

طراحی و مدل سازی جبرانساز سنکرون استاتیک «STATCOM»

نویسندگان:

مهندس کرامت باقری گله «دانشجوی دکتری برق قدرت دانشگاه بین المللی کیش»
مهندس سید محمد جواد غاضبی اردکانی «دانشجوی دکتری برق قدرت دانشگاه بین المللی کیش»

ویراستار علمی و ادبی:

مهندس آرشد روحانی «کارشناسی ارشد مهندسی برق قدرت دانشگاه شهید چمران اهواز»
کارشناس ارشد مسئول مطالعات جامع شبکه - شرکت برق منطقه ای خوزستان»



انتشارات قدیس

WWW.Qeddis.com

سرشناسه	: باقری گله، کرامت، ۱۳۶۶
عنوان و نام پدیدآور	: طراحی و مدل سازی جبرانساز سنکرون استاتیک «STATCOM» کرامت باقری گله، سیدمحمدجواد غازی اردکانی ؛ ویراستار آرش روحانی.
مشخصات نشر	: تهران : قدیس ، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	: ۱۶۲ ص. : نمودار.
شابک	: ۳۰۰۰۰ ریال-۹۲-600-978
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
موضوع	: ماشین آلات برقی سنکرون -- الگوهای ریاضی
موضوع	: Electric machinery, Synchronous -- Mathematical models
موضوع	: برق -- سیستم ها -- پایداری
موضوع	: Electric power system stability
موضوع	: برق -- شبکه ها
موضوع	: Electric networks
موضوع	: استاتیک
موضوع	: Statics
شنا به افزوده	: غازی اردکانی، سیدمحمدجواد، ۱۳۶۶-
شنا به افزوده	: روحانی، آرش، ۱۳۶۶-، ویراستار
بند ۹ دنگره	: ۱۳۹۷ ط ۲/۱۳۲۷۳۱ TK
رد ۹ دیویی	: ۳۱۳۳/۶۲۱
شماره کتابشناختی ملی	: ۵۳۸۳۳۳۱



انتشارات قدیس

طراحی و مدل سازی جبرانساز سنکرون استاتیک «STATCOM»

مهندس کرامت باقری گله - مهندس سید محمد جواد غازی اردکانی

ناشر : قدیس

صفحه آرای : حسین باوند سوادکوه

طراح جلد : حسین باوند سوادکوه

لیتوگرافی، چاپ و صحافی : پرتوی - مزه

نوبت و سال چاپ : اول-۱۳۹۷

شمارگان : ۵۰۰ نسخه

قیمت : ۳۰۰۰۰ تومان

شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۸۰۵۰-۹۲-۶

حق چاپ محفوظ و منحصرأ مخصوص ناشر است.

مراکز پخش :

(۱) انتشارات قدیس، تهران، خیابان انقلاب، خیابان ۱۲ فروردین، پایین تر از وحید نظری، نبش بن بست حقیقت، پلاک ۴ واحد ۵

تلفن : ۰۹۱۹۵۵۰۷۱۵۲ - ۰۶۶۴۰۳۵۴۸ - ۰۶۶۴۱۳۸۱ - ۰۶۶۴۱۵۲۵۵

(۲) کتابفروشی الیاس : تهران، میدان انقلاب، نبش خیابان ۱۲ فروردین، پلاک ۱۳۱۰ تلفن : ۰۲۱-۶۶۴۰۵۰۸۴

www.Qeddis.com

فهرست

فصل اول / جبران ساز سنکرون استاتیک (STATCOM).....۷

۸	۱-۱ مقدمه.....
۹	۱-۲ اصول عملکرد STATCOM.....
۱۲	۱-۳ تحلیل ساده شده ای از يك STATCOM سه فاز شش پالس.....
۲۱	۱-۴ تحلیل VSC شش پالس با استفاده از توابع کلید زنی.....
۲۶	۱-۵ مبدل های چند پالس.....
۳۰	۱-۶ کنترل مبدل های نوع ۲.....
۳۷	۱-۷ کنترل مبدل نوع ۱.....
۴۰	۱-۸ مبدل های منبع ولتاژ چند سطحی.....
۴۱	۱-۸-۱ مبدل چند سطحی با اتصال دیودی.....
۴۵	۱-۸-۲ مبدل چند سطحی با اتصال خازنی.....
۴۶	۱-۸-۳ مبدل چند سطحی کاسکاد (سلول زنجیری).....
۵۱	۱-۹ انتقال هارمونیک و رزونانس در مبدل منبع ولتاژ (VSC).....
۵۷	۱-۱۰ کاربردهای STATCOM.....
۵۹	۱-۱۱ مراجع فصل اول.....

فصل دوم / تحلیل STATCOM بر اساس ادواتر منبع ولتاژ ۶ و ۱۲ پالس.....۶۳

۶۴	۲-۱ مقدمه.....
۶۴	۲-۲ اینورتر منبع ولتاژ (VSI).....
۶۹	۲-۲-۱ تحلیل هارمونیک.....
۷۴	۲-۳ جبران ساز سنکرون ایستا (STATCOM) مبتنی بر اینورتر منبع ولتاژ شش پالس.....
۷۵	۲-۳-۱ تبادل توان راکتیو.....
۷۶	۲-۳-۱-۱ تحلیل سیگنال های جریان AC.....
۸۰	۲-۳-۱-۲ دوره هدایت ترانزیستورها و دیودها.....
۸۲	۲-۳-۱-۳ جریان خازن.....
۸۳	۲-۳-۱-۴ ولتاژ خازن DC.....
۸۸	۲-۳-۲ تبادل توان های اکتیو و راکتیو.....
۹۱	۲-۳-۲-۱ جریان خازن.....
۹۳	۲-۴ مبدل ۱۲ پالس.....
۹۸	۲-۴-۱ سیگنال های جریان AC.....
۱۰۳	۲-۴-۲ جریان AC شش پالس.....
۱۰۶	۲-۴-۳ جریان خازن.....
۱۰۹	۲-۴-۴ ولتاژ خازن DC.....

۱۱۰	۲-۴-۵ شبیه سازی های PSCAD/EMTDC
۱۱۱	۲-۵ نتیجه گیری
۱۱۲	۲-۶ مراجع فصل دوم
۱۱۳	فصل سوم / عملکرد STATCOM 24 و ۴۸ پالس
۱۱۴	۳-۱ عملکرد مبدل ۲۴ پالس
۱۱۴	۳-۱-۱ ولتاژ ۲۴ پالس
۱۱۸	۳-۱-۲ رابط مغناطیسی
۱۲۰	۳-۱-۳ سیگنال های جریان AC
۱۲۱	۳-۱-۴ جریان خازن
۱۲۲	۳-۱-۵ ولتاژ خازن DC
۱۲۵	۳-۲ عملکرد ۱۲۰ پالس
۱۲۵	۳-۲-۱ ولتاژ ۱۲۰ پالس
۱۲۹	۳-۲-۲ سیگنال های جریان AC
۱۳۰	۳-۲-۳ جریان خازن
۱۳۲	۳-۲-۴ ولتاژ خازن DC
۱۳۳	۳-۳ شبیه سازی های دیجیتال
۱۳۴	۳-۴ نتیجه گیری
۱۳۹	۳-۵ مراجع فصل سوم
۱۴۱	فصل چهارم / مدل سازی STATCOM
۱۴۲	۴-۱ مدل توابع سوئیچینگ
۱۴۵	۴-۱-۱ مبدل ۱۲ پالس
۱۵۳	۴-۲ مدل STATCOM در فرکانس پایه
۱۵۵	۴-۲-۱ مبدل ۱۲ پالس
۱۵۶	۴-۲-۲ مبدل ۲۴ پالس
۱۵۷	۴-۲-۳ مبدل ۴۸ پالس
۱۵۸	۴-۳ مدل دستگاه مختصات DQ0
۱۶۲	۴-۴ نتیجه گیری
۱۶۳	۴-۵ مراجع فصل چهارم

مقدمه

پیشرفتهای اخیر در زمینه الکترونیک قدرت علاقه به استفاده از این عناصر در شبکه های قدرت تحت عنوان ادوات سیستم های انتقال متناوب انعطاف پذیر را افزایش داده است. این عناصر نه تنها در حالت ماندگار می توانند باعث بهبود عملکرد سیستمهای قدرت شوند، بلکه به واسطه سرعت بالای خود نیز می توانند در برابر اغتشاشات وارد بر سیستم، نقش میراکننده نوسانات سیستم را ایفا کنند. در میان جبرانسازهای توان راکتیو، STATCOM به دلیل قابلیت انعطاف و کنترل پذیری قابل توجهی که دارند، همواره مورد توجه محققان قرار گرفته اند و این جبران کننده ها به دلیل پستی و فراهم آوردن ولتاژ دینامیکی سیستمهای قدرت محبوبیت قابل توجهی در طول دهه گذشته به دست آورده است.

امروزه بیشتر طراحی ها به سمت جبرانساز بر مبنای مبدل های چند سطحی ارائه می شود. مبدل های چندسطحی که نسبت به ساختارهای متنوعی می باشند، به دلیل توانایی تولید سطوح ولتاژ متعدد، در کاربردهای توان بالا و انرژی های نو پیشرفت های فراوانی کرده اند و همچنین، از بازده قابل قبولی برخوردار هستند. هدف، یک مبدل چند سطحی، ساختن یک ولتاژ سینوسی از سطوح مختلف ولتاژ DC است. لذا به کارگیری مبدل های چند سطحی در ساختار جبران ساز سنکرون استاتیکی، موجب افزایش سطوح ولتاژ خروجی، بهبود شکل موج ها و کاهش اعوجاجات هارمونیک می شود.

تمرکز این کتاب بر روی توپولوژی های مختلف مبدل منبع ولتاژ مورد استفاده در STATCOM جهت اتصال به شبکه قدرت است. کمبود و محدودیت های این کتابی از آنجایی حس می شد که منابعی بصورت یکپارچه در خصوص توپولوژی های مختلف مبدل ها به همراه مقایسه آنها و انجام شبیه سازی نرم افزاری که مورد محققین باشد، وجود نداشت. از اینرو، در این کتاب علاوه بر بحث در مورد کاهش هارمونیک، تنظیم ولتاژ، مدل سازی ریاضی و شبیه سازی سیستم در PSCAD/EMTDC نیز ارائه شده است که نشان می دهد چگونه مبدل های چند سطحی در شبکه قدرت عمل می کنند. با استفاده از شبیه سازی ها، اثبات شده است که توپولوژی های معرفی شده است باعث می شوند شکل موج خروجی به سینوسی نزدیک تر باشد.

فصول مختلف کتاب به شرح ذیل است:

در فصل ۱، یک پس زمینه در مورد ساختار کلی STATCOM و همچنین مبدل های منبع ولتاژ چند سطحی همراه با توضیحاتی ارائه شده است. فصل ۲ STATCOM مبتنی بر

اینورتر منبع ولتاژ ۶ و ۱۲ پالسه و تحلیل های مختلف آن از جمله تحلیل هارمونیک آن به همراه شبیه سازی های نرم افزاری در نرم افزار PSCAD/EMTDC را ارائه کرده است. و در فصل ۳ عملکرد توپولوژی اینورترهای ۲۴ و ۴۸ پالسه با استفاده از معادلات ولتاژی و جریانی مربوطه بیان شده است. در فصل آخر نیز مدلسازی STATCOM را بر اساس مدل های چند پالسه مختلف در فرکانس پایه و شبیه سازی نرم افزاری آنها ارائه کرده است.