

تأثیر ژنراتورهای سنکرون و القایی در سیستم‌های با تولید پراکنده

ابراهیم کریمی^۱، مسعود نصری^۲

(۱) و (۲) شرکت توزیع نیروی برق شهرستان اصفهان

karimi.ebrahim@gmail.com, (۱) nasri.masoud@gmail.com (۲)

واژه‌های کلیدی: تولید پراکنده، ژنراتور سنکرون، ژنراتور القایی، تلفات، پایداری، پروفیل ولتاژ

با توجه به موقعیت سیستم تولید پراکنده، ممکن است جریان خط افزایش یابد، ولتاژ دچار نوسان شود، و یا مشکلات دیگر ایجاد شود [۱، ۲، ۳].

موارد فنی بسیاری است که در زمان طراحی سیستم تولید پراکنده باید به آن‌ها دقت داشت که روی رفتار سیستم تأثیر دارد از جمله اینکه این ژنراتورها در کجا و چه تعداد نصب شوند، ظرفیت هر یک چقدر باشد، و دیگر سوالات مشابه. در حال حاضر بیشتر تأسیسات توزیع پراکنده از ماشین‌های القایی و سنکرون استفاده می‌کنند که می‌توانند در نیروگاه‌های آبی، بخاری و بادی استفاده شوند. با وجود اینکه تکنولوژی‌های مذکور به خوبی شناخته شده‌اند، نمی‌توان به طور دقیق تعیین کرد که بهترین گزینه برای استفاده در سیستم تولید پراکنده کدام است [۴].

بر اساس این حقایق، بررسی تأثیر این نوع ژنراتورها بر پارامترهای اساسی شبکه حایز اهمیت است و مقاله حاضر نتایج تحقیقاتی در زمینه فوق را ارائه می‌دهد. پارامترهای اساسی مورد تحلیل، ولتاژ حالت دایمی، تلفات، پایداری ولتاژ، و پایداری گذرا می‌باشد. نتایج این تحقیق می‌تواند برای مهندسان برق و به خصوص متخصصان توزیع مفید واقع شود.

چکیده

این مقاله به بررسی دقیق استفاده از ژنراتور سنکرون و القایی در سیستم تولید پراکنده^۱ می‌پردازد. تأثیر این ژنراتورها روی عملکرد سیستم به کمک نرم افزار DIGSILENT بررسی شده است. پارامترهای بررسی شده عبارتند از پروفیل ولتاژ حالت دایمی، تلفات، پایداری ولتاژ، و پایداری گذرا. نتایج نشان می‌دهد بهترین گزینه ژنراتور سنکرون است و این بستگی به ویژگی‌های شبکه دارد.

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر، توجه خاصی به تولید پراکنده شده است. علت این اقبال مطرح شدن بحث تجدید ساختار^۲ و بازار برق^۳ می‌باشد. از دلایل دیگر می‌توان به پیشرفت‌های تکنیکی و نگرانی‌های دولت‌ها در ایجاد امنیت اشاره نمود. استفاده از سیستم تولید پراکنده دارای معایب و محاسنی است.

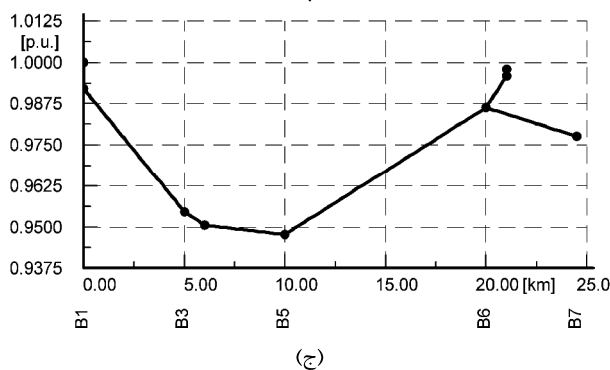
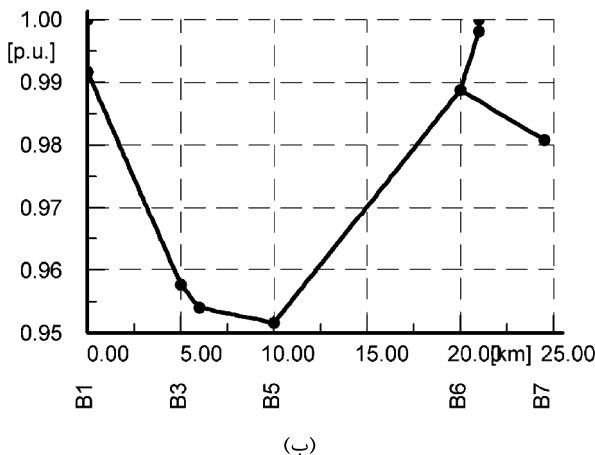
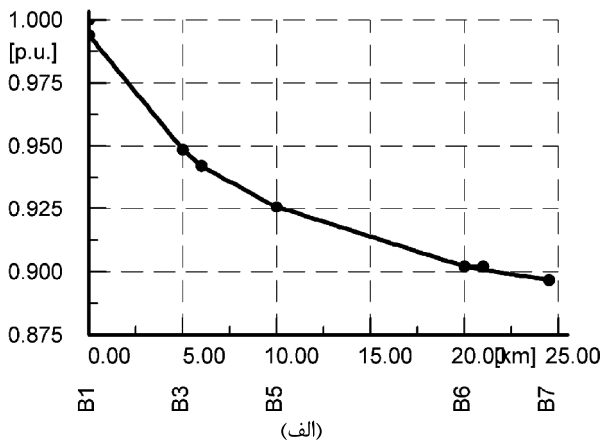
^۱ Distributed Generation

^۲ Deregulation

^۳ Power Market

۵ MW باشد. اتصال این واحدها مطابق شکل ۱ از طریق ترانسفورمرهای نشان داده شده می باشد. شبیه سازی ها، به منظور آنکه دریابیم چه نوع ژنراتوری برای این منظور نیاز است به کمک نرم افزار DIGSILENT انجام شده است. این شبیه سازی ها از دیدگاه پروفیل ولتاژ حالت دائمی به بررسی موضوع می پردازد.

نتایج در شکل ۲ نشان داده شده است. در این شکل در قسمت های الف، ب و ج به ترتیب پروفیل ولتاژ بدون ژنراتور، با ژنراتور سنکرون، و با ژنراتور القایی نمایش داده شده است.



شکل ۲- پروفیل ولتاژ برای حداکثر دیماند در حالات مختلف، الف) بدون ژنراتور، ب) با ژنراتور سنکرون، ج) با ژنراتور القایی

۲- بررسی تأثیر بر پارامترهای اساسی شبکه

۱-۲- پروفیل ولتاژ در حالت دائمی

نوسانات ولتاژی مربوط به وجود تولید پراکنده در سیستم، به طور قابل ملاحظه ای، میزان توان تأمین شده توسط این واحدهای تولیدی را محدود می کند [۵]. پیش از نصب ژنراتورهای تولید پراکنده مهندسان شرکت های برق باید بدترین شرایط عملکرد را بررسی کنند تا مطمئن شوند که پروفیل ولتاژ شبکه، شدیداً تحت تأثیر این ژنراتورها قرار نمی

گیرد. این شرایط به صورت زیر است:

الف - حداکثر تولید و حداکثر دیماند^۱،

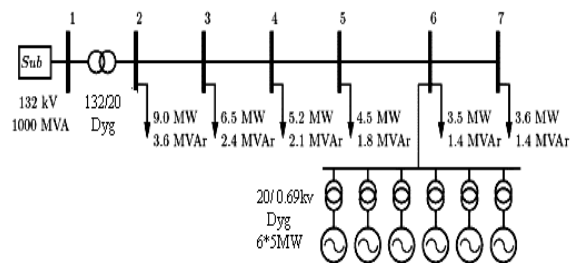
ب - حداکثر تولید و حداقل دیماند.

۱-۱-۲- حداکثر تولید و حداکثر دیماند

در این مقاله تغییرات مجاز ولتاژ $\pm 5\%$ (یعنی بین ۰/۹۵ تا ۱/۰۵ پریونیت) می باشد (این فرض برای بدترین حالت در نظر گرفته شده است).

دیگرام تک خطی مداری که برای شبیه سازی ها استفاده شده است، در شکل ۱ نشان داده شده است. این شبکه، دارای یک سطح ولتاژ ۱۳۲ کیلوولت در فرکانس قدرت ۵۰ هرتز است که قدرت اتصال کوتاه آن ۱۰۰۰ MVA می باشد.

شایان ذکر است که مدار معادل تونن یک فیدر ۲۰ KV توزیع را یک ترانسفورمر Dyg تغذیه می کند. نسبت X/R فیدر برابر با ۱/۳۳۳ است. تپ چنجر در ترانسفورمر پست به گونه ای تغییر می کند که ولتاژ را در شین های نشان داده شده برای حداقل و حداکثر دیماند در محدوده مجاز نگه دارد.



شکل ۱- دیگرام تک خطی سیستم استفاده شده در شبیه سازی ها

فرض کنید که یک تولید کننده مستقل بخواهد ۶ واحد تولید پراکنده در شین شماره ۸ احداث کند که ظرفیت هر یک

^۱ Demand

با فرض حداقل دیماندر اگر از تولید پراکنده استفاده نشود و یا از ژنراتور سنکرون استفاده شود، ولتاژ شین‌ها در هر دو حالت در محدوده مجاز باقی خواهد ماند. اما اگر از ژنراتور القایی استفاده شود، ولتاژ شین‌های انتهایی فیدر از حد مجاز فراتر خواهد رفت. مقادیر ولتاژ باس‌ها در شکل ۳ در سه حالت مذکور نشان داده شده است.

با توجه به نتایج شبیه‌سازی‌های این بخش به نظر می‌رسد استفاده از ژنراتور سنکرون بر بقیه حالات ارجحیت داشته باشد.

۲-۲- تلفات توان حقیقی

با وجود اینکه تلفات توان حقیقی فاکتوری نیست که میزان تولید پراکنده را محدود کند، ولی فاکتور اقتصادی مهمی است [۶]. بنابراین در این بخش تلفات الکتریکی سیستم نشان داده شده در شکل ۱ برای حالات مختلف تولید و مصرف که در بخش ۲ آورده شد، محاسبه خواهد شد. رابطه‌ای که به کمک آن، تلفات محاسبه می‌شود، به صورت رابطه (۱) است [۷].

$$P_{loss} = P_{bus} + P_{gen} - \sum P_L \quad (1)$$

که در آن؛

P_{loss} کل تلفات الکتریکی سیستم،

P_{sub} توان حقیقی تأمین شده توسط پست،

P_{gen} توان حقیقی تولیدی،

$\sum P_L$ کل توان مصرفی بارهاست.

نتایج در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است. مقادیر دارای واحد مگاوات هستند. همچنین تلفات برای حالتی که تولید پراکنده وجود نداشته باشد، در حداکثر دیماندر ۰/۷۶۰۸ مگاوات و در حداقل دیماندر ۰/۲۱۰۷ مگاوات است.

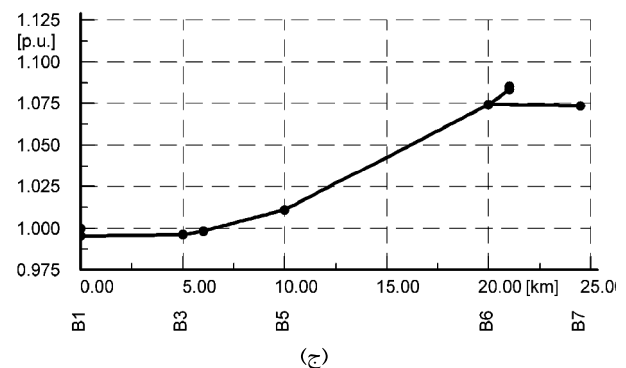
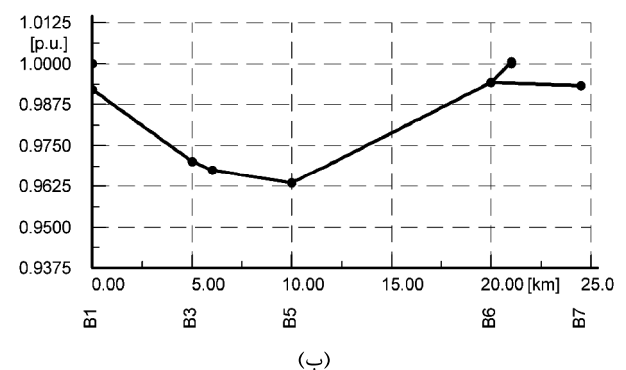
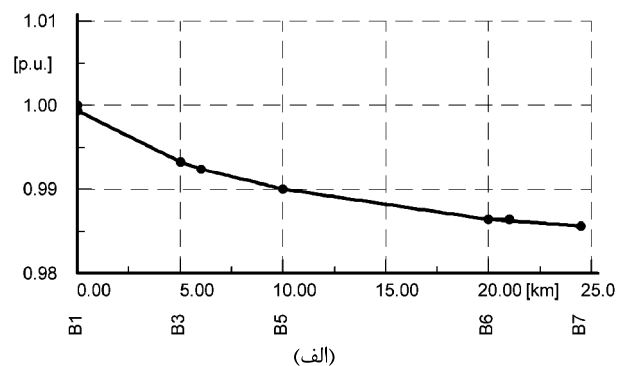
جدول ۱- تلفات توان حقیقی در سیستم مورد بررسی برای حداکثر دیماندر

تعداد ژنراتورها	سنکرون	القایی
۱	۰/۵۴۵۳	۰/۵۶۶۶
۲	۰/۴۱۹۰	۰/۴۵۵۷
۳	۰/۳۷۵۸	۰/۴۲۵۸
۴	۰/۴۱۱۹	۰/۴۷۷۰
۵	۰/۵۲۵۴	۰/۶۱۱۹
۶	۰/۷۱۶۱	۱/۰۱۳۲

در این حالت، شش واحد تولیدی در حال تزریق توان نامی خود یعنی ۵ MW به شبکه هستند. از این شکل پیداست که در حالت حداکثر دیماندر، ولتاژ برخی شین‌های فیدر در صورتی که از تولید پراکنده استفاده نشود، و یا از ژنراتورهای القایی استفاده شود، پایین‌تر از حد مجاز می‌رود. این در حالی است که اگر از ژنراتور سنکرون استفاده شود ولتاژ شین‌ها در حالت حداکثر دیماندر، از حد پایینی، پایین‌تر نمی‌آید و در محدوده مجاز خواهد بود.

۲-۱-۲- حداکثر تولید و حداقل دیماندر

در این مقاله، مقدار ۱۰ درصد حداکثر بار به عنوان حداقل بار در نظر گرفته شده است. در ادامه به بررسی پروفیل ولتاژ با حداقل دیماندر می‌پردازیم.



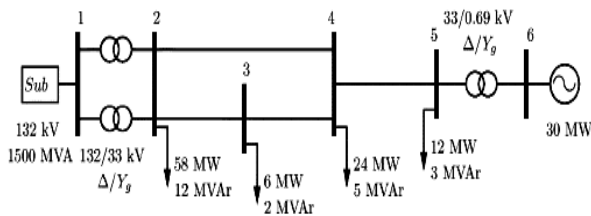
شکل ۳- پروفیل ولتاژ برای حداقل دیماندر در حالات مختلف، الف) بدون ژنراتور، ب) با ژنراتور سنکرون، ج) با ژنراتور القایی

۲-۲-۱- حداکثر دیماندر

ژنراتور سنکرون با کنترل ولتاژ ثابت است زیرا برای نگهداشتن ولتاژ ترمینال در یک پریونیت، حداکثر مقدار توان راکتیو مصرف می شود.

۲-۳- پایداری ولتاژ

در حالت عادی انتظار داریم نصب ژنراتورهایی در نزدیکی بار منجر به افزایش حاشیه پایداری گردد. به هر حال تأثیر توان راکتیو بر حاشیه بستگی به توان راکتیو مبادله شده بین ژنراتور و شبکه قدرت دارد. بر این اساس در این بخش به بررسی منحنی های PV سیستمی که در شکل ۴ نشان داده شده است می پردازیم. این سیستم دارای یک شبکه فوق توزیع ۱۳۲KV با فرکانس ۵۰Hz است که قدرت اتصال کوتاه آن ۱۵۰۰MVA می باشد. این سیستم با معادل تونن آن نمایش داده شده است و یک سیستم توزیع ۳۳ KV را تغذیه می کند. جزئیات بیشتر روی شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴- سیستم مورد استفاده برای بررسی پایداری

یک ژنراتور با ظرفیت ۳۰MVA در شین ۶ نصب شده است. این ماشین می تواند یک واحد بخاری، بادی یا آبی باشد. منحنی های PV با تغییر میزان توان حقیقی و راکتیو بارها و ثابت نگه داشتن توان تزئینی ژنراتور در میزان نامی بدست آمده است. دلیل اینکه مقدار توان حقیقی ثابت نگه داشته می شود آن است که اینگونه ژنراتورها توسط دیسپاچینگ در زمانبندی وارد نمی شوند. علاوه بر این شبیه سازی های انجام شده توسط نرم افزار DigSILENT نشان می دهد که حالات حدی (حداقل و حداکثر حاشیه پایداری) زمانی حاصل می شود که توان تزئینی در مقدار نامی باشد. منحنی PV شین ۴ در شکل ۵ نشان داده شده است.

شکل ۵ مشهود است که حضور ژنراتور سنکرون بدون توجه به سیستم تحریک آن در سیستم سبب افزایش حاشیه پایداری سیستم می شود که قبلاً به این مطلب اشاره شد. علاوه بر این استفاده از ژنراتور سنکرون با ولتاژ ثابت بیشترین تأثیر را دارد. زیرا این ماشین توان حقیقی و راکتیو را به بارهای محلی می رساند. از سوی دیگر در این حالت ژنراتور القایی سبب کاهش

از نتایج ارائه شده در جدول ۱ می توان به موارد زیر دست یافت: در زمان حداکثر بار و یا بارهای سنگین، استفاده از تولید پراکنده منجر به کاهش تلفات الکتریکی می شود. در ابتدا با افزون شدن بر ژنراتورها، تلفات کاهش می یابد. ولی بعد از سه ژنراتور، اگر ژنراتور جدیدی به سیستم وصل شود، تلفات اضافه می شود. این واقعیت نشان می دهد که به نقطه اشباع بهبود تلفات رسیده ایم. استفاده از ژنراتور سنکرون در حالتی کنترل ولتاژ ثابت، منجر به کاهش بیشتری در تلفات می شود. دلیل این امر، تأمین توان اکتیو و راکتیو به صورت محلی در این حالت است که منجر به کاهش اندازه جریان فیدر می شود.

جدول ۲- تلفات توان حقیقی در سیستم مورد بررسی برای حداقل دیماندر

تعداد ژنراتورها	سنکرون	القایی
۱	۰/۲۳۴۸	۰/۲۳۴۳
۲	۰/۳۲۶۲	۰/۳۲۲۹
۳	۰/۴۸۳۹	۰/۴۷۶۳
۴	۰/۷۰۸۰	۰/۶۹۵۹
۵	۰/۹۹۹۸	۰/۹۸۴۵
۶	۱/۳۶۱۹	۱/۴۹۶۳

استفاده از ژنراتور القایی، کاهش زیادی در تلفات را به همراه ندارد در واقع، زمانی که شش ژنراتور فعالیت می کنند، تلفات سیستم افزایش می یابد. در این حالت ژنراتورها توان راکتیو مصرف می کنند که از شبکه تأمین می شود و سبب افزایش اندازه جریان فیدر می گردد. تلفات حالت استفاده از ژنراتور سنکرون با کنترل ضریب توان ثابت بین دو حالت شرح داده شده است. زیرا این ژنراتور، توان اکتیو را به صورت محلی تأمین می کند ولی توان راکتیو مصرف می کند.

۲-۲-۲- حداقل دیماندر

از نتایج ارائه شده در جدول ۲ می توان به موارد زیر دست یافت: در این حالت، به طور نوعی، حضور ژنراتور سبب افزایش تلفات اکتیو مستقل از نوع ژنراتور به کار برده شده می شود. در این وضعیت، بیشتر توان تولیدی توسط سیستم تولید پراکنده به سیستم فوق توزیع^۱ فرستاده می شود که شدیداً تلفات سیستم توزیع را تحت تأثیر قرار می دهد. بدترین حالت استفاده از

^۱ Subtransmission

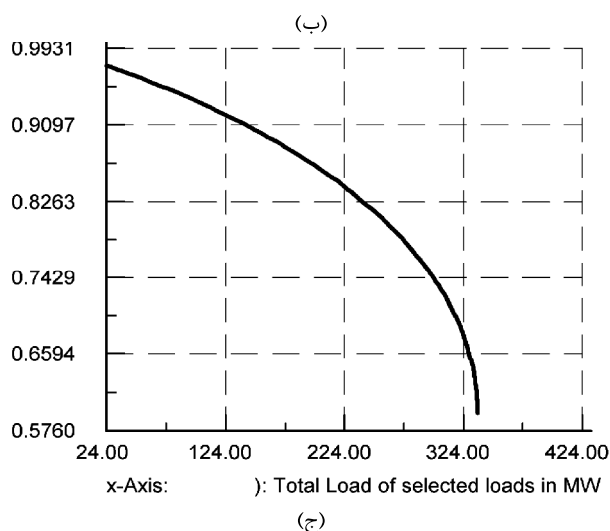
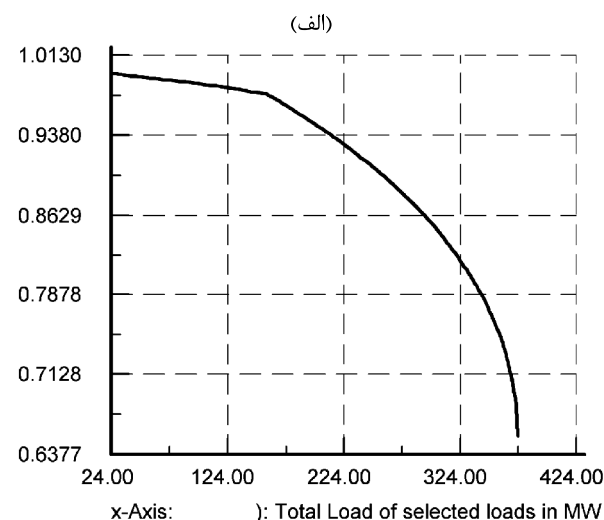
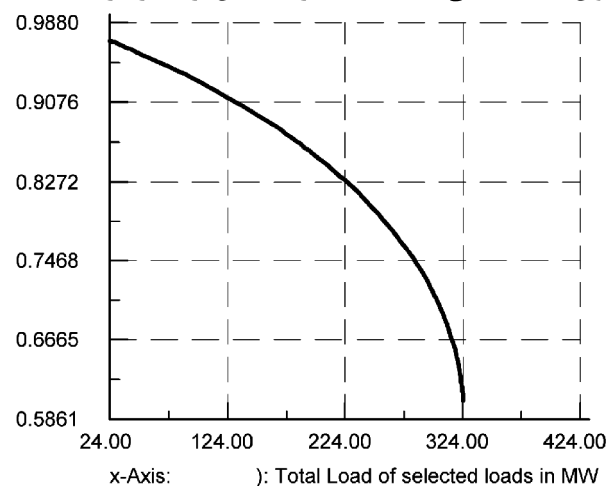
حاشیه پایداری می شود. حد توان در پایداری ولتاژ برای ژنراتور سنکرون ۱۵/۵۵۸ برابر توان حالت دائمی است که ده درصد بیش از دیگر گزینه هاست. پایداری واتاژ سیستم است. اگر بار بیشتر افزایش یابد، سرعت روتور به طور یکنواخت افزایش خواهد یافت. دلیل این امر کاهش ولتاژ با افزایش بار است. در نتیجه به دلیل متناسب بودن گشتاور الکترومغناطیسی با ولتاژ ترمینال، گشتاور نیز کاهش خواهد یافت و برای جبران این کاهش، سرعت افزایش خواهد یافت. این امر سبب فروپاشی ولتاژ^۱ خواهد شد. البته باید در این نقطه ژنراتور از شبکه توسط سیستم حفاظت جدا شود. بنابراین منحنی PV به روی حالت بدون ژنراتور باز خواهد گشت.

۲-۴ - پایداری گذرا

زمان عملکرد نوعی سیستم حفاظت در شبکه توزیع نسبتاً کم است. علاوه بر این مقدار ثابت اینرسی ژنراتورها نیز کم است که به طور نوعی کمتر از ۲۵ می باشد [۸]. بنابراین پایداری گذرا می تواند میزان توان حقیقی ارسالی از سوی سیستم توزیع به سمت شبکه را محدود کند. بنابراین در این بخش به بررسی رفتار دینامیکی ژنراتورها در حین خطا می پردازیم. سیستم مورد استفاده در شبیه سازی ها مشابه شکل ۴ است. در بازه خطا ژنراتورهای سنکرون شتاب می گیرند. بنابراین امکان ناپایداری شدن آنها به دلیل کمبود سنکرونیسم وجود دارد. پایداری ژنراتورهای سنکرون را می توان از طریق بررسی رفتار زاویه روتور آنها بررسی نمود. نتیجه در شکل ۶ نشان داده شده است. این شکل پاسخ دینامیکی ژنراتورهای مختلف را به خطای سه فاز به زمین نشان می دهد که در خط ۲-۴ در لحظه ۰/۵S ایجاد می شود و پس از ۵ سیکل با قطع^۲ این خط در زمانی که ژنراتور ۳۰ MW به شبکه می دهد، از سیستم جدا می شود. از نتایج شبیه سازی نمایان است که ژنراتور سنکرون پایدار خواهد ماند.

در این حالت ژنراتور القایی نیز شتاب می گیرد که دلیل آن افزایش قابل ملاحظه مصرف توان راکتیو است که می تواند منجر به فروپاشی ولتاژ شود. پس می توان برای این مورد از بررسی ولتاژ ترمینال برای تحلیل پایداری استفاده کرد [۷]. نتیجه در شکل ۷ نشان داده شده است. این شکل پاسخ دینامیکی ژنراتور القایی را به خطای سه فاز به زمین نشان می دهد که در خط ۲-۴ در لحظه ۰/۵S ایجاد می شود و پس از ۱ سیکل با قطع این خط در زمانی که ژنراتور ۲۸ MW به شبکه

حاشیه پایداری می شود. حد توان در پایداری ولتاژ برای ژنراتور سنکرون ۱۵/۵۵۸ برابر توان حالت دائمی است که ده درصد بیش از دیگر گزینه هاست.



شکل ۵- منحنی های PV شین ۴ در حالات مختلف،

الف) بدون تولید پراکنده، ب) با ژنراتور سنکرون، ج) با ژنراتور القایی

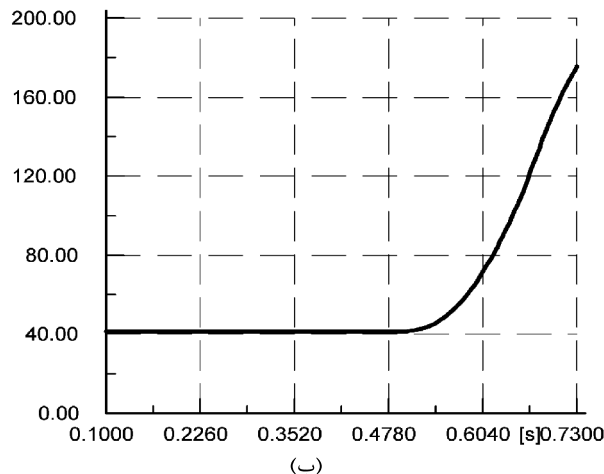
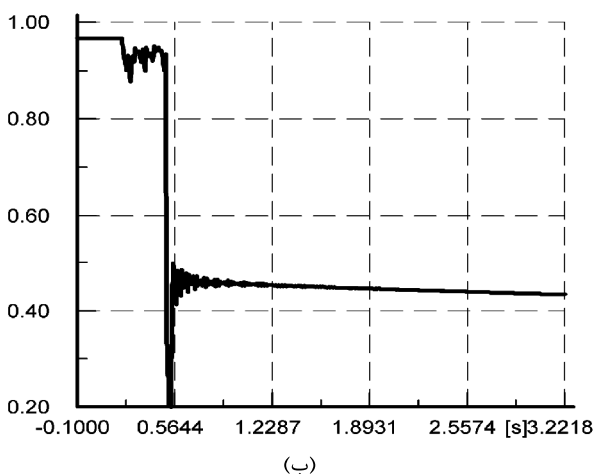
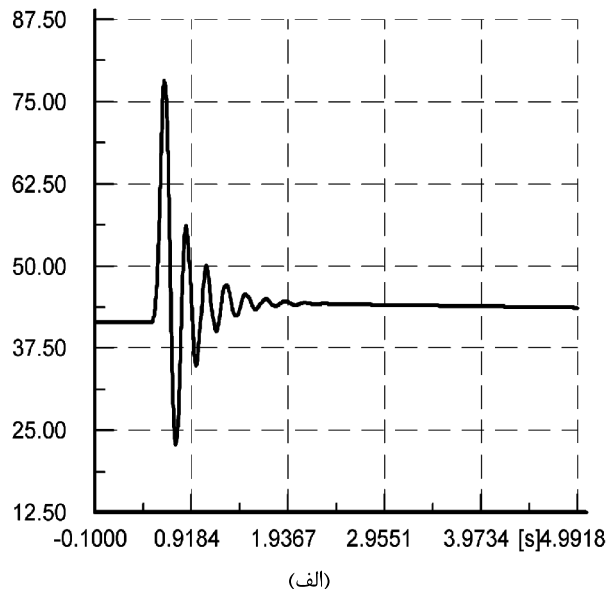
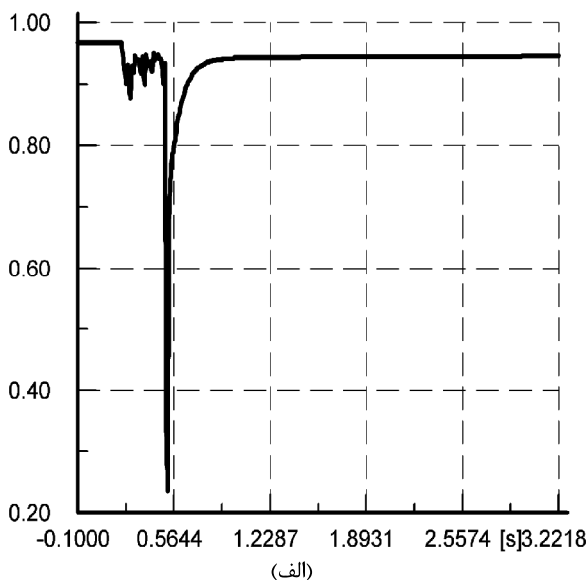
طبق نتایج شبیه سازی در شکل ۵، نقطه انتهایی نمایانگر حد

^۱ Voltage Collapse

^۲ Tripping

افزایش سطح نفوذ قابل قبول سیستم توزیع را می دهد. شبیه سازی ها به کمک نرم افزار DigSILENT انجام شده است. در شبیه سازی های حالت دائمی، ژنراتور سنکرون گزینه

می دهد، از سیستم جدا می شود. از نتایج شبیه سازی نمایان است که ژنراتور القایی با زمان رفع خطای بسیار کم پایدار خواهد ماند.



شکل ۷- زاویه روتور ژنراتور القایی برای خطای سه فاز متقارن

(الف) برای زمان رفع خطای ۱سیکل

(ب) برای زمان رفع خطای بحرانی ۲سیکل

شکل ۶- زاویه روتور ژنراتور سنکرون برای خطای سه فاز متقارن

(الف) برای زمان رفع خطای ۵سیکل

(ب) برای زمان رفع خطای بحرانی ۹سیکل

نتیجه گیری

مناسبی است. در صورت استفاده از ژنراتورهای القایی، برای تأمین مقدار توان حقیقی مشابه نیازمند ژنراتور بزرگتری است. در بحث پایداری نیز ژنراتور سنکرون قدرت بیشتری برای مقابله با اغتشاشات بزرگ را داراست. علاوه بر این استفاده از ژنراتور سنکرون نیاز به سیستم های حفاظتی سریعتر را مرتفع می کند که سبب کاهش هزینه ها می گردد. از سوی دیگر علاوه بر ژنراتور سنکرون با ولتاژ ثابت بیشترین تأثیر را پایداری ولتاژ دارد. زیرا این ماشین توان حقیقی و راکتیو را به بارهای محلی می رساند. از سوی دیگر در این حالت ژنراتور القایی سبب

در این مقاله به بررسی دقیق استفاده از ژنراتور سنکرون و القایی در سیستم تولید پراکنده پرداخته شده است. هدف تعیین تفاوت های فنی مهم بین استفاده از ژنراتورهای مختلف در سیستم تولید پراکنده است.

در این تحلیل ها برای در نظر گرفتن ژنراتور سنکرون از نوع ژنراتور با ولتاژ ثابت استفاده شده است. از دیدگاه پروفیل ولتاژ حالت دائمی، پایداری ولتاژ و پایداری گذرا بهترین و سودمندترین گزینه ژنراتور سنکرون با ولتاژ ثابت است که اجازه



$$\begin{aligned}x_d &= 1.4 pu, \\x_q &= 1.37 pu, \\x'_d &= 0.23 pu, \\x'_q &= 0.18 pu, \\x''_d &= 0.12 pu, \\x''_q &= 0.10 pu, \\X_l &= 0.05 pu, \\R_a &= 0.0014 pu, \\H &= 1.5 sec, \\T'_{do} &= 5.5 sec, \\T'_{qo} &= 1.25 sec, \\T''_{do} &= 0.05 sec, \\T''_{qo} &= 0.19 sec,\end{aligned}$$

ب - اطلاعات سیستم ۲

ترانسفورمر توزیع (۱۰۰MVA)۱

$$\begin{aligned}R_1 &= R_2 = 0.005 pu, \\X_1 &= X_2 = 0.02 pu, \\R_m &= X_m = 500 pu\end{aligned}$$

ترانسفورمر توزیع (۱۰۰MVA)۲

$$\begin{aligned}R_1 &= R_2 = 0.0046 pu, \\X_1 &= X_2 = 0.02 pu, \\R_m &= X_m = 500 pu\end{aligned}$$

ترانسفورمر ژنراتور (۳۰/۵MVA)

$$\begin{aligned}R_1 &= R_2 = 0.005 pu, \\X_1 &= X_2 = 0.02 pu, \\R_m &= X_m = 100 pu\end{aligned}$$

امپدانس فیدرها

$$\begin{aligned}Z_{23} &= 0.49 + j2.09 \\Z_{34} &= 2.6 + j4.52 \\Z_{24} &= 2.34 + j3.73 \\Z_{45} &= 1.3 + j2.26\end{aligned}$$

کاهش حاشیه پایداری می شود.

حد توان در پایداری ولتاژ برای ژنراتور سنکرون ۱۵/۵۵۸ برابر توان حالت دائمی است که ده درصد بیش از دیگر گزینه هاست

ضمیمه

الف - اطلاعات سیستم ۱

ترانسفورمر توزیع (۱۰۰MVA)

$$\begin{aligned}R_1 &= R_2 = 0, \\X_1 &= X_2 = 0.01 pu \\R_m &= X_m = 500 pu\end{aligned}$$

ترانسفورمر ژنراتور (۵/۱MVA)

$$\begin{aligned}R_1 &= R_2 = 0, \\X_1 &= X_2 = 0.02 pu, \\R_m &= X_m = 500 pu\end{aligned}$$

امپدانس فیدرها

$$\begin{aligned}Z_{23} &= 0.56 + j2.53 (pu) \\Z_{34} &= 0.5 + j2.25 (pu) \\Z_{45} &= 0.31 + j1.41 (pu) \\Z_{56} &= 0.25 + j1.13 (pu) \\Z_{67} &= 0.19 + j0.84 (pu)\end{aligned}$$

ژنراتور القایی

$$\begin{aligned}R_s &= 0.01 pu, \\L_{ls} &= 0.10 pu, \\R'_r &= 0.014 pu, \\L'_{lr} &= 0.098 pu, \\L_m &= 9.8 pu, \\H &= 1.5 sec,\end{aligned}$$

ژنراتور سنکرون

trade-off method", IEE Proc.-Gener. Transm. Distrib., Vol. ۱۵۲, No. ۴, July ۲۰۰۵

[۵] S. K. Salman, "The impact of embedded generation on voltage regulation and losses of distribution networks," Proc. IEE Colloq. Impact Embedded Generation Distribution Networks, ۱۹۹۶.

[۶] Paulo Moisés Costa and Manuel A. Matos, " Loss Allocation in Distribution Networks With Embedded Generation", IEEE Trans. On Power Systems, VOL. ۱۹, NO. ۱, Feb. ۲۰۰۴.

[۷] Ron Allan , Goran Strbac, and M. Kay, "Security Standards and Contribution made by Embedded Generation", IEEE London Con., April ۲۰۰۰.

[۸] O. Samuelsson and S. Lindahl, "On Speed Stability," IEEE Trans. PowerSyst., vol. ۲۰, no. ۲, May ۲۰۰۵.

$$\begin{aligned}x_d &= 1.4, x_q = 1.37 pu \\x'_d &= 0.23, x'_q = 0.8 pu \\x''_d &= 0.12, x''_q = 0.12 pu \\X_l &= 0.05 pu, \\R_a &= 0.0014 pu, \\H &= 1.5 sec, \\T'_{do} &= 5.5 sec, \\T'_{qo} &= 1.25 sec, \\T''_{do} &= 0.05 sec, \\T''_{qo} &= 0.19 sec,\end{aligned}$$

ژنراتور القایی

$$\begin{aligned}R_s &= 0.01 pu, \\L_{ls} &= 0.10 pu, \\R'_r &= 0.014 pu, \\L'_{lr} &= 0.098 pu, \\L_m &= 0.098 pu, \\H &= 1.5 sec,\end{aligned}$$

مراجع

[۱] Luis F. Ochoa, Antonio Padilha-Feltrin, and Gareth P. Harrison, "Evaluating Distributed Generation Impacts With a Multiobjective Index"

[۲] C. L. Masters, "Voltage rise—the big issue when connecting embedded generation to long ۱۱ kV overhead lines," Power Eng. J., vol. ۱۶, no. ۱, Feb. ۲۰۰۲.

[۳] P. Chiradeja and R. Ramakumar, "An approach to quantify the technical benefits of distributed generation," IEEE Trans. Energy Convers., vol. ۱۹, no. ۴, Dec. ۲۰۰۴.

[۴] G. Carpinelli, G. Celli, S. Mocci, F. Pilo and A. Russo, "Optimisation of embedded generation sizing and siting by using a double

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.