

طراحی و تهیه نرم افزار آموزش الکترونیکی (e-Learning) به منظور آموزش نحوه عملکرد توربینهای بادی در سیستم های انرژی تجدید پذیر

غلامحسین ریاحی و مهرداد عابدی
دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی امیر کبیر

چکیده: در این مقاله طراحی و تهیه نرم افزار آموزش الکترونیکی به منظور آموزش عملکرد توربینهای بادی برای اولین بار در ایران ارائه شده است. در نرم افزار ارائه شده یک توربین بادی واقعی از نوع Rutland به طور کامل مدل شده است. از ویژگیهای این برنامه آن است که کلیه قسمتهای آنودینامیکی (پرهها)، مکانیکی (محورهای چرخنده و گیربکسها)، الکتریکی (ژنراتور) و کنترل توربین به صورت گرافیکی با مدلهای کامل ریاضی شبیه سازی شده است. یکی دیگر از ویژگیهای این نرم افزار آموزشی است که به راحتی برای سایر توربینهای بادی بجز Rutland نیز قابل تعمیم است. در این مقاله سرعت باد به دو روش استفاده از دادههای ذخیره شده یا تولید باد به صورت مجازی به کمک مدلهای ریاضی باد در اختیار نرم افزار با توجه به اراده کاربر قرار می گیرد. خروجی نرم افزار به صورت animation های آموزشی و گرافهای زمانی در اختیار کاربران قرار خواهد گرفت. کاربر میتواند کلیه پارامترهای توربین بادی و رژیم باد را به صورت interactive تغییر دهد و نتایج به دست آمده را مشاهده کند. نکته ممتاز در این نرم افزار قابلیت دسترسی به آن از طریق web و اینترنت است و کاربر در هر نقطه جهان میتواند از آن استفاده کند.

واژههای کلیدی: مدلسازی توربینهای بادی، انرژیهای تجدید پذیر و آموزش مجازی.

۱. مقدمه

با پیشرفت علوم کامپیوتر و فناوری اطلاعات روشهای جدیدی در نظامهای آموزشی ایجاد شده است. آموزش از راه دور، آموزش الکترونیکی و آموزش مجازی را می توان دستاوردهای این تحولات دانست [۱].

در اجرای آموزش الکترونیکی در مراکز آموزشی، این سؤال مطرح می شود که انواع مختلف روشهای آموزش الکترونیکی کدامند؟ اما قبل از آنکه روشی برای آموزش الکترونیکی انتخاب شود، لازم است اهداف و روشهای جهت رسیدن به آن اهداف مشخص شوند [۲، ۳ و ۴].

سؤالات زیر به ترتیب می توانند در ارتباط با آموزش الکترونیکی مطرح شوند و پاسخ به آنها می تواند راهگشای انتخاب نوع آموزش الکترونیکی باشد [۲، ۳ و ۴]:

۱. کدام گروه آموزشی هدف دوره هستند؛
 - مقدماتی یا پیشرفته؛
 - چه بخشی مورد توجه است؛
 - به چه تعدادی از افراد آموزش داده خواهد شد.
۲. چه محتوا و مطالبی باید توسعه پیدا کنند؟
 - ریز کردن موضوع (مقدمه ای بر ...)
 - این محتوا چه موقعیتی در کل دوره دارد؛ (اصلی تخصصی...)
 - دانش آموختگان چه دانسته هایی پیدا خواهند کرد، با چه اصطلاحاتی آشنا خواهند شد و قادر به حل چه مسائلی خواهند بود.
۳. چه محیط ارتباطی (سمعی بصری) انتخاب شود؟
 - چه قابلیت هایی تاکتیکی و تکنیکی با چه کیفیتی مورد نظر است؛
 - تصاویر، فیلم، صدا و برنامه های آماده در چه مواقعی در موضوعات درسی مورد نظر استفاده شوند؛
۴. ملاحظات سازمانی و دانشگاهی کدام اند؟
 - قوانین و مقررات آموزشی (برای مثال چند ساعت در هفته کلاس)؛

- طول دوره و اتمام دوره در زمان معین؛
- پیش نیازها و دانش لازم برای ورود به دوره.

با توجه به چهار سؤال ارائه شده، یک دوره آموزشی بر اساس روشهای آموزش الکترونیکی e-learning می‌تواند طراحی شود [۴، ۵، ۶].

با افزایش قیمت نفت و گرایش رو به افزایش به سمت انرژیهای نو یا تجدیدپذیر، روند به کارگیری آموزش الکترونیکی در زمینه انرژیهای نو یا تجدیدپذیر نیز رو به افزایش بوده، اگرچه هنوز در ابتدای راه است [۷].

در زمینه آموزش الکترونیکی انرژیهای تجدیدپذیر در بسیاری از کشورها از جمله کشور ایران نیز در زمینه آموزش الکترونیکی کارهای متنوع و زیادی انجام شده یا در حال اجراست [۲، ۳، ۴].

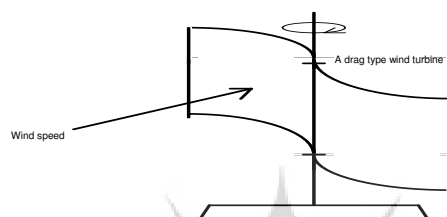
نکته‌ای که به آن باید توجه شود آن است که مقالات ارائه شده در زمینه آموزش الکترونیکی در زمینه انرژیهای نو یا تجدیدپذیر بیشتر در خصوص سیستم‌ها به صورت off-line هستند [۷، ۸، ۹] و در زمینه آموزش سیستم‌های انرژی بادی مقالاتی مشاهده نمی‌شود. در این مقاله یک نرم افزار آموزشی به منظور آموزش کوتاه مدت با رعایت موارد یاد شده برای آموزش نحوه عملکرد توربینهای بادی در سیستم‌های انرژیهای تجدید پذیر و نو ارائه شده است. در طراحی مشخص شده کلیه استانداردهای مربوط به آموزش الکترونیکی یا e-learning تا حد ممکن رعایت شده است. همچنین، به قابلیت مهم بر خط بودن (online) نیز به طور کامل و برای اولین بار پرداخته شده است.

۲. شرح مختصری از نحوه عملکرد توربینهای بادی

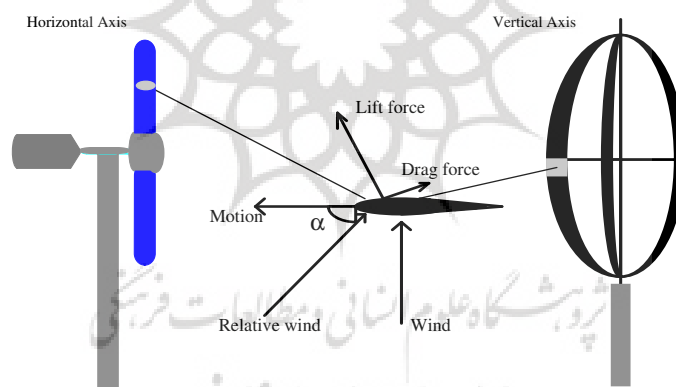
از آنجایی که منابع انرژی تجدیدپذیر مانند انرژی باد و انرژی خورشید از رابطه دوستی بیشتری با طبیعت در مقایسه با انرژیهای فسیلی برخوردارند، علاقه زیادی به استفاده از آنها به عنوان انرژی کمکی یا جانشینی برای انرژی فسیلی وجود دارد و به خصوص این علاقه در زمینه تولید الکتریسیته بیشتر است. در گذشته، انرژی باد توسط دریا نوردان بر روی کشتیهای بادبانی استفاده می‌شده است. همچنین، آسیابهای بادی برای آرد کردن غله از انرژی باد بهره برده‌اند. امروزه، این انرژی توسط توربینهای بادی به انرژی الکتریکی تبدیل

۱۲۲ طراحی و تهیه نرم افزار آموزش الکترونیکی (e-Learning) به منظور آموزش

می‌شود. علی‌رغم هیجان موجود در خصوص تبدیل انرژی بادی به الکتریسته مشکلات زیادی در استفاده گسترده از این منبع انرژی وجود دارد [۱۰]. دو نوع توربین بادی در عمل استفاده بیشتری دارند [۱۰]: توربینهای نوع Drag و توربینهای نوع Lift که در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده‌اند.



شکل ۱: توربینهای نوع Drag



شکل ۲: توربینهای نوع Lift

توربینهای نوع Drag با فشار باد بر پره‌ها و توربینهای نوع Lift با اختلاف فشار اتمسفر در دو طرف مقطع آئرودینامیکی پره به حرکت در می‌آیند. تابش باد با زاویه حمله مشخص می‌تواند نیروهای محرک چرخاننده توربین بادی را افزوده یا کاهش دهد. و فقط تنها در یک

زاویه حمله مشخص است که بالاترین گشتاور چرخاننده ایجاد می شود [۱۱]. توان موجود در سرعت باد از رابطه زیر به دست می آید [۱۱ و ۱۲]:

(۱)

$$P_w = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times V^3$$

توان باد = P_w

(۲)

V = سرعت باد

A = سطح مقطع

ρ = چگالی هوا

برای یک توربین بادی نسبت سرعت خطی نوک پره به سرعت باد به صورت استاندارد توربینها در می آید و از رابطه زیر محاسبه می شود [۱۱ و ۱۲]:

$$\lambda = \frac{R \times \omega}{V} \quad (۳)$$

λ = نسبت سرعت تیغه به سرعت باد

R = شعاع روتور

ω = سرعت روتور

توان موجود در باد در منحنی ضریب توان توربین بادی ضرب می شود و در نهایت، توان استخراج شده به دست می آید [۱۱ و ۱۲]:

(۴)

$$P_{turbine} = C_p(\lambda) \times P_w$$

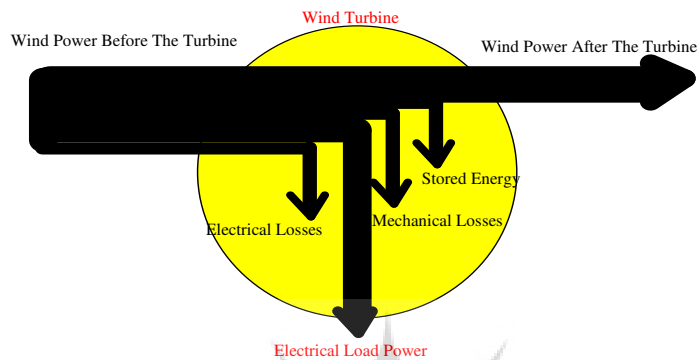
$$P_{turbine} = C_p(\lambda) \times \frac{1}{2} \times \rho \times A \times V^3$$

توان استخراج شده توسط توربین بادی = $P_{turbine}$

منحنی ضریب توان = $C_p(\lambda)$

۱۲۴ طراحی و تهیه نرم افزار آموزش الکترونیکی (e-Learning) به منظور آموزش

توان استخراج شده از باد طبق شکل ۳ تقسیم می شود که در فرمول ۵ مشخص شده است [۱۲].



شکل ۳: دیاگرام انتقال انرژی در توربین بادی

(۵)

$$P_{turbine} = P_{inertia} + P_{friction} + P_{e_{loss}} + P_{e_{out}}$$

$P_{e_{loss}}$ = تلفات توان الکتریکی

$P_{e_{out}}$ = توان الکتریکی خروجی

$P_{turbine}$ = توان استخراج شده توسط توربین

$P_{inertia}$ = انرژی جنبشی ذخیره شده

$P_{friction}$ = تلفات اصطکاک

معادله دیفرانسیل کامل و عملی یک توربین بادی مطابق رابطه زیر است [۱۲]:

(۶)

$$C_p(\lambda) \times \frac{\rho}{2} \times A \times V^3(t) = J \frac{d\omega(t)}{dt} \omega(t) + D \times \omega^2(t) + P_{e_{loss}} + P_{e_{out}}$$

مهم‌ترین عامل در جلوگیری استفاده گسترده از انرژی باد برای تولید الکتریسته هزینه های زیاد تولید آن است. این هزینه ها قسمتی به دلیل راندمان ضعیف توربینهای بادی [اغلب کمتر از ۳۰ درصد] در تبدیل انرژی باد به انرژی برق تحمیل شده است.

مهم ترین عامل پایین بودن راندمان توربینهای بادی به نوع پره‌های مورد استفاده در آنها مربوط می‌شود. به طور کلی، پره‌های نوع لیفت که با نیروهای آئرو دینامیکی حرکت می‌کنند، از راندمان بالاتری نسبت به پره‌های نوع درگ (Drag) برخوردارند. ولی استفاده از پره‌های نوع لیفت به تنهایی کافی نیست و باید از یک کنترلر برای کنترل راندمان در حد ماکزیمم استفاده شود. این کنترلر سرعت چرخش و زاویه pitch پره توربین بادی را متناسب با تغییرات سرعت باد تغییر می‌دهد. چنین کنترلر سرعت متغیری نسبت سرعت تیغه پره به سرعت باد را بهینه نگه می‌دارد و باعث ماکزیمم شدن راندمان می‌شود [۱۳].

علی‌رغم پیشرفتهای زیاد در زمینه الکترونیک قدرت، کنترل و کامپیوتر هنوز مسائل زیادی در زمینه کنترل سرعت متغیر یک توربین بادی وجود دارد. از جمله عوامل منفی در این خصوص می‌توان از عدم امکان اندازه‌گیری سرعت باد در محل توربین، عدم امکان تغییر سرعت بدون ثابت زمانی، وجود جریانهای گردابی در باد و تأخیر در کنترل نام برد. به همین دلیل، وجود محدودیتهای استفاده از کنترلر با سرعت متغیر، سازندگان توربینهای بادی را به سمت کنترلر توربین در حالت کار با سرعت ثابت سوق داده است [۱۳].

به هر حال، تحت بهترین شرایط نیز راندمان یک توربین بادی هرگز از ۵۹,۳ درصد بالاتر نخواهد رفت. این موضوع به نام قانون "بتز" (Betz) شناخته شده است. این موضوع باعث شده است تا سازندگان توربینهای بادی به راههای دیگری برای کاهش هزینه‌ها علاوه بر افزایش راندمان رو آورند [۱۳ و ۱۴].

۳. مدلسازی توربین Rutland

طراحی سیستم‌های کنترل برای توربینهای بادی و همچنین، مطالعه رفتاری توربینهای بادی ایجاب می‌کند که یک مدل کامپیوتری برای آنها وجود داشته باشد. یک مدل دینامیکی و مدلسازی کامپیوتری می‌تواند درک بهتری از رفتار سیستم را به دست دهد، برای پیش بینی رفتار پارامترهای مختلف سیستم به کار رود، ترمهای مؤثرتر سیستم را تشخیص دهد و آن را

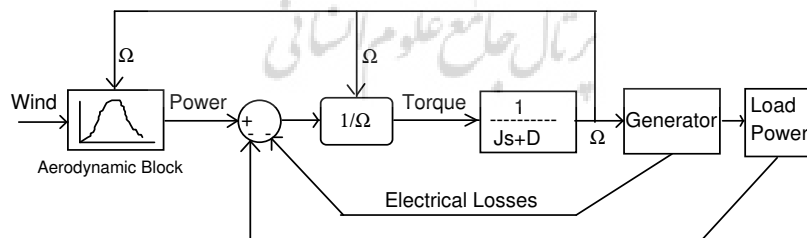
۱۲۶ طراحی و تهیه نرم افزار آموزش الکترونیکی (e-Learning) به منظور آموزش

شناسایی کند، برای تعیین اعتبار فرمولها و روشهای جدید اعمال شده به یک سیستم توربین بادی به کار رود و درک کامل تری به کاربر بدهد [۱۴].
در این زمینه یک توربین مدل Rutland که تصویر آن در شکل ۴ مشاهده می‌شود، انتخاب شد.



شکل ۴: توربین بادی Rutland

توربین بادی Rutland که در شکل ۴ نشان داده شده است، یک توربین شش پره نوع Lift با ژنراتور آهنربای دائم است [۱۵]. این توربین به طور کامل و دقیق در تونل باد و در معرض باد واقعی قرار گرفت و مدل کامل فیزیکی آن به دست آمد (شکل ۵). این مدل که بصورت فرمولها و پارامترهای ریاضی فرموله شده بود، توسط برنامه ریاضی MATLAB مدل شد و مورد استفاده در این مقاله قرار گرفت [۱۵].



شکل ۵: بلوک دیاگرام مربوط به مدل فیزیکی توربین بادی

در این کار تحقیقاتی جدید، مدل ریاضی و دینامیک توربین Rutland توسط برنامه Labview که یک نرم افزار گرافیکی مدلسازی و کنترل و ابزاری دقیق است، مجدداً مدل شده است. البته، قابلیت‌های بسیار عمده‌ای به مدل جدید اضافه شده است که شامل: امکان نمایش گرافیک و online کلیه پارامترهای سیستم کامل توربین بادی و مقایسه آنها با یکدیگر، قرار گرفتن شکل فیزیکی مدل بر روی زمینه اطلاعاتی مدل، امکان بسیار جالب استفاده از اطلاعات وزش باد لحظه‌ای واقعی و اعمال online آن به سیستم توربین بادی، امکان گزارش‌گیری قوی از سیستم مدل شده و قابلیت اجرای برنامه از طریق اینترنت است. قابلیت سوم که علاوه بر استفاده از اطلاعات وزش باد ذخیره شده یا تولید شده به صورت تصادفی^۱ می‌تواند از باد واقعی نیز برای اعمال به توربین واقعی و زنده^۲ استفاده کند، این امکان را به کاربران می‌دهد که به این سؤال جواب دهند که اگر در شرایطی که باد در حال وزش است و درختان را تکان می‌دهد، یک توربین بادی داشتیم، چه رفتاری خواهد داشت [۱۵ و ۱۶]؟

مدل فیزیکی توربین Rutland براساس تجزیه سیستم توربین بادی به قطعات کوچکتر و سپس مدلسازی هر قطعه و در نظر گرفتن کلیه پارامترهای قابل ملاحظه طراحی شده است و توسط نرم افزار Labview شکل بلوک دیاگرام توربین بادی روی صفحه مانیتور کامپیوتر عیناً قابل مشاهده است.

این مدلسازی برای توربین بادی Rutland انجام شده است، ولی به هیچ وجه عنوان منحصر به این نوع توربین نیست و می‌توان پارامترهای آن را تغییر داد و توربین را به مدل‌های دیگر تبدیل و همه توربین‌های هم خانواده Rutland را مطالعه کرد و تجزیه سیستم توربین بادی به اجزای کوچک‌تر این امکان را فراهم کرده است. این اجزا عبارت اند از:

۱. مشخصه راندمان پره های توربین بادی؛
۲. مشخصه اینرسی قطعات چرخنده؛
۳. مشخصه های دینامیکی اصطکاک قطعات؛
۴. فیلترهای آئرو دینامیک ، مکانیکی و الکتریکی سیستم؛
۵. قسمت کنترل کننده سیستم؛

1 . Random

2 . Online

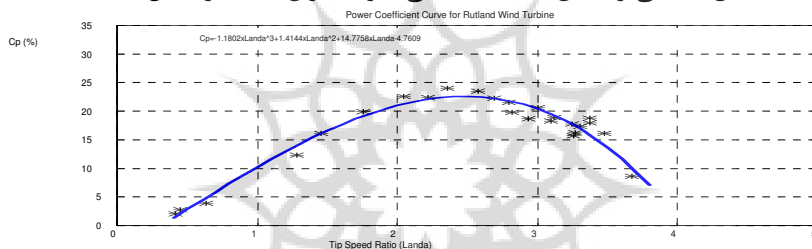
۱۲۸ طراحی و تهیه نرم افزار آموزش الکترونیکی (e-Learning) به منظور آموزش

۶. ژنراتور الکتریکی سیستم؛

۷. بار الکتریکی سیستم.

لذا، نه تنها مدل Rutland، بلکه هر سیستم توربین بادی دیگری که هفت جزء ذکر شده مربوط به آن معلوم باشد، به راحتی جانشین توربین ارائه شده و کاملاً قابل مطالعه است. اجزای کامل سیستم مدل شده به شرح زیر ارائه شده‌اند [۱۵ و ۱۶] و در برنامه کامپیوتری Labview اعمال شده‌اند:

۱. مدل منحنی راندمان λ -CP (منحنی ضریب توان) که در شکل ۶ آمده است.

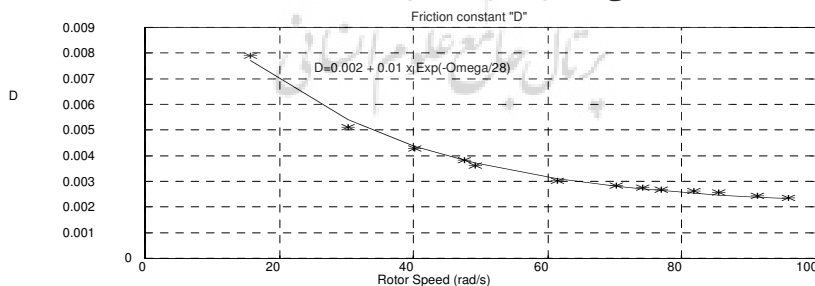


شکل ۶: منحنی ضریب توان

(۷)

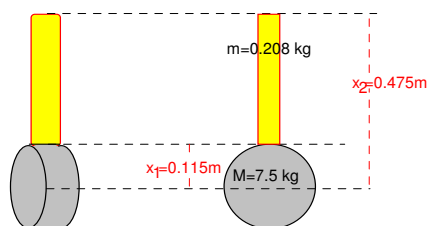
$$C_p(\lambda) = \frac{P_{load} + P_{electrical\ loss} + P_{friction\ loss}}{P_{wind}}$$

۲. تلفات مکانیکی که در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل ۷: تلفات مکانیکی

۳. اینرسی چرخنده توربین که در شکل ۸ به نشان داده شده است.

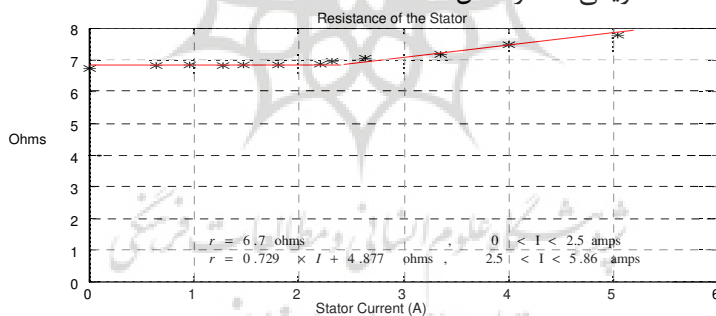


شکل ۸: ممان اینرسی توربین بادی

(۸)

$$J = \frac{1}{2} \times M \times X_1^2 + 6 \times \frac{m}{3 \times (X_2 - X_1)} \times (X_2^3 - X_1^3) = 0.1717 \text{ kgm}^2$$

۴. تلفات الکتریکی که در شکل ۹ آمده است.



شکل ۹: تلفات الکتریکی

۵. ژنراتور آهنربای دائم

۶. جاروبکها

۷. پل دیودی

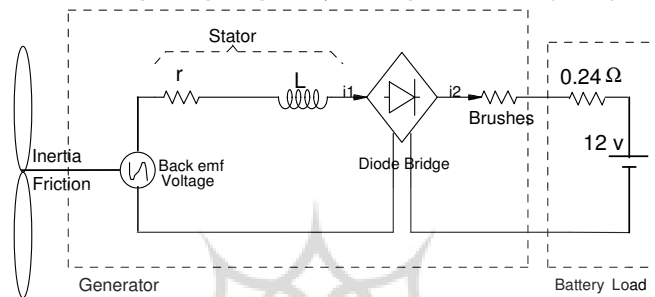
۸. ولتاژ ضد محرکه

۱۳۰ طراحی و تهیه نرم افزار آموزش الکترونیکی (e-Learning) به منظور آموزش

(۹)

$$V_{1rms} = 0.6502\Omega + 0.4156, \quad V_{3rms} = 0.0578\Omega + 0.0531$$

۹. مقاومتها و سلفهای داخلی سیستم که در شکل ۱۰ ارائه شده است.



شکل ۱۰: مدل الکتریکی

۱۰. اثر Skin هادیها

(۱۰)

$$8.21 \text{ mm} < \left\{ \text{skin depth} = \frac{K_m}{\sqrt{f}} \right\} < \infty$$

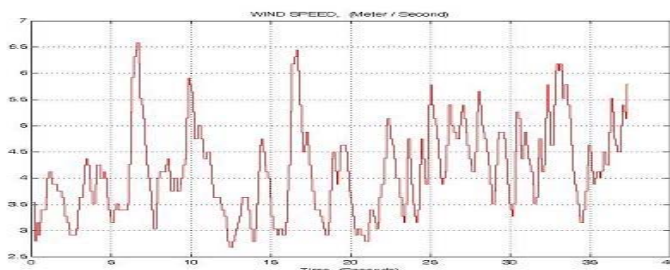
$$65.5 < K_m < 75 \text{ (for copper)}, \quad 0 < f < \frac{\text{pole pairs}}{2\pi} \Omega_{\max}, \quad \text{pole pairs} = 4, \quad \Omega_{\max} = 100 \text{ rad / s}$$

۱۱. تلفات آهنی

۴. سرعت باد در سیستم

سه نوع سرعت باد را به این سیستم می توان اعمال کرد:

۱. استفاده از اطلاعات ذخیره شده وزش باد که در شکل ۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۱۱: سرعت باد

۲. تولید اطلاعات وزش باد به روشهای آماری و ریاضی و تصادفی توزیع آماری Weibull مهم ترین توزیع در ارتباط با باد است. اطلاعات در زمینه باد باید بتواند از این توزیع weibul به دست آید. توزیع Weibull (شکل ۱۲) احتمال وقوع وزش باد بیش از یک سرعت مشخص را بیان می‌کند. مثلاً در شکل ۱، احتمال آنکه سرعت باد از صفر بیشتر باشد برابر صد در صد است یا احتمال آنکه سرعت باد از ۱۰ متر بر ثانیه بیشتر باشد برابر با ۴۰ درصد است. این امر در شکل ۱۲ نشان داده شده است.



شکل ۱۲: توزیع Weibull وزش باد

مکمل دیگری که وجود دارد، استفاده از Energy Pattern Factor است که در این روش دینامیک بودن استخراج انرژی از باد بیان می‌شود و مطابق فرمول (۲) است. در این فرمول متوسط توان باد به توان متوسط باد تقسیم می‌شود. بدیهی است که اگر باد ثابت

۱۳۲ طراحی و تهیه نرم افزار آموزش الکترونیکی (e-Learning) به منظور آموزش

باشد، این ضریب برابر با یک خواهد بود. هرچه تغییرات باد زیادتر می شود، این ضریب از یک بزرگ تر می شود.

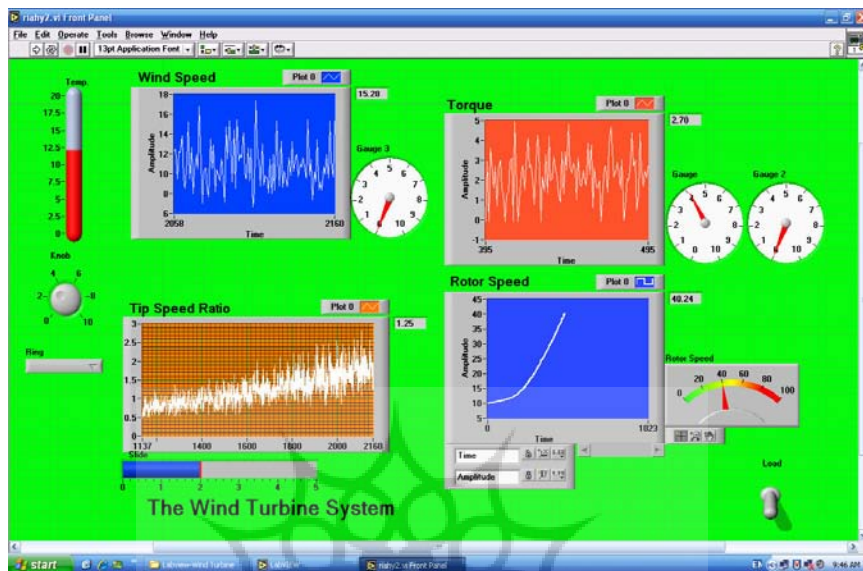
یک عدد تولیدی تصادفی نیز فرآیند اتفاقی بودن^۱ اطلاعات باد را کامل می کند. در خصوص گرفتن اطلاعات به صورت online از یک anemometer و اعمال آن به سیستم در مورد سوم، باید به این نکته توجه می شد که زمان اجرای برنامه روی کامپیوتر از زمان پاسخ توربین واقعی به باد واقعی بیشتر نشود که این امر با کوشش بسیار زیاد و مختصر کردن تکرارها یا iteration های برنامه صورت گرفت؛ یعنی باد واقعی چه به مدل کامپیوتری و چه به توربین واقعی که بتابد، نباید در زمان اجرا تفاوتی داشته باشد.

در مدل کامپیوتری ارائه شده منابع خطا نیز قابل در نظر گرفتن هستند. این منابع برای یک سیستم توربین بادی عبارتند از [۹ و ۱۰]:

- خطای Yaw در تعقیب جهت باد؛
 - خمش و پیچش پره ها؛
 - Turbulence اطراف توربین بادی؛
 - اثر دمای ناشی از تابش خورشید و انقباضها و انبساطها.
- می توان پارامترهای یاد شده را به راحتی تغییر داد و از سیستم به صورت یک سیستم آموزش الکترونیکی یا e-Learning استفاده کرد.

۵. User Interface ها در برنامه

شکل user-interface برخی از قسمت های سیستم ارائه شده در شکل ۱۳ نشان داده شده است.



شکل ۱۳: مدل کامل interface مقابل کاربر

۶. نتیجه گیری

یک سیستم آموزش الکترونیکی بر اساس آخرین استانداردهای این رشته طراحی و اجرا شده است. در این سیستم نحوه عملکرد توربینهای بادی از مجموعه سیستم های انرژی نو یا تجدید پذیر انتخاب، طراحی و اجرا شده است. ارتباط دانشجو با سیستم طراحی شده به صورت تعامل متقابل یا interactive است و تعداد دفعات و الگوی مراجعه دانشجو به سیستم برای ارزیابی ثبت می شود. ارتباط با سیستم از طریق اینترنت و از راه دور نیز طراحی و اجرا شده است. قابلیت استفاده از سیستم به صورت بر خط (online) در این مقاله برای اولین بار ارائه شده است و این قابلیت را به کاربر می دهد که بتواند مانند شرایط واقعی با سیستم آموزش ببیند.

۱۳۴ طراحی و تهیه نرم افزار آموزش الکترونیکی (e-Learning) به منظور آموزش

علائم اختصاری

r	مقاومت استاتور	T	گشتاور
Pload	توان بار الکتریکی	J	اینرسی
Pwind	توان باد	ω	سرعت روتور
λ	نسبت سرعت تیغه به سرعت باد	D	اصطکاک
$Cp\lambda$	منحنی ضریب توان	V	سرعت باد
		e	خطا

مراجع

1. Shneiderman, B., "Designing Information-abundant Websites: Issues and Recommendations", **International Journal of Human-Computer Studies**, Vol. 47, No. 1, pp. 5–29, July 1997.
۲. شعبانی نیا، فریدون، نیما امامی، "مونیتورینگ سیستم های کنترل گسترده DCS بر اساس اینترنت"، **فصلنامه آموزش مهندسی ایران**، سال چهارم، شماره ۱۶، زمستان ۱۳۸۱.
۳. شعبانی نیا، فریدون، "آموزش مجازی روشهای نوین و ارتقای کیفیت آموزش"، **فصلنامه آموزش مهندسی ایران**، سال هفتم، شماره ۲۷، پاییز ۱۳۸۴.
۴. مجموعه مقالات سمینار آموزش الکترونیکی و مدیریت دانش، دانشگاه تهران، شهریور ۱۳۸۴.
5. Ward, M, and Newlands, D., "Use of the Web in Undergraduate Teaching", **Computers & Education**, Vol. 31, pp. 171–184, 1998.
6. Rovai, Alfred P., **The Relationships of Communicator Style, Personality-Based Learning Style, and Classroom Community among Online Graduate Students**, The Internet and Higher Education, Vol. 6, pp. 347–363, 2003.
7. Drigas, A. S., J.Vrettaroas, L.G. Koukianakis & J.G.Glentzes, "A Virtual Lab and e-Learning System for Renewable Energy Sources", WSEAS International Multiconference in Tenerife, Canary Islands, Spain, December 16-18, 2005.
8. Hadzi-Kostova, B.; Styczynski, Z. A., "Teaching Renewable Energy Using Multimedia, Power Systems Conference and Exposition", IEEE PES, 10-13 Oct. 2004 Page(s): 843 - 847 vol.2, 2004.

9. Transfer Tzu-Chen Hung, "The Establishment of an Interactive E-learning System for Engineering Fluid Flow and Heat", International Conference on Engineering Education – ICEE 2007, Portugal, 2007.
10. Riahy G.H., "Dynamic and Predictive Dynamic Wind Turbine Control", PhD Thesis, Monash University, 1999.
11. Heier, S., **Grid Integration of Wind Energy Conversion Systems**, John Wiley & Sons, 1998.
12. Freris, L.L., **Wind Energy Conversion Systems**, Prentice-Hall, 1990.
13. Gipe P., **Wind Energy Comes of Age**, New York : John Wiley & Sons, 1995.
14. Golding E.W., "The Generation of Electricity by Wind Power", E. & F.N. SPON Ltd, 1976.
15. Riahy, G., "Modelling and Simulation of a Wind Turbine System for Controller Study Purposes", Proceedings of Solar'99, Geelong, Australia, December 1999.
16. Riahy, G., P. Freere and G. Holmes, "Practical Wind Estimation at a Turbine", Proceedings of Solar'2000, Brisbane, Australia, November-December 2000.

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۷/۴/۲۵)

(تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۷/۵/۱۴)