

بررسی عملکرد انواع توپولوژی‌بازایاب دینامیکی ولتاژ بر مبنای مبدل منبع امپدانس تحت شرایط مختلف

ابوالفضل کاظم دهدشتی^{۱*}، علیرضا سیفی^۲

*۱- مربیگروه برق، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه شیراز، abolfazlkd@yahoo.com

۲- دانشیار گروه برق، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه شیراز، siefi@shirazu.ac.ir

چکیده: در این مقاله عملکرد توپولوژی‌های مختلف DVR براساس مبدل منبع امپدانس (Z-Source Converter) تحت تست‌های مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این سیستم DVR (براساس مبدل منبع امپدانس) اندازه‌ی اجزاء ذخیره‌کننده‌ی انرژی و مقادیر نامی اجزاء الکترونیکی قدرت در مقایسه با DVR متعارف که در آن از مبدل منبع ولتاژ (VSC) استفاده می‌شود کمتر است. توپولوژی‌های مطرح شده به دو نوع کلی تقسیم می‌گردند. دو توپولوژی شامل منبع ذخیره‌کننده انرژی به منظور تامین توان مورد نیاز جهت جبران‌سازی می‌باشند و دو توپولوژی دیگر فاقد منبع ذخیره‌کننده انرژی می‌باشند که انرژی مورد نیاز جبران‌سازی (شارژ خازن Link-DC) را از شبکه دریافت می‌کنند. بررسی و مقایسه‌ی عملکرد تحت ۳ آزمایش مختلف به منظور بیان قابلیت‌های هر توپولوژی توسط نرم‌افزار MATLAB/SIMKINK شبیه‌سازی شده است.

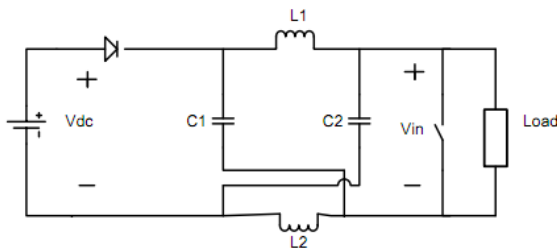
واژه‌های کلیدی: مبدل منبع امپدانس، افتادگی ولتاژ، توپولوژی، بازایاب دینامیکی ولتاژ

۱- مقدمه

به ورودی می‌باشد لذا برای مقابله با این محدودیت در استفاده از مبدل VSI، باید از یک مبدل تقویت کننده‌ی DC-DC نیز همراه مبدل اصلی (VSI) استفاده‌گردد [۳]. در اینجا مبدل منبع امپدانس (Z-SI) که یک مبدل تضعیف کننده- تقویت کننده است جایگزین مبدل سنتی VSI به همراه مبدل تقویت کننده‌ی DC-DC شده که چندین مزیت از انواع اقتصادی، قابلیت اطمینان بالاتر و سادگی بیشتر را به همراه دارد. توانایی تقویت کنندگی مبدل منبع امپدانس مربوط به حالتی از سوئیچینگ است که حالت Shoot-Through نام دارد و حالت سوئیچینگ غیر مجازی برای مبدل های سنتی (VSI) به شمار می رود که منجر به ایجاد خسارت در مدار آن می‌گردد. [۴-۶]

با رشد بارهای حساس صنعتی مسئله‌ی کیفیت توان در سال‌های اخیر اهمیت بیشتری پیدا کرده‌است [۱]. افتادگی ولتاژ (خم شدگی ولتاژ) از مهمترین مشکلات کیفیت توانی است که به صورت افت دامنه‌ی ولتاژ ظاهر شده و عمدتاً خطای اتصال کوتاه منشأ آن است. DVR (بازایاب دینامیکی ولتاژ) یکی از مؤثرترین ادوات جبران‌ساز برای مقابله با افتادگی ولتاژ است [۲]. همان طور که در شکل ۱ نشان داده شده DVR متشکل از اجزاء ذخیره‌ی انرژی، مبدل، فیلتر و ترانسفورماتور تزریق می‌باشد. توانایی DVR سنتی و متعارف (که از مبدل VSI استفاده کرده است) در جبران‌سازی به اندازه‌ی منبع ذخیره‌کننده‌ی انرژی وابسته بود، چون مبدل VSI یک مبدل تضعیف کننده است و خروجی آن همواره محدود

باشد که به منظور بررسی، معادلات در هر دو حالت استخراج می-گردد:

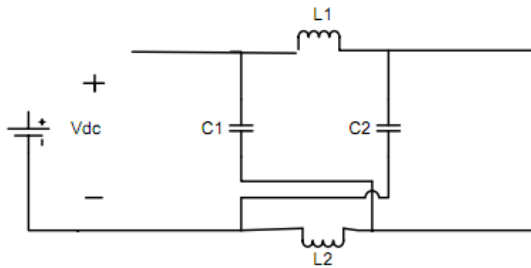


شکل ۲: مدار Z-SI در حالت non shoot through

برای حالت non-Shoot-Through معادلات به صورت زیر است:

$$Vl = Vdc - Vc(1)$$

$$Vin = Vc - Vl$$



شکل ۳: مدار Z-SI در حالت shoot through

برای حالت Shoot-Through معادلات به صورت زیر بیان می-شود:

$$Vdc = 2Vc \quad (2)$$

$$Vin = 0$$

T_1 مدت زمان Shoot-Through و T_2 مدت زمان non-Shoot-Through از یک سیکل می‌باشد که مقدار متوسط ولتاژ خازن به صورت زیر بیان می‌گردد.

$$Vc = \frac{T_1}{T_1 - T_2} Vdc \quad (3)$$

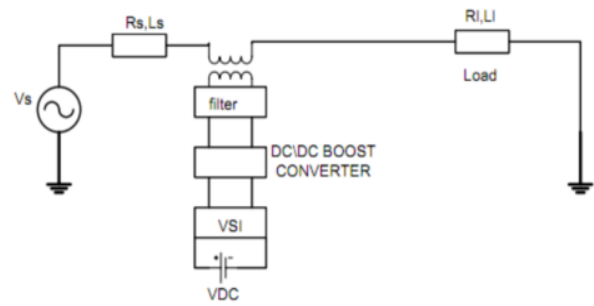
سپس از معادلات بالا ولتاژ Link-DC (V_{in}) و مقدار پیک ولتاژ AC خروجی (V_x) به صورت زیر بیان می‌گردد.

$$Vin = \frac{1}{1 - 2T_1/T} Vdc \quad (4)$$

$$Vx = \mu \frac{Vin}{\gamma} \quad (5)$$

که μ در آن شاخص مدولاسیون است و β به صورت (فرمول) تعریف می‌شود که ضریب تقویت‌کنندگی نام دارد و مقدار آن به زمان Shoot-Through بستگی دارد. لذا یک ولتاژ AC خروجی از معادلات بالا به صورت زیر قابل بیان است.

$$Vx = \beta \mu \frac{Vdc}{\gamma} \quad (6)$$



شکل ۱: ساختمان متعارف DVR

بر اساس نوع منبع ذخیره‌کننده انرژی ۴ توپولوژی مختلف برای DVR بر مبنای Z-SI [۸] پیشنهاد می‌شود، همچنین در این مقاله از روش کنترلی حلقه بسته [۹، ۱۰] مد جریان استفاده شده است که در بخش ۲ آورده شده است. هدف این مقاله بیان عملکرد این توپولوژی‌ها تحت شرایط مختلف بررسی و مقایسه قابلیت توپولوژی‌ها می‌باشد. توپولوژی متعارف که از منبع ذخیره انرژی باتری استفاده می‌کند در مقاله‌های دیگر مطرح شده اما عملکرد ۳ توپولوژی دیگر در اینجا مورد مطالعه قرار می‌گیرد. در قسمت ۲، ساختار DVR بر مبنای مبدل منبع امپدانس (Z-SI) مطرح می‌گردد و سپس توپولوژی‌های دیگر DVR بر اساس مبدل منبع امپدانس معرفی شده و در قسمت بعد تست‌های مختلف روی این توپولوژی‌ها انجام می‌گیرد.

۲- ساختار DVR بر مبنای مبدل منبع امپدانس

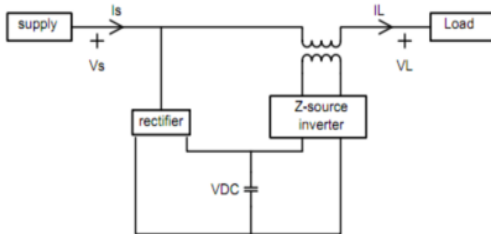
همانطور که گفته شد در این سه توپولوژی مبدل منبع امپدانس (Z-SI) جایگزین VSI و مبدل تقویت‌کننده DC-DC شده است و از این نظر مثل یک مبدل تقویت/تضعیف‌کننده DC-DC به همراه مدار سوئیچ هاینیکسوساز می‌باشد. مبدل منبع امپدانس از شبکه X شکلی که در شکل زیر مشخص است به همراه مدار سوئیچینگ تشکیل شده است. به منظور سادگی ظرفیت سلفی L_1 و L_2 و خازنی C_1 و C_2 در شبکه‌ی امپدانس یکان فرض می‌شود. حالت Shoot-Through که قبل از این نیز بیان شد، حالت سوئیچینگ منحصر به فرد برای مبدل امپدانس (Z-SI) می‌باشد که حین آن سوئیچ‌های بالا و پایین روی یک یا چند بازو در حالت وصل قرار می‌گیرند و خروجی اتصال کوتاه می‌گردد. در مبدل‌های سنتی ۲ حالت سوئیچینگ شامل حالت اکتیو و حالت سوئیچینگ صفر وجود داشت در حالت اکتیو بار تحت ولتاژ ورودی و در حالت صفر بار تحت ولتاژ صفر قرار می‌گرفت. در اینجا حالت Shoot-Through حالت سوئیچینگ سومی برای مبدل منبع امپدانس است که منجر به ویژگی‌های منحصر به فردی برای این مبدل می‌شود لذا حالات مختلف سوئیچینگ برای این مبدل شامل حالت Shoot-Through و حالت non-Shoot-Through می‌-

۳-۱- سیستم بدون منبع ذخیره انرژی

در این نوع سیستم، انرژی مورد نیاز جبران‌سازی، از شبکه جهت شارژ خازن Link-DC دریافت می‌شود. این انرژی توسط یک مبدل موازی با شبکه دریافت می‌گردد. براساس مدل اتصال مبدل موازی به شبکه ۲ نوع توپولوژی مطرح می‌گردد.

۳-۱-۱- مبدل موازی متصل به سمت تغذیه

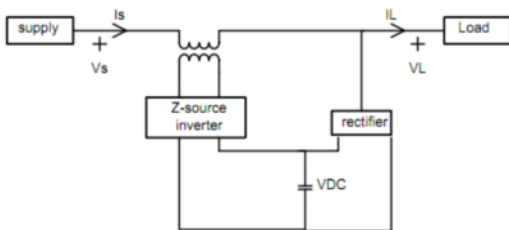
همانطور که از شکل زیر مشخص است مبدل موازی جهت تامین توازن مورد نیاز شارژ خازن Link-DC به سمت تغذیه‌ی خط توزیع متصل شده است. خازن Link-DC توان مورد نیاز جبران‌سازی DVR را فراهم می‌نماید. در این نوع توپولوژی هنگام وقوع خطا ولتاژ تغذیه افت کرده که باعث تاثیر نامطلوبی بر عملکرد مبدل موازی جهت تامین توان شارژ خازن Link-DC می‌گردد. این توپولوژیدر موارد افتادگی ولتاژ طولانی و عمیق پاسخ مناسبی ندارد.



شکل ۵: توپولوژی مبدل موازی متصل به سمت تغذیه

۳-۱-۲- مبدل موازی متصل به سمت بار

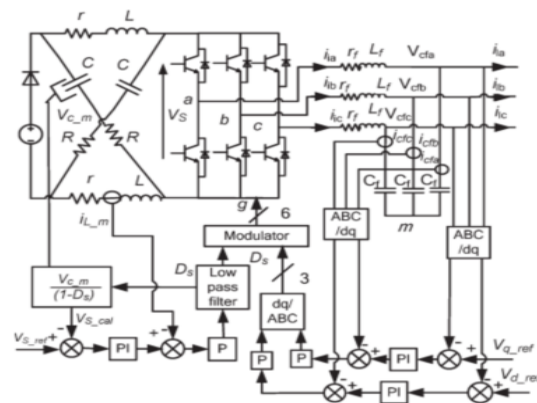
در این نوع توپولوژی مبدل موازی به سمت بار متصل شده و توازن مورد نیاز خود را از سر بار دریافت می‌کند. لذا ولتاژ ورودی این مبدل قابل کنترل توسط DVR می‌باشد که می‌تواند ولتاژ سر بار و ولتاژ Link-DC را تقریباً ثابت نگه دارد. در هنگام وقوع خطا DVR ولتاژ مورد نیاز را به خط تزریق می‌کند و ولتاژ بار همواره ثابت می‌ماند لذا ولتاژ ورودی مبدل موازی که تامین کننده‌ی توان مصرفی DVR است ثابت بوده و این نوع توپولوژی پاسخ مناسبی در مواجهه با افتادگی عمیق و طولانی ولتاژ دارد.



شکل ۶: توپولوژی مبدل موازی متصل به سمت بار

در اینجا $G = \mu \times \beta$ ضریب مبدل منبع امپدانس است. مقدار μ در محدوده $0 \leq \mu \leq 1$ تغییر می‌کند و مقدار β در محدوده $0 \leq \beta \leq 1$ ، لذا حاصلضرب آنها هر مقداری از ۱ تا مقادیر بسیار زیاد را می‌تواند به خود بگیرد. در این مقاله از تکنیک سوئیچینگ Simple boost استفاده شده است که در آن حالت Shoot-Through به عنوان بحثی از فاصله زمانی حالت صفر اعمال می‌گردد.

همانطور که از شکل زیر مشخص است تکنیک کنترلی حلقه بسته در اینجا استفاده شده است [۹].



شکل ۴: مدار کنترلی حلقه بسته برای DVR بر مبنای مبدل منبع امپدانس

در اینجا از تکنیک کنترلی حلقه بسته‌ی مد جریانی به منظور تعیین زمان Shoot-Through (D_S) استفاده شده است. کنترل مد جریانیبا مقایسه جریان لحظه‌ای سلف با مقدار رفرنس آن سرعت پاسخ سریعتری را مهیا می‌کند. همچنین مقدار رفرنس جریان حاصل عبور سیگنال ولتاژ خازن از PI کنترلر می‌باشد. مقدار سیگنال رفرنس DVR از مقایسه‌ی سیگنال ایده آل ولتاژ تغذیه و مقدار حقیقی آن به دست می‌آید. سپس تحت تبدیل ۲ محوری (dq) قرار می‌گیرد و سیگنال خطای آن از PI کنترلر عبور می‌نماید و این بار این سیگنال، سیگنال رفرنس جریانی را ایجاد می‌کند که با جریان فیلتر خروجی مبدل مقایسه شده و به حالت ۳ فاز برمی‌گردد تا مقدار تغییرات جزئی D_S را مشخص نماید.

۳- توپولوژی‌های پیشنهادی برای DVR بر مبنای

مبدل منبع امپدانس

همانطور که قبلاً نیز مطرح شد توپولوژی‌های مختلف به دو دسته‌ی کلی تقسیم می‌شوند. ۲ توپولوژی با منبع ذخیره‌ی انرژی و ۲ توپولوژی بدون منبع ذخیره‌ی انرژی هستند.

ولتاژ Link-DC (۲۰ ولت) کاملاً واضح است (در یک آزمایش خروجی با دامنه ای حدود ۱۳۰ ولت و در آزمایش دیگر خروجی با دامنه‌ی حدود ۲۰۰ ولت تولید می‌کند). در این سه آزمایش ابتدا توپولوژی با مبدل موازی متصل به سمت بار سپس توپولوژی هایمبدل موازی متصل به سمت تغذیه و ولتاژ Link-DC متغیر تحت آزمایش قرار میگیرند.

جدول (۱): مشخصات مبدل و LINK-DC

مبدل متع اмпدانی	L	۴۵۰ μh
	C	۴۷۰ μh
	F _s	۱۰ khz
	L _F	۱۰ mh
	C _F	۴۰۰ μh
	P	۸ KVA
مشخصات Link-DC	V _{TPH}	۳۷۰ V
	V _{dc}	۲۰ V
	C _{dc}	۵ mf

جدول (۲): مشخصات بار

پارامترهای بار	S	۷.۸ KVA
	PF	۰.۹۸
	f	۵۰ Hz
	V _{L-L}	۳۷۰ V

۱-۴ - آزمایش افتادگی ولتاژ

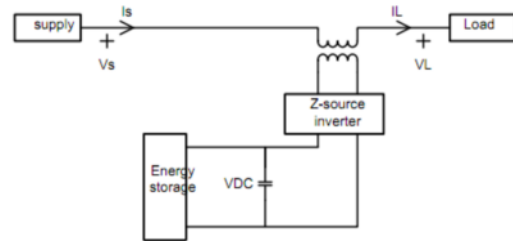
در این آزمایش اتصال کوتاه ۳ فاز در سمت تغذیه رخ می‌دهد. خطای ایجاد شده منجر به کاهش دامنه‌ی ولتاژ می‌گردد. ابتدا دامنه‌ی ولتاژ (یک سیکل پس از خطا) از ۳۰۰V به حدود ۲۰۰V و یک سیکل بعد به حدود ۱۷۰V می‌رسد و تا زمان رفع خطا همین مقدار باقی می‌ماند. اتصال کوتاه از شروع سیکل سوم رخ داده و تا پایان سیکل پانزدهم (۳. ثانیه) باقی می‌ماند. همانطور که از شکل ۸، مشخص است توپولوژی مبدل موازی متصل به سمت بار جهت ثابت بودن ولتاژ بار ولتاژ مورد نیاز (V_{inj1}) را تامین می‌کند و از طریق ترانسفورماتور سری به خط تزریق می‌نماید. همچنین V_{inj2} و V_{inj3} به ترتیب ولتاژ تزریقی توپولوژی مبدل موازی متصل به

۲-۳ - سیستم همراه با منبع ذخیره انرژی

در سیستم هایی بدون منبع ذخیره انرژی دریافت جریان اضافی جهت شارژ خازن Link-DC منجر به تشدید افت ولتاژ میگشت اما در این نوع سیستم تاثیر نامطلوب متقابل DVR و خطا (به شکل افت ولتاژ خط ناشی از جریان شارژ خازن یا عدم تامین توان مورد نیاز شارژ خازن Link-DC به دلیل افت ولتاژ خط) وجود ندارد. در این نوع سیستم ذخیره کننده‌ی انرژی باید فراهم گردد. ۲ نوع توپولوژی برای این نوع سیستم مطرح می‌گردد.

۱-۲-۳ - سیستم با ولتاژ Link-DC ثابت

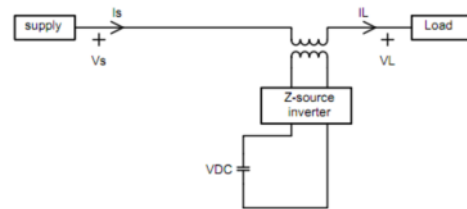
نوع اول آن، سیستم متعارف می‌باشد که از باطری به عنوان منبع ذخیره انرژی استفاده می‌کند که در شکل ۷ مشخص است اما نوع دوم آن در اینجا شرح داده میشود.



شکل ۷: توپولوژی سیستم با ولتاژ Link-DC ثابت

۲-۲-۳ - سیستم با ولتاژ Link-DC متغیر

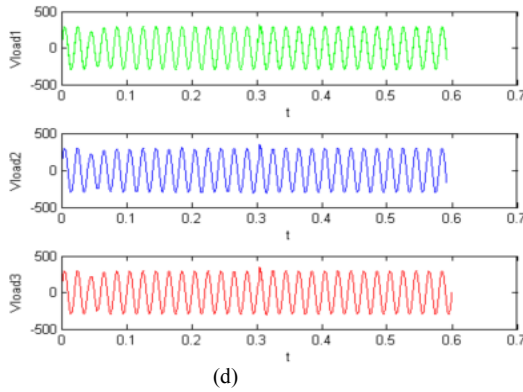
همانطور که از شکل ۸ مشخص است در این نوع سیستم منبع ذخیره انرژی یک خازن بزرگ است که پس از هر استفاده شارژ آن کمتر شده و ولتاژ Link-DC بدون آنکه جبران شود تغییر می‌کند. این نوع توپولوژی در مورد افتادگی ولتاژ عمیق عملکرد مطلوبی ندارد.



شکل ۷: توپولوژی سیستم با ولتاژ Link-DC متغیر

۴ - نتایج شبیه‌سازی

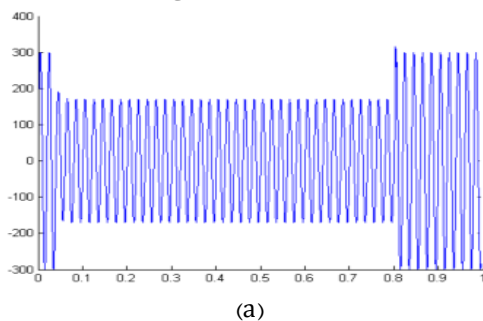
در این قسمت نتایج آزمایش بر روی ۳ توپولوژی معرفی شده قابلیت عملکرد هر یک تحت شرایط مختلف بررسی می‌گردد. مشخصات مبدل، بار و Link-DC در جدول (۱) و جدول (۲) آمده است. ضمناً طی این آزمایشات قابلیت Z-SI در تقویت کنندگی



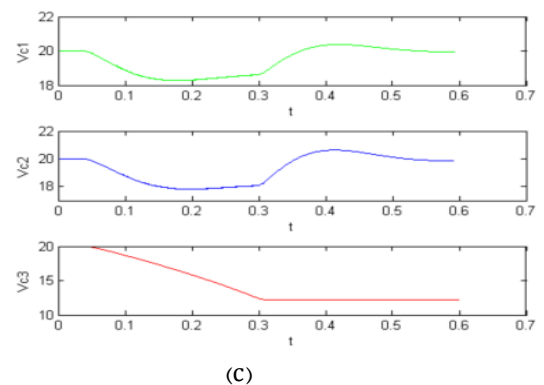
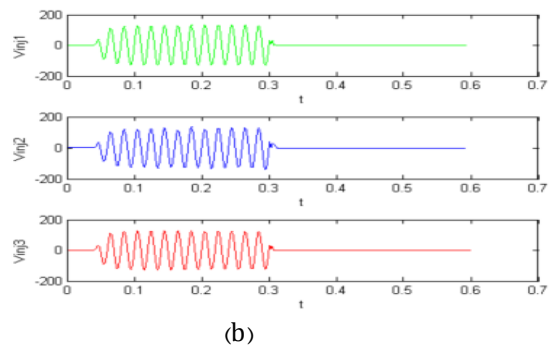
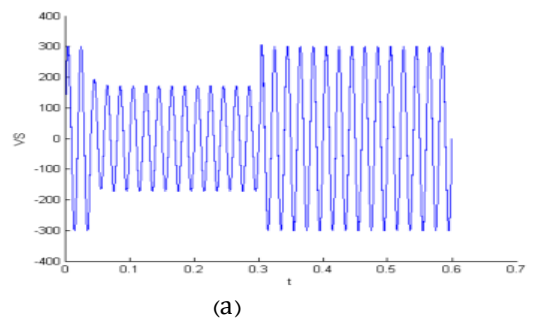
شکل ۸: a. ولتاژ تغذیه به هنگام خطا b. ولتاژ تولیدی توسط DVRC، ولتاژ خازن Link-DC، ولتاژ بار

۴-۲- آزمایش افتادگی ولتاژ طولانی مدت

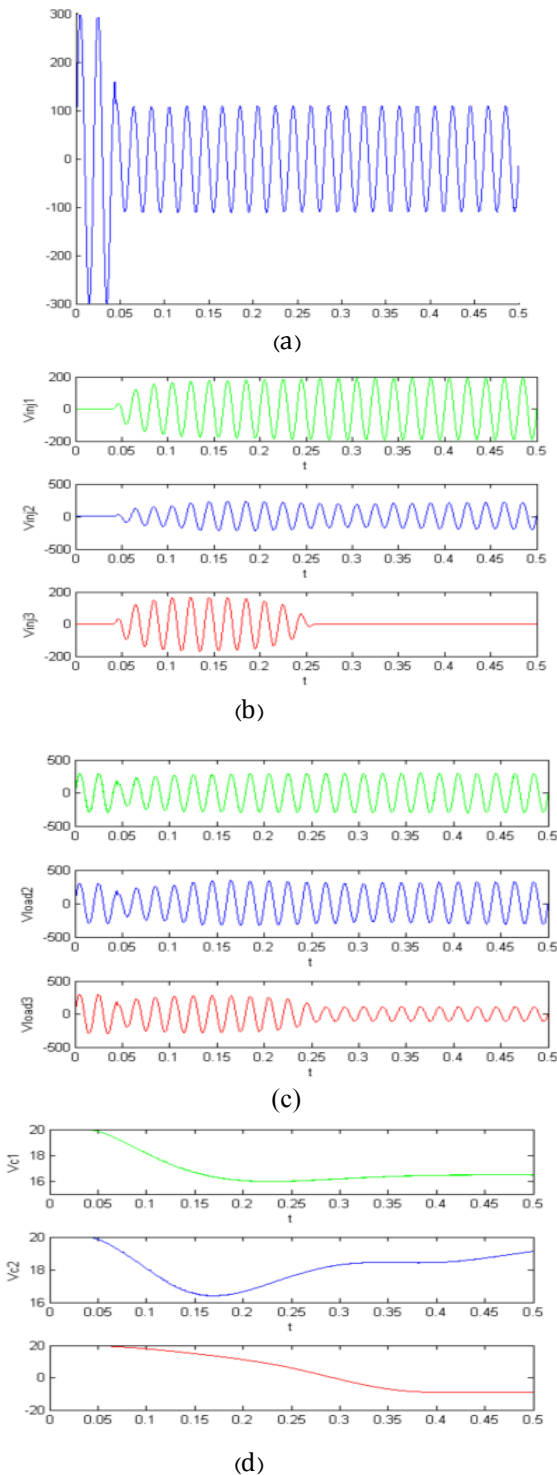
مشابه آزمایش قبل خطا ۳ فاز رخ می دهد با این تفاوت که اینبار مدت زمان اتصال کوتاه ۰.۷۸ ثانیه طول می انجامد (از سیکل دوم تا سیکل چهارم). همانطور که از قبل پیش بینی شده بود توپولوژی سوم به دلیل عدم توانایی در جبران ولتاژ خازن Link-DC پاسخ مناسبی در این مورد ارائه نمی دهد. همانطور که از شکل ۹b مشخص است بهترین پاسخ (ولتاژ تزریقی) مربوط به توپولوژی اول (مبدل موازی متصل به سمت بار) می باشد. این قضیه مورد انتظار ماست چرا که طبق فرض جبران سازی توسط DVR ولتاژ بار (تامین کننده) توان مورد نیاز شارژ خازن Link-DC ثابت می ماند لذا همانطور که مشاهده می شود V_{inj1} با دامنه‌ی ثابت ولتاژ بار را در مقدار نامی خود (V_{load1}) نگه می دارد. توپولوژی دوم مانند حالت قبل تا حدودی دامنه‌ی ولتاژ بار را جبران می کند ولی دامنه‌ی ولتاژ تزریقی (V_{inj2}) مقداری نوسان دارد که باعث نوسان دامنه‌ی ولتاژ بار (V_{load2}) در حدود مقدار نامی خود می شود. شکل ۹c بیانگر شارژ خازن Link-DC برای ۳ توپولوژی است. چون ولتاژ Link-DC در توپولوژی سوم (V_{c3}) جبران نمی گردد همانطور که از شکل ۲ مشخص است جبران سازی این توپولوژی تنها تا زمانی حدود ۰.۴ ثانیه که ولتاژ خازن به ۱۰ ولت میرسد صورت می گیرد و قادر به جبران سازی طولانی مدت نخواهد بود اما ۲ توپولوژی دیگر توان مورد نیاز شارژ خازن خود را از شبکه دریافت می کند.



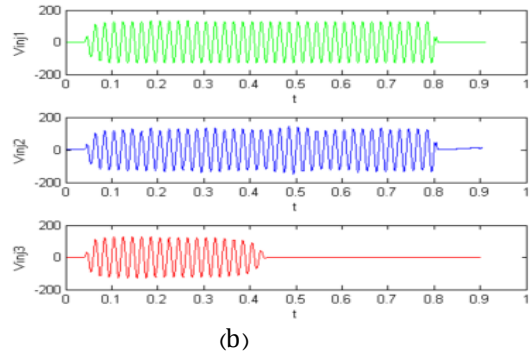
سمت تغذیه و توپولوژی ولتاژ DCLink متغیر است. ولتاژ تزریقی توپولوژی اول (V_{inj1}) با دامنه‌ی ثابت افتادگی دامنه‌ی ولتاژ را جبران نموده و در شکل ۸d (V_{load1}) معرف ولتاژ بار به هنگام عملکرد این توپولوژی می باشد. توپولوژی سوم نیز عملکردی مشابه دارد و (V_{load3}) بیانگر ولتاژ جبران شده توسط این توپولوژی است. اما توپولوژی دوم هر چند که افتادگی را تا حدی جبران نموده ولی دامنه‌ی ولتاژ تزریقی (V_{inj2}) مقداری نوسان دارد که باعث شده دامنه‌ی ولتاژ بار حول مقدار مطلوب ($300V$) کمی نوسان کند. شکل ۸c ولتاژ خازن Link-DC را برای توپولوژی های مختلف نشان می دهد که V_{c1} و V_{c2} پس از رفع خطا جبران شده و به مقدار اولیه‌ی خود ($20V$) باز می گردند ولی V_{c3} مربوط به توپولوژی با ولتاژ Link-DC متغیر است که بدون جبران پس از رفع خطا در مقدار ثانویه ای (کمتر از $20V$) باقی می ماند.



(مبدل موازی متصل به بار) مانند ۲ حالت قبل پاسخ بسیار مناسبی به خطای ایجاد شده می‌دهد و ولتاژ مناسب (V_{inj1}) جهت جبران سازی ولتاژ بار (V_{load1}) را تزریق می‌نماید.



شکل ۹: ولتاژ تغذیه به هنگام خطا b. ولتاژ تولیدی توسط DVRC. ولتاژ خازن link-DCd. ولتاژ بار



شکل ۱۰: ولتاژ تغذیه به هنگام خطا b. ولتاژ تولیدی توسط DVRC. ولتاژ خازن link-DCd. ولتاژ بار

۳-۴ افتادگی ولتاژ عمیق

در این آزمایش افتادگی ولتاژ شدت مییابد و دامنه‌ی ولتاژ تغذیه را در سیکل سوم به حدود ۱۵۰ ولت و در سیکل چهارم به حدود ۱۰۰ ولت می‌رساند و تا رفع خطا در همین مقدار نگه می‌دارد. در این آزمایش خطا از لحظه ۰.۴ ثانیه شروع و تا زمان ۰.۵ ثانیه ادامه دارد. همانطور که از شکل C.۱۰ مشخص است مقدار ولتاژ خازن در توپولوژی سوم در زمان حدود ۰.۳ ثانیه از صفر عبور می‌کند و منفی می‌شود. این توپولوژی مانند حالت قبل قادر به جبران سازی نمی‌باشد و ولتاژ تولیدی آن در زمانی حدود ۰.۲۵ ثانیه به صفر می‌رسد (V_{inj3}). توپولوژی دوم پاسخی مشابه ۲ حالت قبل دارد یعنی جبران سازی با کیفیت نامطلوبی انجام می‌شود و دامنه ولتاژ بار جبران شده مقداری نوسان دارد (V_{load2}). اما توپولوژی اول

IEEE Transaction on Industry Applications, Vol. ۴۱, pp. ۱۲۷۲-۱۲۸۰, ۲۰۰۵.

- [۹] J.G. Nielsen, M. Newman, F. Blaabjerg, H. Nielsen, "Control and testing of a Dynamic Voltage Restorer (DVR) at medium voltage level", IEEE power electronic specialist conference, Vol. ۳, pp. ۱۲۴۸-۱۲۵۳, ۲۰۰۳.
- [۱۰] C.J. Gajanayake, D.M. Vilathgamuwa, P.C. Loh, "Development of a comprehensive model and a multiloop controller for z-source inverter DG systems", IEEE Transaction on Industrial Electronics, Vol. ۵۴, pp. ۲۳۵۲-۲۳۵۹, ۲۰۰۷.

نتیجه گیری

در این مقاله ۳ توپولوژی دیگر (غیر از توپولوژی متعارف) DVR بر مبنای مبدل منبع امپدانس تحت ۳ آزمایش مختلف قرار گرفت. توپولوژی اول تحت هر ۳ آزمایش پاسخ مناسب به دست می دهد اما نسبت به توپولوژی سوم به یک مبدل اضافه تر جهت شارژ خازن Link-DC احتیاج دارد. توپولوژی دوم تحت هر ۳ آزمایش پاسخ نسبتاً مشابه داشت که جبران سازی را با کیفیت نه چندان خوبی انجام میدهد ضمن آنکه به مدار شارژ خازن نیز نیاز دارد. توپولوژی سوم تحت شرایط افتادگی طولانی و عمیق نتوانست جبران سازی کند اما تحت شرایط خطای کوتاه و نه چندان عمیق بدون نیاز به مدار شارژ خازن پاسخ مناسبی جهت جبران سازی ولتاژ خازن Link-DC ارائه داد. لذا بهترین توپولوژی بر اساس شرایط عملکرد و پارامترهای مقایسه انتخاب می گردد.

رزومه



ابوالفضل کاظم دهدشتی در ایران، تهران در ۸ اردیبهشت در سال ۱۳۶۶ بدنیا آمد. دوره کارشناسی خود را در سال ۱۳۸۵ در رشته مهندسی برق در دانشگاه چمران اهواز آغاز و در سال ۱۳۸۹ با درجه عالی فارغ التحصیل گردید و در همان سال دوره کارشناسی ارشد خود را در دانشگاه شیراز آغاز نمود و تا سال ۱۳۹۱ با درجه عالی این دوره را به اتمام رساند. مطالعات وی غالباً در زمینه‌های مبدل‌های قدرت، کیفیت توان، حفاظت و تولید پراکنده می باشد.



علیرضا سیفی در سال ۱۳۴۷ در ایران، شیراز بدنیا آمد. وی دوره کارشناسی خود را در رشته مهندسی برق در دانشگاه شیراز در سال ۱۳۷۰ به پایان برد و دوره کارشناسی ارشد خود را در دانشگاه تبریز تا سال ۱۳۷۲ گذراند و دوره دکتری تخصصی خود را در دانشگاه تربیت مدرس سال ۱۳۸۰ به پایان رساند. در حال حاضر به عنوان استاد با درجه علمی دانشیاری در دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه شیراز مشغول می باشد. مطالعات وی متمرکز بر سیستم های قدرت، ماشین های الکتریکی، الکترونیک قدرت و بهینه سازی فازی می باشد.

۵- مراجع

- [۱] A.K. Al-Othman, T.H. Abdelhamid, "Elimination of harmonics in multilevel inverters with non-equal dc sources using PSO", Elsevier Energy conversion and Management, Vol. ۵۰, pp. ۷۵۶-۷۶۴, ۲۰۰۹.
- [۲] M.K. Nguyen, Y.G. Jung, Y.C. Lim, "Single-phase Z-source voltage sag/swell compensator", IEEE Industrial Symposium on Industrial Electronics, pp. ۲۴-۲۸, ۲۰۰۹.
- [۳] D.M. Vilathgamuwa, C.J. Gajanayake, P.C. Loh, Y.W. Li, "Voltage sag compensation with Z-source inverter based Dynamic Voltage Restorer", IEEE Industry Application conference, Vol. ۵, pp. ۲۲۴۲-۲۲۴۸, ۲۰۰۶.
- [۴] S. Rajakaruna, L. Jayawickrama, "Steady-State analysis and designing impedance network of Z-Source Inverters", IEEE Transaction on Industrial Electronics, Vol. ۵۷, pp. ۲۴۸۳-۲۴۹۱, ۲۰۱۰.
- [۵] D. Vinnikov, I. Roasto, "Quasi-Z-source-based isolated DC/DC converters for distributed power generation", IEEE Transaction on Industrial Electronics, Vol. ۵۸, pp. ۱۹۲-۲۰۱, ۲۰۱۱.
- [۶] D. Vinnikov, I. Roasto, R. Strzelecki, M. Adamowicz, "Step-up DC/DC converters with cascaded Quasi-Z-source network", IEEE Transaction on Industrial Electronics, Vol. ۵۹, pp. ۳۷۲۷-۳۷۳۶, ۲۰۱۲.
- [۷] F.Z. Peng, "Z-source inverter, IEEE Transaction on Industry Applications", Vol. ۲۹, pp. ۵۰۴-۵۱۰, ۲۰۰۳.
- [۸] J.G. Nielsen, F. Blaabjerg, "A detailed comparison of system topologies for Dynamic Voltage Restorers",