

مطالعه رفتار دینامیکی ژنراتور القایی  
تعدیه دوسویه بر اساس  
مدارات الکترونیک

تالیف و گردآوری:

حسن حسین زاده اجیرلو



۱۳۹۷

عنوان: مطالعه رفتار دینامیکی ژنراتور القایی

تغذیه دوسویه بر اساس مدارات الکترونیکی

تالیف و گردآوری: حسن حسین زاده اجیرلو ۱۳۶۷.

تهران، ۱۳۹۷.

۱۳۷ صفحه. جدول. نمودار.

(سروش پایا، شماره انتشارات ۱۱۳۱۱)

شابک: ۶-۰۰-۹۸۸۹-۶۰۰-۹۷۸

چاپ: اول

رده بندی کنگره:

TK27۶۵/ح۵م۶/۱۳۹۶

رده بندی دیویی:

۶۳۱/۳۱۶

شماره کتابشناسی ملی:

۵۱۴۶۸۷۰

### فهرست نویسی بر اساس اطلاعات فیفا

یادداشت: تکمیل شده.

موضوع: تولید القایی

موضوع: Induction generator

موضوع: توربین های بادی

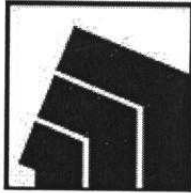
موضوع: Wind turbines

موضوع: سیستم های تبدیل انرژی باد

موضوع: Wind energy conversion systems

موضوع: مبدل های جریان برق

موضوع: Electric current converters



این اثر مشمول قانون حمایت مؤلفان و مصنفان و هنرمندان، ۱۳۱۱.ت. یکس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه ناشر و مؤلف نشر یا پخش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار می گیرد. تمامی حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به انتشارات سروش پایا و سروش پایا است.

تهران، میدان انقلاب، خیابان کارگر جنوبی، خیابان روانمهر، کوچه درخشان، پلاک ۴.

تلفکس: ۶۶۴۱۹۱۹۵ - ۰۲۱ و ۰۹۱۹۷۰۶۶۴۵۹

نام کتاب: مطالعه رفتار دینامیکی ژنراتور القایی تغذیه

۱. سویه براساس مدارات الکترونیک

در سر: انتشارات سروش پایا.

تالیف و گردآوری: حسن حسین زاده اجیرلو.

ت چاپ: اول

۱۱ چاپ ۰۳۹۷

شمارگان: ۱۰۰

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: سروش پایا

طراحی جلد و صفحه رای.

سروش پایا. ن.س. ۹۱۹۷۰۶۶۴۵۹

قیمت: ۲۰۰,۰۰۰ ریال.

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۹۸۸۹-۰۰۰-۶

# فهرست مطالب

پیشگفتار

فصل اول : کلیات

۲

۳

۴

۱-۱) مقدمه

۵

۱-۲) ویژگی ها و مزایای انرژی باد

۵

۱-۳) وضعیت استفاده از انرژی باد در سطح جهان

۶

۱-۴) عملکرد توربین های بادی از نظر سرعت

۷

۱-۵) توابع بادی سرعت ثابت

۹

۱-۶) توربین های بادی سرعت متغیر

۱۰

۱-۶-۱) توربین های بادی سرعت متغیر محدود

۱۱

۱-۶-۱-۲) توربین های بادی سرعت متغیر با مبدل فرکانسی با ظرفیت کامل

۱۲

۱-۶-۱-۳) توربین های بادی سرعت متغیر با ژنراتور القایی تغذیه دوپل (DFIG)

۱۵

۱-۷) اهداف پروژه

۱۷

فصل دوم : روابط دینامیکی DFIG در شبکه قدرت

۱۸

۱-۲) مقدمه

۱۸

۲-۲) شناسایی ساختار توربین بادی با ژنراتور القایی تغذیه دوپل (DFIG)

۱۹

۲-۳) روابط بخش مکانیکی (Drive Train)

۲۲

۲-۴) روابط دینامیکی ژنراتور القایی

۲۲

۲-۴-۱) روابط براساس abc

۲۴

۲-۴-۲) روابط براساس qdo

۲۷

۲-۴-۳) روابط جریان ژنراتور

۲۸

۲-۵) مبدلهای الکترونیک قدرت

۳۰

۲-۵-۱) مبدل طرف رتور

۳۴	۲-۵-۲) خازن کوپل DC
۳۶	۲-۵-۳) مبدل طرف شبکه
۳۷	۲-۶) فیلتر مبدل طرف شبکه
۳۹	۲-۷) اتصال DFIG به شبکه بدون حضور خازن جبران‌ساز
۴۱	۲-۸) خازن جبران‌ساز سری
۴۲	۲-۹) اتصال DFIG به شبکه با حضور خازن جبران‌ساز سری
۴۳	۲-۱۰) جبران‌ساز سری کنترل شده با تریستور (TCSC)
۴۵	۲-۱۰) روابط دینامیکی سیستم کنترلی TCSC
۴۷	۲-۱۱) اتصال DFIG به شبکه با حضور TCSC

### فصل سوم: ساده سازی خاص سازی روابط دینامیکی DFIG و TCSC و نتایج شبیه سازی

۴۹	۳-۱) مقدمه
۵۰	۳-۲) خطی سازی
۵۱	۳-۳) خطی سازی روابط قسمت مکانیک
۵۲	۳-۴) خطی سازی روابط ژنراتور DFIG
۵۳	۳-۵) خطی سازی روابط کنترل کننده مبدل طرف سری
۵۷	۳-۶) خطی سازی رابطه خازن کوپل DC
۵۸	۳-۷) خطی سازی روابط کنترل کننده مبدل طرف شبکه
۵۹	۳-۸) خطی سازی روابط جریان مبدل طرف شبکه
۶۰	۳-۹) خطی سازی روابط اتصال DFIG به شبکه
۶۰	۳-۱۰) خطی سازی روابط ولتاژ استاتور در حضور خازن جبران‌ساز سری
۶۱	۳-۱۱) تشکیل معادله حالت
۶۱	۳-۱۲) خطی سازی سیستم کنترلی TCSC
۶۴	۳-۱۳) طریقه بدست آوردن ضرایب مشارکت
۶۸	۳-۱۴) محاسبه مقادیر ویژه، ضرایب مشارکت، ضرایب میرایی، فرکانس نوسانات
۷۳	۳-۱۵) فرکانس تشدید
۷۸	۳-۱۶) تحلیل پایداری DFIG و شبیه سازی

## فصل چهارم: اتصال DFIG به شبکه با حضور و بدون حضور TCSC و نتایج شبیه سازی

۹۳

۹۴

۱-۴) مقدمه

۹۴

۲-۴) بررسی تاثیر حضور TCSC

۱۰۱

۳-۴) مقایسه TCSC خازن جبران ساز سری

۱۰۵

۴-۴) بررسی تاثیر TCSC و خازن جبران ساز سری در هنگام وقوع خطا

۱۰۸

۵-۴) بررسی تاثیر سطح جبران سازی در زمان وقوع خطا با حضور TCSC

۱۱۰

۶-۴) بررسی تاثیر سرعت باد در زمان وقوع خطا با حضور TCSC

۱۱۱

۷-۴) مقایسه تاثیر حضور هم زمان خازن جبران ساز سری و TCSC

۱۱۳

## فصل پنجم: نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات

۱۱۴

۱-۵) مقدمه

۱۱۵

۲-۵) نتایج بررسی ها

۱۱۵

۱-۲-۵) تاثیر خازن جبران ساز سری

۱۱۵

۲-۲-۵) تاثیر TCSC

۱۱۶

۳-۲-۵) بررسی تاثیر خازن جبران ساز سری در زمان خطا

۱۱۶

۴-۲-۵) بررسی تاثیر TCSC در زمان خطا

۱۱۶

۵-۲-۵) تاثیر هم زمان TCSC و خازن جبران ساز سری در زمان وقوع خطا

۱۱۷

۳-۵) پیشنهادات برای ادامه کار

۱۱۹

فهرست منابع و ماخذ

۱۲۰

فهرست مراجع لاتین

۱۲۵

فهرست مراجع فارسی

## پیشگفتار:

در عصر حاضر به منظو بهره گیری هر چه بیشتر از انرژی باد، استفاده از توربین های بادی سرعت متغیر بهمراه ژنراتورهای القایی در مزارع بادی گسترش پیدا نموده است. با توجه به کاربرد روز افزون این ژنراتور در مزارع بادی و شبکه های قدرت، مطالعه دقیق رفتار و مدل سازی دینامیکی آنها پیش احساس می گردد. در این پایان نامه هدف مدل سازی کامل ژنراتور القایی تغذیه دوسویه با حضور جبران ساز سری کنترل شده با تریستور می باشد. به این منظور، ابتدا مدل سیگنال کوچک توربین بادی با ژنراتور القایی تغذیه دوسویه در سرعت های مختلف باد معرفی می شود. سپس با استفاده از خازن جبران ساز سری، رفتار دینامیکی ژنراتور القایی تغذیه دوسویه در حضور این جبران ساز و در سرعت های مختلف باد، تحلیل و پایداری توان در خط انتقال بررسی می گردد. در ادامه، خازن جبران ساز سری کنترل شده با تریستور در حضور ژنراتور القایی تغذیه دوسویه معرفی می گردد. با توجه به اینکه سیستم کنترلی جبران ساز سری کنترل شده با تریستور و ژنراتور القایی تغذیه دوسویه وابسته به سرعت باد می باشند از معرفی این جبران ساز قابلیت تغییر از حالت خازنی به حالت سلفی را دارا می باشد. به علاوه از جبران ساز سری کنترل شده با تریستور در مقایسه با خازن جبران ساز سری برای عملکرد مطلوب تریاست. نتایج حاصل از مقایسه این جبران ساز با خازن جبران ساز سری در حالت وقوع خطای سه فاز به زمین و نیز عدم وقوع خطا، ویژگی های جبران ساز سری کنترل شده با تریستور را به طور کامل نمایان می سازد.