

## عنوان پروژه:

## توسعه‌ی نرم‌افزار سباجهت مطالعات سیستم شبکه به همراه نیروگاه بادی با در نظر گرفتن ملاحظات اتصال، کنترل و بهره‌برداری

گروه مجری:	مطالعات سیستم	کارفرما:	پژوهشگاه نیرو
مدیر پروژه:	سیما کمانکش	کد پروژه:	PSYPN11

همکاران: همایون برهمندپور، حبیب‌اله رئوفی، محمد جعفریان، حمید دانایی، جعفر عباسی، سعید سلیمی، محمدحسن امیریون، سمیه دریکوند، رضا طالعی، مرتضی پیاده کوهسار

## خلاصه پروژه:

استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به خصوص انرژی باد و آن هم در مقیاس وسیع مانند مزارع بادی، مزایای متعددی را در پی دارد. از سوی دیگر با توجه به پتانسیل انرژی باد در کشور و اقدامات انجام شده از دو دهه پیش تا کنون، فناوری‌های مربوط به تجهیزات توربین بادی در کشور ما در حال توسعه و پیشرفت است و با برنامه‌ریزی‌های انجام شده ایجاد مزارع بادی در کشور در حال تحقق می‌باشد. در کنار این توسعه، شبکه برق کشور نیازمند تدوین رویه‌های مطالعات سیستم قدرت به همراه نیروگاه‌های بادی از یک سو و الزامات و دستورالعمل‌هایی جهت اتصال این مزارع به شبکه از سوی دیگر می‌باشد و به منظور انجام مطالعات سیستم این نیروگاه‌ها، نیاز به تهیه ابزار لازم در این خصوص می‌باشد.



با ورود مزارع بادی به شبکه، تحلیل استاتیک و دینامیک شبکه به همراه مزارع بادی و همچنین بحث نیاز به کنترل‌کننده‌ها در حالت استاتیک و دینامیک به مسایل مهم و حیاتی در بهره‌برداری نیروگاه بادی مبدل می‌شود.

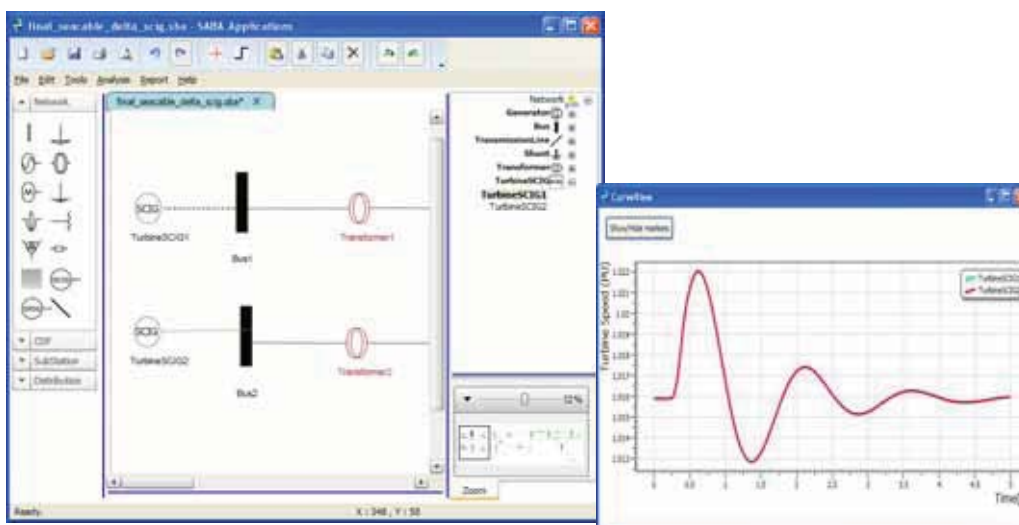
در این پروژه دو نوع توربین بادی SCIG و DFIG مورد نظر قرار داده شده‌اند. ابتدا مدل‌سازی استاتیک این دو نوع توربین بادی جهت انجام مطالعات پخش بار شبکه به همراه مزارع بادی انجام شده و سپس جهت انجام مدل‌سازی دینامیکی

ابتدا اجزای اصلی این دو نوع توربین بادی شامل برج، قسمت محرکه (شامل پره، سیستم انحراف رتور توربین، شفت، جعبه دنده، رتور ژنراتور)، ژنراتور و مبدل‌های الکترونیک قدرت بررسی شده و سپس نحوه‌ی مدل‌سازی بخش‌های مختلف هر یک از این نوع توربین‌ها بررسی شد.

همچنین مروری بر استراتژی‌های کنترل این توربین‌های بادی صورت پذیرفت و چند نمونه از انواع کنترل‌کننده‌های ارایه شده در مراجع بررسی شد و سپس به مدل‌سازی کنترل‌کننده‌های توان اکتیو و راکتیو برای توربین‌های بادی DFIG و نیز مدل‌سازی کنترل‌کننده‌های زاویه پره برای توربین‌های بادی SCIG و DFIG پرداخته شد. این کنترل‌کننده‌ها در محیط نرم‌افزار MATLAB/SIMULINK شبیه‌سازی شد.

در این پروژه ابتدا تحلیل و طراحی مدل توربین‌های بادی SCIG و DFIG در واحدهای محاسباتی پخش بار، اتصال کوتاه و پایداری گذرا انجام شد. سپس مدل‌سازی معادلات ژنراتور القایی SCIG در روش پخش بار نیوتن-رافسون جداده‌ی سریع انجام شده و معادلات استاتیکی با استفاده از دو الگوریتم توسعه داده شد. در الگوریتم اول توان

الکتریکی ماشین القایی به عنوان ورودی جهت انجام تحلیل پخش بار مورد نظر قرار داده شد و در الگوریتم دوم توان مکانیکی پارامتر ورودی در نظر گرفته شد. پس از آن الگوریتم تحلیل پخش بار برای توربین‌های بادی DFIG، مشابه الگوریتم تحلیل پخش بار برای ژنراتور سنکرون تدوین شده و این الگوریتم‌ها با استفاده از شبکه‌های تست ارایه شده در مراجع معتبر صحت‌سنجی شدند. در ادامه روابط جریان اتصال کوتاه برای توربین‌های بادی SCIG و DFIG برای مطالعات اتصال کوتاه استخراج شده و مدل مطالعات اتصال کوتاه ارایه شده و عملکرد الگوریتم ارایه شده مورد آزمون قرار گرفت و صحت عملکرد آن تأیید گردید. در ادامه مدل توربین‌های بادی SCIG و DFIG در نرم‌افزارهای PSS/E و DigSILENT، قابلیت‌های نرم‌افزارهای مذکور و نتایج تست مدل توربین بادی در این نرم‌افزارها بررسی شد و با مدل‌سازی انجام شده در نرم‌افزار SABA مقایسه شد.



از سوی دیگر با توجه به آنکه لازمه تجاری شدن هر نرم‌افزار، انجام آزمون‌های تفصیلی بر روی آن به منظور رفع مشکلات احتمالی است، در این پروژه نرم‌افزار CYME موجود در دفتر برنامه‌ریزی شبکه توانیر نیز مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا جستجوهای تکمیلی برای یافتن مراجع معتبر جهت استخراج شبکه‌های آزمون انجام و سپس شبکه‌های آزمون مورد نظر انتخاب شده و جهت واقعی‌تر بودن نتایج تست، سعی شد تا اطلاعات این شبکه‌ها با داده‌های واقعی تطبیق داده شود. این شبکه‌ها در هر دو نرم‌افزار SABA و CYME در حد امکان پیاده‌سازی شده و نتایج قابل استخراج از نرم‌افزار CYME با نتایج به دست آمده از نرم‌افزار SABA مقایسه شدند.

### چکیده نتایج:

- مدل‌سازی توربین‌های بادی SCIG و DFIG و تجهیز نرم‌افزار SABA به مدل توربین بادی
- تدوین و پیاده‌سازی الگوریتم تحلیل پخش بار شبکه به همراه مزرعه بادی در نرم‌افزار SABA
- تدوین و پیاده‌سازی الگوریتم تحلیل اتصال کوتاه شبکه به همراه مزرعه بادی در نرم‌افزار SABA
- تدوین و پیاده‌سازی الگوریتم تحلیل پایداری گذرای شبکه به همراه مزرعه بادی در نرم‌افزار SABA
- انجام آزمون‌های تکمیلی و مقایسه نرم‌افزار SABA با دیگر نرم‌افزارهای معتبر تحلیل سیستم‌های قدرت

## مستندات پروژه:

- «مدل سازی استاتیک و دینامیک توربین های بادی SCIG و DFIG»، گروه پژوهشی مطالعات سیستم، پژوهشگاه برق، پژوهشگاه نیرو.
- «توسعه کنترل کننده های توربین های بادی SCIG و DFIG»، گروه پژوهشی مطالعات سیستم، پژوهشگاه برق، پژوهشگاه نیرو.
- «تدوین الگوریتم پخش بار شبکه به همراه نیروگاه بادی»، گروه پژوهشی مطالعات سیستم، پژوهشگاه برق، پژوهشگاه نیرو.
- «تدوین الگوریتم تحلیل اتصال کوتاه شبکه به همراه نیروگاه بادی»، گروه پژوهشی مطالعات سیستم، پژوهشگاه برق، پژوهشگاه نیرو.
- «تدوین الگوریتم تحلیل پایداری گذرا شبکه به همراه نیروگاه بادی»، گروه پژوهشی مطالعات سیستم، پژوهشگاه برق، پژوهشگاه نیرو.
- «تحلیل و طراحی مدل توربین بادی SCIG و DFIG در واحد محاسباتی پخش بار در نرم افزار SABA»، گروه پژوهشی مطالعات سیستم، پژوهشگاه برق، پژوهشگاه نیرو.
- «تحلیل و طراحی مدل توربین بادی SCIG و DFIG در واحد محاسباتی اتصال کوتاه در نرم افزار SABA»، گروه پژوهشی مطالعات سیستم، پژوهشگاه برق، پژوهشگاه نیرو.
- «تحلیل و طراحی مدل توربین بادی SCIG و DFIG در واحد محاسباتی پایداری گذرا در نرم افزار SABA»، گروه پژوهشی مطالعات سیستم، پژوهشگاه برق، پژوهشگاه نیرو.
- «انجام آزمون های پیشرفته»، گروه پژوهشی مطالعات سیستم، پژوهشگاه برق، پژوهشگاه نیرو.