبدل های dc-dc چند فاز مسئله کنترل جریان تولیدی هر یک از فازها و تثبیت ولتاژ خروجی می باشد. همچنین یک کنترل کننده مبدل چند فاز باید پایداری سیستم را در شرایط مختلف تضمین نماید. روش کنترلی استفاده شده در این پایان نامه راهبرد کنترل مد لغزشی تطبیقی با بهبود زمان گذرا می باشد که در این روش بجای استفاده از یک تابع سوییچینگ خطی از یک تابع سوییچیگ غیر خطی استفاده شده است. روش استفاده شده علاوه بر تحقق اهداف کنترلی ذکر شده، پاسخ گذرای سیستم را به طور قابل ملاحظه ای بهبود می بخشد. از کاربرد های مهم مبدل های dc-dc چند فاز و سیستم کنترل پیشنهادی، استفاده از آن در پیل های سوختی ، سلول های خورشیدی و توربین های بادی می باشد. با استفاده از شبیه سازی، نتایج مربوط به سیستم کنترل طراحی شده نشان داده شده و نتایج با یک کنترل کننده مد لغزشی ساده مقایسه شده است.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: معرفی مبدل های الکترونیک قدرت موازی شده

۱-۱-مقدمه..... ۱

۱-۲-مزایای مبدل های الکترونیک قدرت موازی شده..... ۳

۱-۳-انواع روش های موازی کردن مبدل های dc-dc..... ۶

۱-۳-۱- موازی کردن با مفهوم موازی شده..... ۶

۱-۳-۲- موازی کردن با مفهوم چند فاز..... ۷

۱-۴-پیشینه و تاریخچه موضوع ۹

۱-۴-۱-کنترل یک مبدل dc-dc سه فاز با کنترل کننده PID ۹

۱-۴-۲-الگوریتم زمان بند بهره برای کنترل مبدل های چند فاز ۱۰

۱-۴-۳-روش کنترل فازی برای مبدل های چند فاز..... ۱۲

۱-۴-۴-کنترل غیر خطی تطبیقی مبدل های باک چند فاز با استفاده از روش بازگشت به عقب..... ۱۴

۱-۴-۵-کنترل غیر خطی تطبیقی مبدل های بوست چند فاز با روش کنترل مد لغزشی..... ۱۵

۱-۵-کاربردهای مبدل های dc-dc چند فاز..... ۱۶

۱-۵-۱-کاربرد در پیل های سوختی و خورشیدی..... ۱۶

۱-۵-۲-کاربرد برای استفاده همزمان برای چند منبع تولید توان..... ۱۷

فصل دوم: مدل سازی مبدل های چند فاز

۲-۱-مقدمه..... ۱۸

۲-۲- مدل سازی مبدلهای dc-dc به روش متوسط فضای حالت..... ۱۹

۲-۲-۱-مدل سازی متوسط فضای حالت ۲۰

۲-۳-مدل سازی مبدل باک..... ۲۲

۲-۳-۱- حالت روشن بودن سوییچ و خاموش بودن دیود ۲۲

۲-۳-۲- حالت روشن بودن دیود و خاموش بودن سوییچ..... ۲۳

۲-۳-۳-مبدل باک در مد پیوسته..... ۲۴

۲-۳-۴- مبدل باک در مد ناپیوسته..... ۲۵

عنوان **صفحه**

۲-۳-۵-مدل متوسط فضای حالت برای مبدل باک ۲۶
۲-۴- مدل متوسط فضای حالت برای مبدل باک چند فاز..... ۲۶

فصل سوم: کنترل مبدل های dc-dc

۳-۱-مقدمه..... ۲۹
۳-۲-پایداری سیستم های کنترل خطی و غیر خطی..... ۳۰
۳-۳- برخی روش های کنترل مبدل های dc-dc..... ۳۱
۳-۳-۱-کنترل به روش PID..... ۳۲
۳-۳-۱-۱- شبیه سازی مبدل با ک با استفاده از کنترل کننده PID..... ۳۴
۳-۳-۲- شبیه سازی مبدل سه فاز با یک کنترل کننده PI..... ۳۶
۳-۳-۲-۱-بررسی ولتاژ خروجی تحت بار ثابت..... ۳۷
۳-۳-۲-۲-بررسی جریان فازهای مبدل تحت بار ثابت..... ۳۸
۳-۳-۲-۳-بررسی ولتاژخروجی با بار متغییر..... ۴۰
۳-۳-۲-۴- بررسی جریان خروجی هر فاز ۴۱
۳-۳-۳-کنترل به روش هیسترزیس..... ۴۳
۳-۳-۳-۱-شبیه سازی مبدل باک به روش هیسترزیس..... ۴۴
۳-۳-۴-روش کنترل مد جریان..... ۴۶
۳-۳-۴-۱-مدار شبیه سازی شده مبدل باک با روش کنترل مد جریان..... ۴۹
۳-۳-۵-کنترل مد لغزشی برای مبدل های DC-DC..... ۵۰
۳-۳-۵-۱-طراحی کنترل کننده مد لغزشی..... ۵۲
۳-۴-۵-۲- شبیه سازی کنترل کننده تطبیقی مد لغزشی برای مبدل های بوست سه فاز..... ۵۷

عنوان **صفحه**

فصل چهارم:طراحی کنترل کننده مد لغزشی تطبیقی برای مبدل های چند فاز

۴-۱-مقدمه.....۶۴

۴-۱-۱-علت انتخاب مبدل های باک چند فاز ۶۴

۴-۲-طراحی کنترل کننده تطبیقی مد لغزشی برای مبدل های باک چند فاز ۶۵

۴-۳- طراحی کنترل کننده تطبیقی مد لغزشی بهبود یافته برای مبدل های باک چند فاز.....۶۹

فصل پنجم: شبیه سازی و تحلیل نتایج

۵-۱-مقدمه.....۷۲

۵-۲- بررسی عملکرد مبدل باک سه فاز در برابر بار خروجی ثابت.....۷۴

۵-۲-۱-بررسی ولتاژخروجی سیستم در مقابل بارثابت.....۷۴

۵-۲-۲-مشخصه استاتیک V-Iسلول سوختی.....۷۵

۵-۲-۳- بررسی تعادل جریان در فازهای مبدل تحت بار ثابت.....۷۷

۵-۳- بررسی مبدل در مقابل تغییرات بارخروجی.....۸۲

۵-۳-۱- بررسی ولتاژخروجی سیستم در مقابل بارمتغییر.....۸۳

۵-۳-۲- بررسی تعادل جریان های مبدل در مقابل بارمتغییر.....۸۴

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۶-۱-نتیجه گیری.....۸۸

۶-۲-

پیشنهادات.....۹۰

منابع و ماخذ.....۹۲

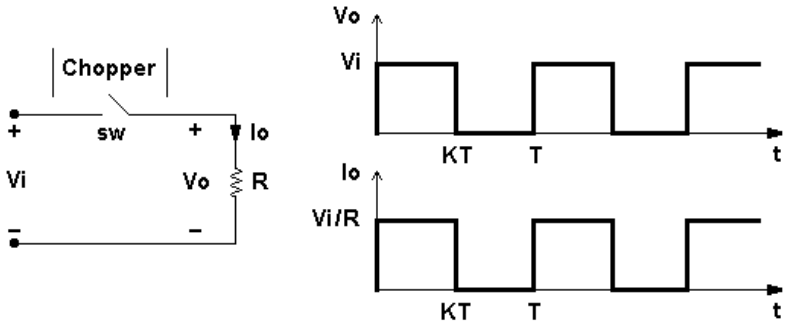
فصل اول

معرفی مبدل های الکترونیک قدرت موازی شده

۱-۱-مقدمه

مبدل های ولتاژ dc-dc مدار هایی هستند که برای تطبیق ولتاژ و جریان بین منابع و بارها استفاده می شوند. این تجهیزات معمولا همراه بایک زیر سیستم کنترلی که سطح ولتاژو جریان را با وجود نامعینی های سیستم، اغتشاشات، تغییرات بار و تغییر ولتاژورودی در سطح دلخواه نگه می دارد همراه هستند.

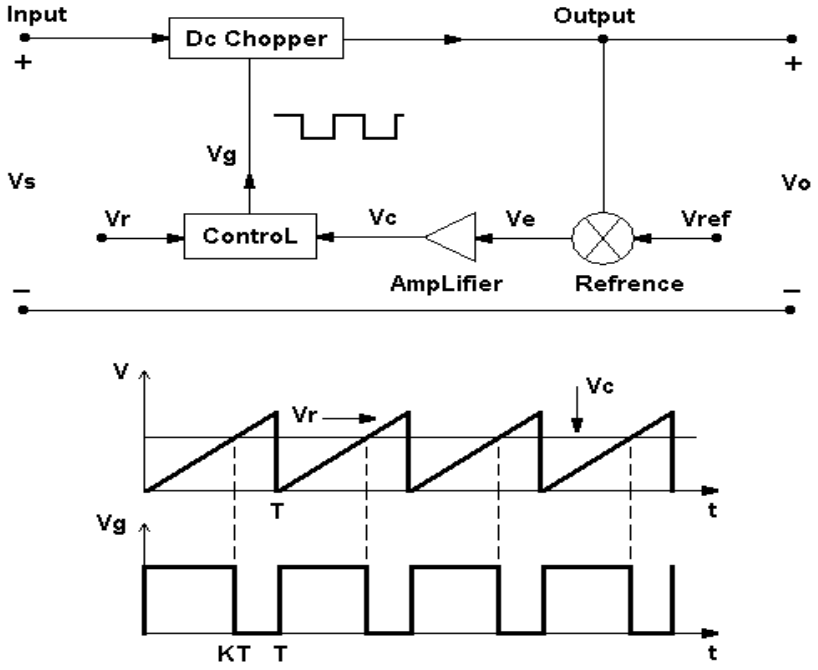
یک مبدل dc-dc از یک چاپر[۱] و یک سیستم کنترلی تشکیل شده است. یک چاپر dc-dc (شکل۱-۱) در واقع مداری است که ولتاژ ورودی مستقیم را به صورت یک شکل موج مربعی به بار اعمال می نماید .مقدار متوسط ولتاژ اعمال شده به سر بار به نسبت زمان روشن بودن سوییچ قدرت به زمان یک پریود سیگنال کنترلی بستگی دارد.



[۱] chopper

شکل۱-۱-یک چاپر dc به همراه شکل موج کنترلی[۱]

ساده ترین سیستم کنترلی که اهداف کنترلی چون تنظیم [۱]ولتاژ خروجی و پایداری [۲]سیستم را دنبال می کند، استفاده از از یک موج مربعی[۳] بعنوان سیگنال کنترلی می باشد که از مقایسه یک موج دندانه اره ای[٤] با یک سطح مرجع، که از خروجی مبدل گرفته می شود (شکل۱-۲) تولید می شود. در زمان افزایش بار خروجی که سطح ولتاژ در حال کاهش است پهنای پالس فرمان افزایش یافته و در نتیجه ولتاژخروجی افزایش می یابد و بالعکس.



شکل۱-۲-یک مبدل dc-dc با سیگنال فرمان سوییچ[۱]

[۱]Regulation
[۲] stability
[۳] PWM
[٤] Ramp signal

مسئله مورد توجه در اینجا، موازی کردن مبدل های dc-dc[۱] است. با توجه به اینکه امروزه منابع مختلفی برای تامین توان الکتریکی(شکل ۱-۳) موجوداست برای استفاده همزمان از آنها از روش موازی کردن مبدل ها استفاده می شود. موازی کردن مبدل های الکتریکی (شکل ۱-٤) دارای مزایای زیادی است که در ادامه به برخی از آنها اشاره می کنیم.

۱-۲-مزایای مبدل های الکترونیک قدرت موازی شده

۱-افزونگی[۲] در سیستم

۲- کاهش تلفات حرارتی

۳-کاهش فشار بر قطعات نیمه هادی

٤-کاهش اندازه فیلتر ها وخازن های ورودی (سوییچ ها،سلف ها و..)

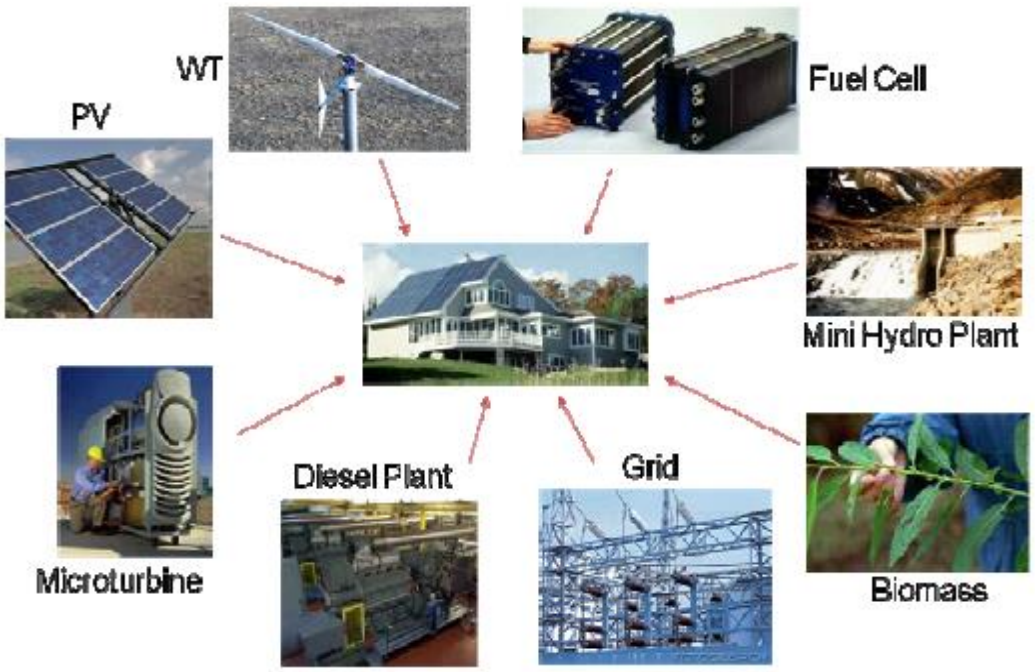
۵-افزایش قابلیت اطمینان

٦-کاهش تلفات هدایت سوییچ

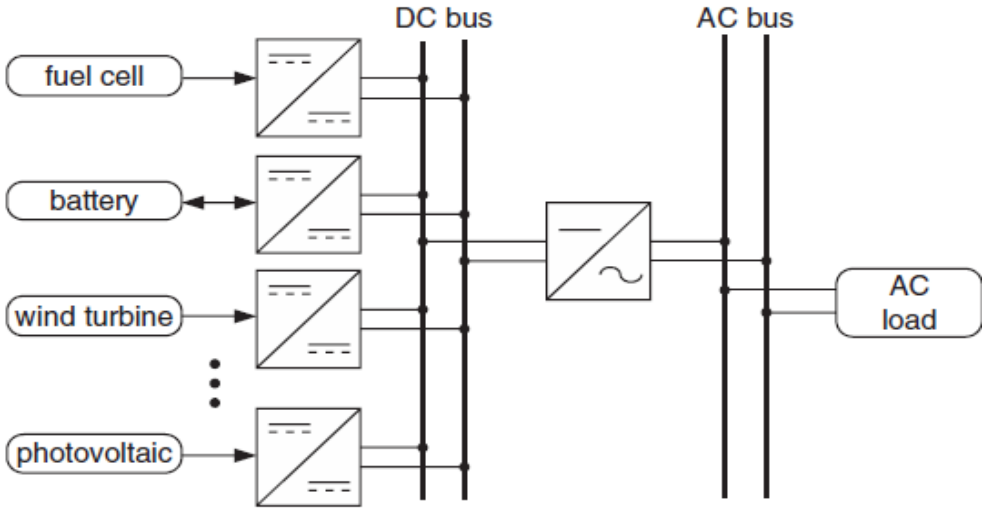
۷-کاهش تلفات مغناطیسی و... می باشد[۲]

اهمیت دیگر استفاده از این روش به منظور اخذ توان مناسب از چند منبع مختلف[۳] توان برای تغذیه یک بار می باشد.

[۱] Paralleled dc-dc converter
[۲] modularity
[۳] Hybrid power supply



شکل۱-۳-منابع مختلف تامین توان الکتریکی[۳]



شکل۱-٤-موازی کردن به گونه ای که از چند منبع توان بصورت همزمان برای ایجاد یک خط ولتاژdc استفاده می شود [٤]

در موازی کردن مبدل های الکتریکی بعلت وجود امپدانس های خازنی[۱] و سلفی[۲] که می توانند بر اثر تغییر دما یا عوامل دیگر دچار اغتشاش شوند مورد توجه است. اگر این امپدانس های پارازیتی به اندازه کافی کوچک نباشند ممکن است مبدل را در زمان های گذرا، از کارکرد عادی خارج سازند و یا تعادل جریان در مبدل های مختلف را بر هم بزنند و باعث به وجود آمدن پیچیدگی ها بیشتری درسیستم کنترل گردد.

لذا مسئله کنترل این گونه مبدل ها موضوع مهمی است که در مطالعات مختلف به آن پرداخته شده است. در این پژوهش کنترل کننده ای را برای مبدل های موازی شده طراحی شده که اهداف کنترلی زیر را با وجود شرایط کاری مختلف دنبال کند.

۱- پایداری سیستم

۲-تنظیم ولتاژ خروجی

۳-وجود تعادل بار خروجی بین ماژول های مختلف

٤-بهبود در زمان پاسخ گذرا و کاهش بالا زدگی در پاسخ سیستم

ایده مسئله کنترلی استفاده از یک کنترل کننده مد لغزشی تطبیقی می باشد که در برابر تغییر پارامتر های وارده به سیستم مقاوم باشد.

۱-۳- انواع روش های موازی کردن مبدل های dc-dc [٥]و[٦]و[٧]

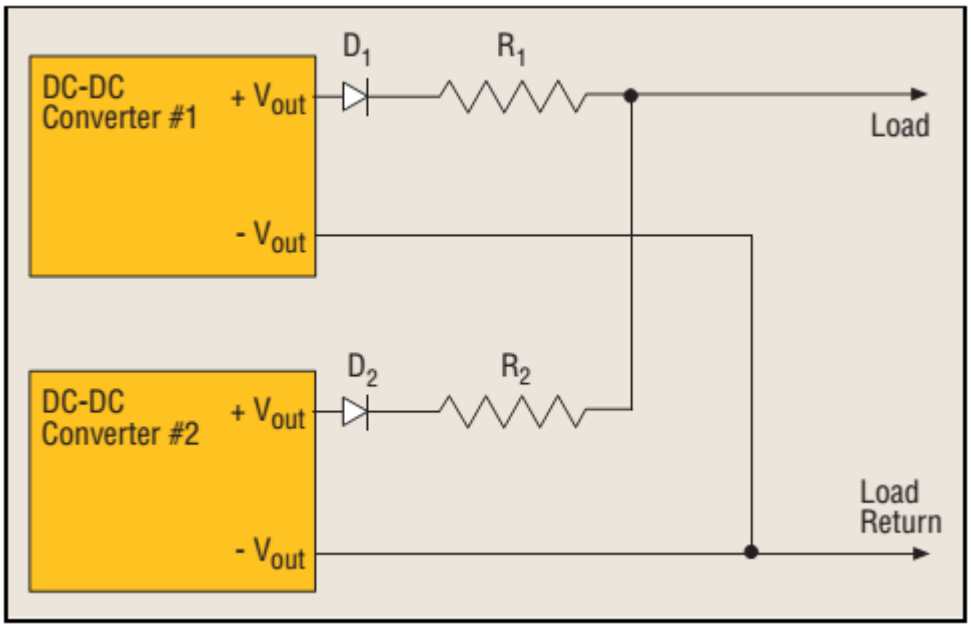
روش های موازی کردن باهدف تقسیم جریان بین مبدل های متصل شده به یکدیگر ،تحت عنوان current sharing شناخته می شود که به دو مفهوم کلی بررسی میگردد.

---

[۱] capacitance impedance
[۲] Self impedance

۱-۳-۱-موازی کردن با مفهوم موازی شده[۱]

در این روش همه مبدل ها در هر لحظه فعال هستند. به این معنی که می توان سیکل وظیفه[۲] هر مبدل را در هر لحظه کنترل نمود، در این روش کنترلی چون در هر لحظه هرکدام از مبدل ها دارای ولتاژ های مختلف در خروجی می باشند. لذا باید با روش های خاصی خروجی ها را به یکدیگرمتصل نمود. در شکل (۱-۵) یکی از روش های اتصال خروجی ها نشان داده شده است.

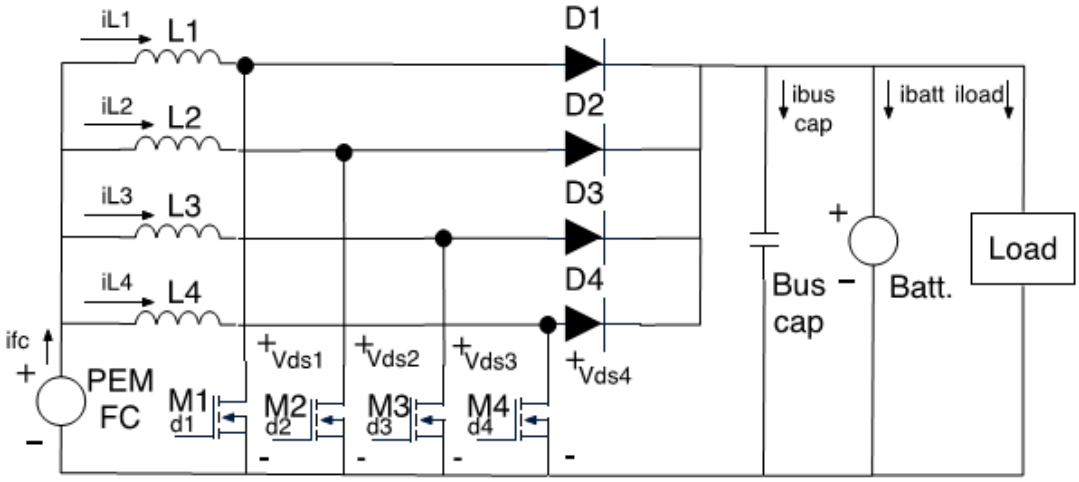


شکل۱-۵- موازی کردن مبدل های dc-dc با استفاده از دیود ومقاومت[۸]

۱-۳-۲-موازی کردن با مفهوم چند فاز[۳] [۹]

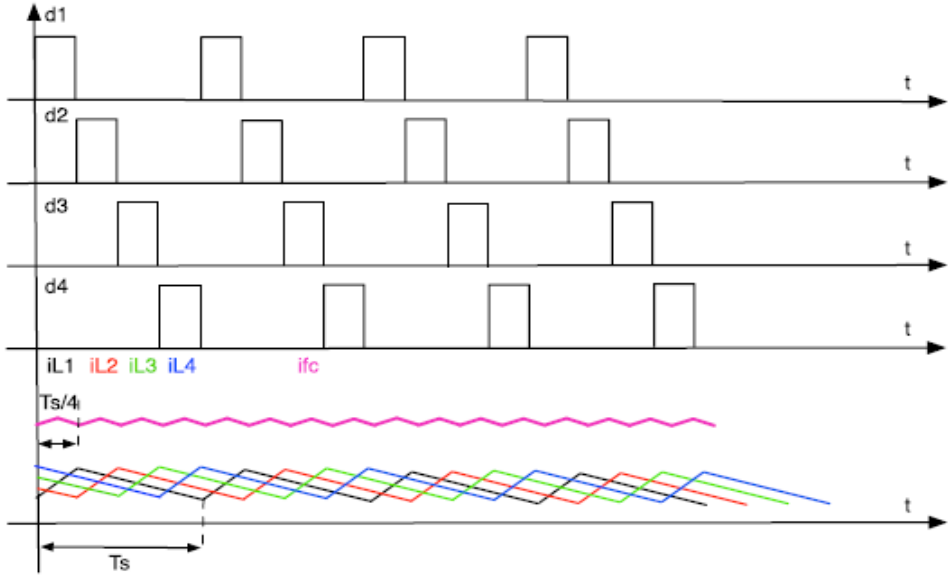
[۱] Paralleled converter
[۲] Duty cycle
[۳] Multiphase converter

در روش چند فاز که به روش اینتر لیود[۱]که به چند فاز نیز معروف می باشد در هرلحظه فقط یکی از مبدل ها روشن است یعنی مبدل ها به صورت یکی پس از دیگری روشن شده و خاموش می شوند.در این روش موازی کردن چون خروجی ها با یکدیگر فعال نمی شوند، در نتیجه اتصال آنها به یکدیگر مشکلی ایجاد نمیکند. شکل(۱- ٦) یک مبدل باک با سیگنال های فرمان و جریان های خروجی برای یک مبدل موازی شده با این روش نشان داده شده است. در شکل(۱-۷) سیگنال گیت هر فاز و جریان کل مبدل نشان داده شده است.



شکل۱-٦-دیاگرام مربوط به موازی کردن مبدل ها به روش چند فاز[۱۰]

[۱]Interleaved



شکل۱-۷-شکل موج های کنترل و جریان خروجی هر فاز و کل مبدل [۱۰]

با استفاده از این روش در موازی کردن مبدل ها می توان با افزایش تعداد فاز ها فرکانس کلید زنی را کاهش ، و در نتیجه موجب کاهش توان تلف شده در سوییچ ها شد.

هر دو روش بیان شده در بخش های (۱-۲-۱) و(۱-۲-۲) را می توان به دو صورت اجرا نمود. اول روش تقسیم جریان برابر[۱]و روش دوم روش فرمان و اجرا[۲] می باشند . در روش تقسیم جریان های مساوی، جریان کل خروجی مبدل بر تعداد فاز ها تقسیم شده و جریان مرجع هر فاز را بدست می آید. اما در روش مستر اسلیو یک کنترل کننده اصلی وجود دارد که جریان سایر فازها را تعیین می کند.

این پژوهش بر کنترل مبدل های موازی شده در بخش(۱ -۲-۲) ، با روش تقسیم جریان های مساوی در همه شاخه ها تمرکز دارد.این روش موازی کردن مبدل ها را معمولا تحت عنوان مبدل های چند فاز می شناسند ودر ادامه پایان نامه هر جا به مبدل موازی شده اشاره شود منظور روش معرفی شده در این بخش می باشد.

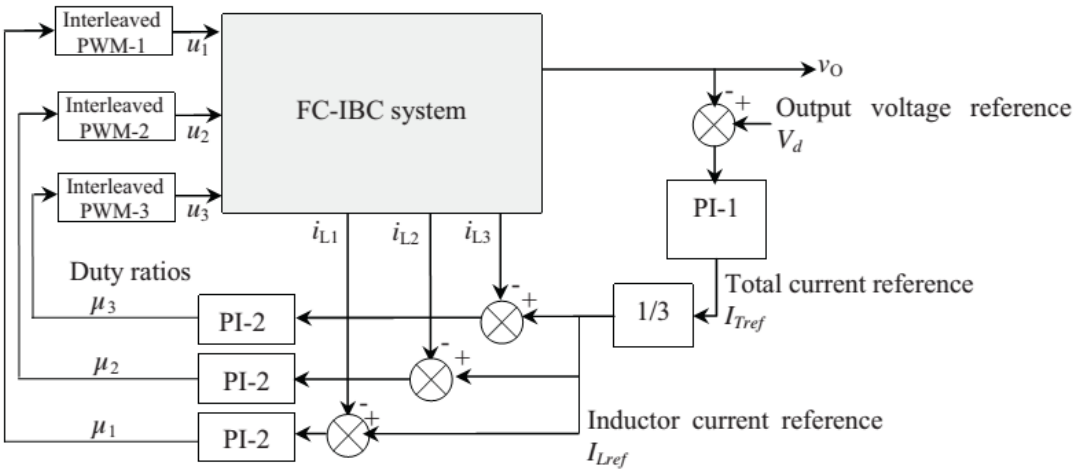
۱-٤-پیشینه و تاریخچه موضوع

[۱] democratic current sharing
[۲] Master slave method

برای کنترل مبدل های dc-dc چند فاز در مقالات مختلف از روش های متعددی استفاده شده است. در اینجا چند روش را که بیشتر مورد استفاده قرار گرفته شده است را معرفی شده و درادامه مزایا و معایب هر کدام بیان می شود.

۱-٤-۱-کنترل یک مبدل dc-dc سه فاز با کنترل کننده PID[۱]

در این روش کنترل، سیستم کنترل دارای دو حلقه کنترل ولتاژ و حلقه کنترل جریان می باشد.که در هر حلقه از یک کنترل کنندهPI D استفاده شده است . برای تنظیم جریان هر فاز از یک کنترل کننده PID و برای تنظیم ولتاژ خروجی مبدل از یک کنترل کننده PID دیگر استفاده شده است.[۱۱]



شکل۱-۸-دیاگرام کنترل مبدل بوست سه فاز با کنترل کننده PID [۲]

کنترل کننده PIDطراحی شده نسبت به تغییر پارامترها[۲] و اغتشاشات [۳]وارده به سیستم راندمان خوبی ندارد. شبیه سازی انجام شده با این کنترل کننده در فصل سوم این موضوع را نشان می دهد.

[۱] Proportional integrator divider controller
[۲] Variable parameter
[۳] disturbance