نهمین کنگره ملّی مهندسی عمران، ۲۱ و ۲۲ اردیبهشت ماه ۱۳۹۵
دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تحلیل پارامتری عوامل مؤثر بر انتخاب سیستم برج توربین‌های بادی کوچک مقیاس

وهاب اسماعیلی[1]، احسان محتشمی[1]

۱- کارشناس پژوهشکده هواخورشید، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد

Email: ehsan_mohtashami@yahoo.com

خلاصه

برج توربین بادی بخش قابل ملاحظه‌ای از هزینه‌های ساخت توربین بادی را به خود اختصاص می‌دهد. برج‌های فولادی جدار نازک خودایستا یا مهارشده توسط کابل از رایج‌ترین سیستم‌های نگهدارنده این توربین‌ها محسوب می‌شوند. در این مقاله، یک تحلیل پارامتری برای انتخاب سیستم برج یک توربین بادی کوچک‌مقیاس انجام می‌شود. این تحلیل شامل دو سیستم باربری برج خودایستا و برج با کابل مهاری، دو مقدار برای جرم متمرکز نصب شده بر بالای برج و سه مقدار برای ارتفاع برج می‌شود. دوازده الگوی حاصل، بر اساس ضوابط آیین‌نامه‌های معتبر توربین‌های بادی، در نرم‌افزار اجزای محدود SAP۲۰۰۰ مدل‌سازی و طراحی می‌گردد. با معیار قرار دادن مقدار وزن برج توربین و میزان توان تولیدی توربین در مدت عمر مفید آن، می‌توان طرح مناسب و مطلوب را برگزید. نتایج تحلیل نشان می‌دهد، برای برج‌های کوتاه‌تر استفاده از سیستم برج خودایستا مناسب‌تر از سیستم برج مهارشده باکابل می‌باشد. در مقابل برای برج‌های بلندتر، سیستم برج مهار شده با کابل اقتصادی‌تر است. همچنین، اثر جرم بالای برج می‌تواند بر مقطع طراحی تأثیرگذار باشد.

کلمات کلیدی: توربین بادی کوچک مقیاس، برج خودایستا، برج مهارشده با کابل، تحلیل پارامتری.

۱. مقدمه

در دو دهه اخیر، توجه فراوانی به استفاده از انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر مانند انرژی خورشید و باد شده است. در این میان، توربین بادی به عنوان یکی از نمادهای اصلی تولید انرژی در این زمینه شناخته می‌شود که با توجه به نیاز روزافزون جهان به انرژی، تمایل به ساخت و استفاده از آن روز به روز در حال افزایش است. در ایران نیز رویکرد مطلوبی به استفاده از توربین‌های بادی به وجود آمده است که احداث چندین مزرعه بادی در سطح کشور، مانند مزرعه‌های بادی منجیل در استان گیلان، بینالود در استان خراسان رضوی و کهک در استان قزوین، نمونه‌هایی از این رویکرد می‌باشند. با توجه به اهمیت شناخت ویژگی‌های فناوری‌های جدید برای استفاده بهینه از آن‌ها، لازم است بخش‌های مختلف جامعه مهندسی کشور با جنبه‌های مختلف طراحی، ساخت، راه‌اندازی و نگهداری توربین بادی آشنا شوند تا بتوان در آینده نزدیک، اقدام به بومی سازی تمام یا بخشی از این صنعت نمود.

از دیدگاه سازه‌ای، توربین بادی شامل چهار بخش روتور، ناسل، برج و زیرسازه (پی) می‌شود. در توربین‌های بادی، بخش قابل توجهی از جرم کل سازه در بالای آن (روتور و ناسل) متمرکز است و همچنین دارای اجزای دینامیکی با حرکت دورانی حول محوری افقی یا عمودی می‌باشند. بنابراین برج توربین بادی به طور متناوب، تحت تأثیر نیروهای دینامیکی ناشی از وزش باد و نیز اجزای متحرک بالای آن قرار دارد. از این دیدگاه، فرآیند طراحی آن در مقایسه با سازه‌های رایج در مهندسی عمران مانند ساختمان‌های طبقاتی و پل‌ها قدری تفاوت دارد. در طراحی برج‌های توربین بادی، علاوه بر محدود کردن تنش‌ها و تغییرمکان‌ها، باید طراحی برج به‌گونه‌ای انجام شود که بسامد طبیعی نوسان برج، تداخلی با بازه «بسامد کاری توربین» که در آن بازه توان الکتریکی تولید می‌شود، نداشته باشد. در غیر این صورت، به هنگام کار توربین، پدیده تشدید در برج اتفاق می‌افتد و کل سازه فرو خواهد ریخت. بازه بسامد کاری توربین، به بازه‌ای از سرعت دورانی پره‌های توربین بادی گفته می‌شود که سبب دوران ژنراتور و تولید انرژی برق می‌شود.

برای طراحی توربین‌های بادی، استانداردها و ضوابط متعددی در نقاط مختلف دنیا ارائه شده است [۱–۳]. یکی از معتبرترین استانداردها، IEC ۶۱۴۰۰ [۳] می‌باشد که یک مبنای معتبر برای تعیین ضوابط طراحی توربین بادی در کشورهای مختلف و نیز بستن قراردادهای بین‌المللی می‌باشد. این

[1] کارشناس پژوهشکده هواخورشید، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد