



اهمیت انرژی باد و کاربرد آن در کشتی رانی

مقدمه

انرژی باد (Wind energy) یکی از انواع اصلی انرژی های تجدید پذیر می باشد که از دیر باز ذهن بشر را به خود معطوف کرده بود به طوری که وی همواره به فکر کاربرد این انرژی در صنعت بوده است. بشر از انرژی باد برای به حرکت در آوردن قایقها و کشتیهای بادبانی و آسیابهای بادی استفاده می کرده است. در شرایط کنونی نیز با توجه به موارد ذکر شده و توجیه پذیری اقتصادی انرژی باد در مقایسه با سایر منابع انرژیهای نو، پرداختن به انرژی باد امری حیاتی و ضروری به نظر می رسد. در بین انرژی های تجدید پذیر، انرژی باد یکی از اقتصادی ترین روشهای تولید برق است که آلودگی محیط زیست را در پی نداشته و پایان ناپذیر نیز می باشد. طبق آمار موجود تولید هر کیلو وات ساعت انرژی الکتریکی از باد می تواند از انتشار حدود یک کیلوگرم CO₂ در مقایسه با نیروگاههای سوخت فسیلی جلوگیری نماید. بطور کلی با جایگزینی انرژی برق بادی بجای انرژی برق تولیدی از نیروگاههای سوخت فسیلی می توان از انتشار گازهای گلخانه ای کاست. انرژی باد نظیر سایر منابع انرژی تجدید پذیر از نظر جغرافیایی گسترده و در عین حال به صورت پراکنده و غیر متمرکز و تقریباً همیشه در دسترس می باشد. انرژی باد طبیعتی نوسانی و متناوب داشته و وزش دائمی ندارد. هزاران سال است که انسان با استفاده از آسیابهای بادی، تنها جزء بسیار کوچکی از آن را استفاده می کند. احتمالاً نخستین ماشین بادی توسط ایرانیان باستان ساخته شده است و یونانیان برای خرد کردن دانه ها و مصریها، رومی ها و چینی ها برای قایقرانی و آبیاری از انرژی باد استفاده کرده اند. بعدها استفاده از توربینهای بادی با محور قائم سراسر

کشورهای اسلامی معمول شده و سپس دستگاههای بادی با محور قائم با میله‌های چوبی توسعه یافت و امروزه نیز ممکن است در برخی از کشورهای خاورمیانه چنین دستگاههایی یافت شوند. ایجاد نیروگاههای بادی و تبدیل انرژی الکتریکی با استفاده از توربینهایی با ظرفیتهای بالا، پس از جنگ جهانی دوم، با وجود نیاز شدیدی که صنایع رو به توسعه کشورهای متمدن به منابع انرژی داشتند، تولید نیروگاههای بادی و حتی تحقیق درباره آنها، بعلت در دسترس بودن سوخت فسیلی ارزان قیمت متوقف گردید. اما با بروز بحران انرژی به سبب کاهش ذخائر هیدروکربورهای جهان و نتیجتاً افزایش فراورده‌های نفتی و همچنین افزایش روزافزون تقاضای انرژی و بیم و وحشت از توسعه آلودگی، موجب شد تا توجه دانشمندان به منابع دیگر از جمله انرژی باد که میتواند به طور مناسبی در مناطق بادخیز مورد استفاده قرار گیرد، معطوف و فعالیتهای دامنه‌داری از سال ۱۹۷۰ میلادی در این زمینه آغاز گردید. یکی از مزایای انرژی باد آن است که وزش باد در زمستانها سریعتر است و هنگامی که نیاز بیشتری به برق داریم، الکتریسیته بیشتری تولید می‌شود. این انرژی بدون ایجاد آلودگی، دارای منبع انرژی پایان ناپذیر و فن آوری آزموده شده است. پیشرفتهای اخیر در صنعت، همواره سبب کاهش هزینه الکتریسیته تولید شده توسط مولدهای بادی می‌باشد؛ این مبلغ کمتر از هزینه الکتریسیته تولید شده توسط زغال سنگ و شکافت هسته‌ای است و از نظر اقتصادی قابل رقابت با سایر موارد می‌باشد.

در گذشته، کشتی‌ها با بادبان‌ها و شراع‌ها و به کمک نیروی باد حرکت می‌کردند. در اواسط قرن ۱۵ میلادی استفاده از بادبان‌ها برای تأمین نیروی محرکه کشتی‌ها گسترش یافت به طوری که کشتی‌های بادبانی به صورت خطوط منظم سفرهای خود را در دریا‌ها و اقیانوس‌ها اجرا می‌کردند. استفاده از بادبان‌ها در کشتی‌های تجاری و نظامی يك فناوری استراتژیک منظور می‌گردید و اهمیت آن تا سال ۱۸۶۰ ادامه داشت، اما با کشف موتور بخار و قابلیت‌های زیاد آن سیستم رانش بادبانی جای خود را به سیستم رانش بخار داد. اما با توجه به افزایش قیمت سوخت و همچنین تصویب قوانینی برای جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای از سوی سازمان‌های جهانی، سازندگان کشتی‌ها به فکر استفاده از انرژی‌های پاک افتادند. به دو دلیل مهمی که بیان شد امروزه صنعت کشتی‌سازی در حال انقلابی مجدد در نحوه رانش کشتی‌هاست. در این مقاله سعی شده است انواع سیستم رانشی که از انرژی باد استفاده می‌کنند را ذکر و نقاط ضعف و قوت هر یک را بیان کنیم. همچنین خواهیم دید که اکثر کشورهای اروپایی و ژاپن از چندین سال قبل به فکر استفاده از انرژی باد در صنعت کشتی‌سازی افتاده‌اند اما متأسفانه در کشور ما کوچکترین کاری انجام نشده است. خواهیم دید که در این مسیر برخی پروژه‌ها به شکست انجامیده‌اند اما تجربه‌ای برای پروژه‌های بعدی بوده‌اند. اکثر سیستم‌ها از مباحث پایه‌ی مکانیک سیالات بهره گرفته‌اند و پس از تست مدل و CFD** به مرحله‌ی اجرا درآمده‌اند میزان بهره‌وری آنها در مراحل قبل از ساخت نمونه محاسبه می‌شود و در صورت داشتن بازدهی مطلوب به مرحله‌ی اجرا در می‌آید. در آخر می‌بینیم سرمایه‌گذاری زیادی در این نوع سیستم شده است و باید کارخانه‌های ما هم در برنامه‌ریزی‌های خود این مورد را قرار دهند.

به علت افزایش قیمت سوخت و آلودگی‌های زیست محیطی سوخت‌های فسیلی مهندسان طراح به فکر استفاده از انرژی‌های پاک و تجزیه پذیر افتادند. در صنعت کشتی‌سازی انرژی بادی و خورشیدی در دسترس‌ترین انرژی‌های پاک هستند که می‌توان از آن‌ها برای کمک به رانش کشتی

استفاده کرد. هم اکنون 90 درصد از تجارت جهانی به وسیله حمل و نقل دریایی صورت می گیرد و صنعت کشتیرانی نقش ویژه ای را در این عرصه ایفا می کند. هر کشتی بسته به تناژ دارد سوخت مصرف می کند، مثلاً برای یک کشتی با تناژ متوسط اگر روزانه 100 تن سوخت مصرف شود؛ با توجه به تعداد کشتی ها و ترافیک آن ها در دریا و اقیانوس ها علاوه بر این که هزینه زیادی صرف تأمین سوخت می شود، حجم زیادی از گازهای گلخانه ای وارد جو می شود. صنعت کشتیرانی به تنهایی 5/4 درصد گازهای گلخانه ای جهان را تولید می کند. پس به دو دلیل مهم آلاینده های هوا و افزایش روزانه هزینه مصرف سوخت صنعت کشتیرانی به سمت بهینه کردن بدنه و سیستم رانش کشتی می رود.

در گذشته تجارت به وسیله کشتی های بادبانی صورت می گرفت. کشف یک سنگ نفتی شده در کویت نشان می دهد در پنج هزار سال پیش از کشتی های بادبانی استفاده می شده است. بادبانهایی ابتدایی از گیاه سرخس استفاده می کردند. اما پس از اختراع موتور بخار و به کار گیری آن در کشتی ها و پس از آن موتور دیزل، توربین گاز و انرژی هسته ای، استفاده از انرژی باد در کشتی ها به فراموشی سپرده شد. اما از سال 1980 به دلیل قیمت بالای سوخت تمایل به استفاده از انرژی باد برای استفاده در کشتی های تجاری به وجود آمد. در این زمان چندکشتی با هدف استفاده از انرژی باد ساخته

شدند. برای مثال می توان به کشتی تانکر maru Aitoku Shin و فله بر pioneer usaki اشاره کرد.

CFD:** مخفف کلمه Computational Fluid Dynamic یک علم در شاخه مهندسی مکانیک سیالات است که شبیه سازی و تحلیل مسائل سیالات را انجام می دهد.

نقاط ضعف و قوت استفاده از انرژی باد در صنعت کشتیرانی

قطعاً استفاده از هر سیستمی در کشتی ها دارای نقاط ضعف و قوتی است و نمی تواند تمام جنبه ها را چه از لحاظ آلاینده گی و چه از لحاظ اقتصادی برآورده کند. پس انرژی باد هم از این قاعده پیروی می کند. نقاط قوت استفاده از انرژی باد در صنعت کشتیرانی، پایان پذیری منابع انرژی، رایگان بودن آن، قدرت مناسب آن در دریا و تجدید پذیری آن است و نقاط ضعف آن شامل هزینه تجهیزات، بی برنامه بودن و نامتناوب بودن وزش باد و استحکام سازه و اندازه بادبان ها می باشد. از آن جایی که وزش باد متناوب نیست به ناچار باید از یک سیستم ترکیبی برای سیستم رانش کشتی استفاده کنیم تا در مواقعی که جریان باد متوقف می شود یا انرژی مورد نیاز را تأمین نمی کند، این سیستم رانش ترکیبی مورد استفاده قرار گیرد.

انواع سیستم رانش بادی

1- بادبان و دکل

سیستم رانش بادبان و دکل قبل از انقلاب صنعتی به صورت گسترده ای استفاده می شد در آن زمان بادبان هارا از برگ های درخت نارگیل یا درخت خرما و یا از پارچه پنبه ای می بافتند. و سپس آنها را به دکل می بستند. بادبان شراع یا قلاع به زبان محلی بندر کنگ اوزان نامیده می شود ، که از پارچه ضخیمی به نام شگه ساخته می شد. طول شگه 20 8 متر و عرض آن 6 سانتی متر بود. پنجاه قطعه از پارچه شگه را انتخاب و بادبان کشتی را تهیه می کردند. اما این نوع بادبان ها که پارچه ای و منعطف بودند دیگر نمی توانند توان کشتی های تانکر و فله بر امروزی را تامین کنند. پس استفاده از بادبان های مدرن می تواند سودمند باشد. بادبان های مدرن برخلاف بادبان های سنتی انعطاف پذیر نیستند. این بادبان ها از مواد سبک وزن پیشرفته ای چون CFRP* یا GFRP* استفاده می کنند. همچنین از یک مکانیزم اتوماتیک برای تغییر جهت بادبان ها برای استفاده از حداکثر نیروی باد استفاده می شود. سیستم رانش بادبان و دکل از بادبان و بال تشکیل شده است که شکل آن ها شبیه ایرفویل است . ایرفویل ها به دو دسته تقسیم می شوند: متقارن و نامتقارن. نوع متقارن می تواند با هر جهت که باد بوزد با کنترل دکل تطبیق پیدا کند، اما نیروی برآ کمتری را نسبت به ایرفویل نامتقارن تولید می کند .

در دانمارک فله بر Windship با شش دکل و بادبان های ثابت طراحی شد و پیش بینی شد انرژی تا 27 درصد کاهش خواهد داشت، اما به علت برخی موانع هیچ گاه ساخته نشد. کشتی کروزر Eoseas در کارخانه ی STX در حال ساخت است. این کشتی 5/3 متر طول دارد که دارای 6 بادبان با مساحت سطح 12440 متر مربع است. برآورد می شود با تجهیزاتی که در این شناور وجود دارد تا 50 درصد مصرف سوخت کاهش یابد. طراحان این کشتی می گویند تجهیزاتی که در این کشتی نصب شده است حدود 30 درصد انرژی بیشتری نسبت به مدل بدون دکل آن تولید خواهند کرد . آن ها بر این عقیده اند که این هزینه اضافی با گذشت زمان و کاهش در مصرف سوخت آن جبران می شود .

GFRP*: به معنای پلیمر تقویت شده توسط الیاف شیشه می باشد.

CFRP: پلیمر تقویت شده با الیاف کربن



شکل-1- کشتی کروز eosaes

شرکت **Sailor Solar**، بادبان های خورشیدی ای را اختراع و ثبت کرد که هم زمان می تواند از انرژی باد و خورشید استفاده کند. این بادبان ها بر روی کشتی **Ross Albat Solar** نصب شد . این اولین کشتی تجاری ای بود که از سیستم رانش دوگانه سوخت فسیلی و باد و خورشید برای ذخیره انرژی الکتریکی استفاده می کرد. شکل (2) شکل (3)



شکل 2- شناور solar albatross



شکل 3- کشتی با بادبان های خورشیدی

چرخش انرژی بادی و خورشیدی باعث جمع اوری و از انتشار گازهای سمی جلوگیری می کنند. این کشتی سال آینده آزمایش می شود.



شکل 4- کشتی با بادبان های خورشیدی

موانع پیش رو برای استفاده از سیستم بادبان و دکل:

الف) به دلیل وجود جرثقیل بر روی کشتی وجود بادبان ها موجب محدودیت در حرکت جرثقیل ها می شود.

ب) دکل در شرایط بادی نامناسب موجب ایجاد نیروی پسا می شود، از طرفی در شرایط جوی نامناسب موجب تهدید برای جان خدمه است.

ج) وجود دکل موجب ایجاد زاویه هیل می شود.

د) برای غلبه بر زاویه هیل نیاز به استفاده از سیستم بالاست است که مقرون به صرف نیست.

2- روتور فلنتر

روتور فلنتر از اثر مگنوس برای به حرکت در آوردن شناور استفاده می کند. روتور فلنتر سیلندری چرخان است که حول محور خود میچرخد و وقتی در معرض جریان باد قرار می گیرد موجب ایجاد برآ در راستای عمود بر جهت باد می شود.

در سال 1924 آنتوان فلتنر کشتی بادبانی Buckau شکل (5) را بازسازی کرد. این کشتی به دوسیلندر مجهز شد که هر کدام 19/812 متر ارتفاع و 3 048 /متر قطر داشتند. هر دو سیلندر دارای موتورهای مجزایی با 9 اسب بخار بودند .

کشتی بازسازی شده فلتنر می تواند در بادهایی با جهت 20 تا 30 درجه حرکت کند؛ در حالیکه کشتی با بادبان اصلی خودش نمی تواند در بادهایی با راستای کمتر از 45 درجه پیشروی کند. اما در هر صورت سیستم روتورکاری کمی نسبت به موتورهای مرسوم داشت. به دلیل همین کارایی کم استفاده سیلندرها منسوخ شد. اختراع فلتنر در زمان زندگی خود موفقیت آمیز نبود اما این روزها از روتور فلتنر به عنوان یک سیستم رانش کمکی استفاده می شود.



شکل (5) کشتی بادبانی Buckau

هم اکنون شرکت Enercon یک شناور 130 متری با 4 روتور فلتنر برای حمل و نقل تجهیزات توربین بادی خود ساخته است. این کشتی Ship1-E نامیده می شود.

Ship1-E 4 روتور بزرگ با ارتفاع 25 متر، قطر 4 متر دارد که 2 تای آن در سینه کشتی و 2 تای دیگر در سمت پاشنه کشتی برای مهار انرژی باد استفاده کرده است. برآورد شده است که Ship1-E می تواند تا 30 درصد میزان مصرف سوخت را کاهش دهد.



شکل (6)-- کشتی E-Ship

3- توربو سیل

در سال 1980 ،کاپیتان جاکوکوستا، پروفیسور لوسین مالاوارد و دکتر برتراند شاریه نوع دیگری از سیستم رانش بادی را اختراع کردند. آن ها اولین سیلندر که شبیه دودکش کشتی است و مانند بال هواپیما کار می کند را بر پایه اصل ساوونیوس که سیستم توربو سیل نامیده می شود را طراحی و به کار گرفتند. در سال 1986 آن ها اختراع خود را با نام «وسیله ای برای تولید نیرو از سیال متحرک» ثبت کردند. توربو سیل یک سیلندر فلزی چرخان توخالی ثابت است که شبیه بال های هواپیما کار می کند. سیلندر دارای هزاران سوراخ کوچک است که به هوا اجازه ورود و خروج می دهند. فن ها به وسیله موتور ها به حرکت در می آیند. این فن ها در بالای توربو سیل قرار دارند که موجب شتاب دادن جریان در اطراف دکل و بال می شوند. این کار موجب افزایش نیروی برآ می شود که نیروی به سمت جلو راز یاد می کند.



شکل (7) - کشتی Alcyone

برخی موانع و مشکلات توربو سیل ها:

- 1- فضای زیادی اشغال می کند.
- 2- هنوز بازده مناسبی برای طرح های عملیاتی ندارد و همچنین هزینه آن نسبت به فناوری های دیگر گران تر است.

4-کایت

دو کارخانه Skysail و ship Kite که در کشور های آلمان و امریکا قرار دارند، سیستم رانش کمکی کایت را برای کشتی های باری تجاری توسعه دادند.

4-1-بارزترین مشخصه این کایت ها موارد زیر است

- 1- کایت ها می توانند بین 100 تا 300 متر بالای سطح آب پرواز کنند. این کایت ها می توانند 25 برابر بادبان های قدیمی که بر روی دکل سوار بودند انرژی باد را جذب کنند چون سرعت باد در ارتفاعات بیشتر است.

2- نسبت به وسایل بادی دیگر، کایت ها نیاز به دکل ندارند و به راحتی باز و بسته می شوند. این یعنی نیاز به فضای کمی دارند و از طرفی برای عملیات بارگیری مشکلاتی پیش نمی آید.

3- کایت ها می توانند تقریباً به هر شناور باری متصل شوند.

4- هزینه اولیه آن در مقایسه با سیستم های دیگر کمتر است؛ اما بازده انرژی آن بالاتر است.

5- با مجهز کردن آن ها به سیستم کنترل اتوماتیک، اداره و قابلیت اطمینان آن افزایش می یابد.

بر خلاف سیستم رانش های بادی دیگر، کایت ها **زاویه هیل*** کمی ایجاد می کنند پس نیازی به استفاده از **بالاست**** نیست.

طراحان تخمین می زنند استفاده از کایت موجب کاهش هزینه سوخت، بسته به شرایط جوی، بین 10 تا 35 درصد می شود. حامیان استفاده از کایت بر این عقیده هستند که استفاده از این سیستم کشتی را سودآور تر، ایمن تر و مستقل از بهای نفت می کند .

در سال 2006 ، شرکت کشتیرانی Beluga سیستم کایت Skysails را برای کشتی نوساز Skysails Ms Beluga که طول آن 140 متر و یک کشتی باری با تناژ بالا بود خرید و روی آن نصب کرد. این کشتی در 17 دسامبر 2007 به اب انداخته شد. شکل (8)



شکل 8-- Ms Beluga Skysails

زاویه هیل*: هنگامیکه شناور بر ابر یک نیروی خارجی (مانند موج و باد) دچار تغییر زاویه عرضی می شود. این زاویه را زاویه هیل می گویند. این زاویه حالت ایستایی دارد و هنگامیکه حرکت نوسانی شناور بر اثر یک نیروی خارجی مدنظر باشد به آن حرکت رول می گویند.

بالاست:** بالاست به هر جامد یا مایعی گفته می شود که برای افزایش پایداری روی کشتی آورده می شود.

معایب استفاده از کایت:

کایت همانند سایر سیستم ها دارای عیوبی است. از کایت نمی توان در زمانی که باد در جهت مخالف می وزد، استفاده کرد. بدترین مانع استفاده از کایت این است که نمی تواند در شرایطی که باد با سرعت کم می وزد کارایی داشته باشند. درست است که کایت مزیت های اقتصادی زیادی دارد اما سقوط آن در آب در شرایطی که تردد کشتی در یک مسیر زیاد باشد می تواند موجب خسارات مالی زیادی شود. پس در چنین شرایطی کشتی مجبور است سیستم رانش خود را تغییر دهد یا متوقف شود که این برای زمانی که کشتی در حال کار با کایت است مشکل می باشد.

نتیجه گیری:

آلودگی هوا و گرمایش جهانی پدیده ای است که بخاطر استفاده از سوخت های فسیلی به صورت گسترده در سراسر جهان در کمتر از دویست سال به وجود آمد و موجب خطر برای حیات انسانها و جانوران روی زمین شد. تنها صنعت کشتیرانی را اگر به عنوان یک کشور مستقل در نظر بگیریم ششمین تولید کننده ی گاز CO_2 در جهان است. پس تا زندگی برای انسانها مشکل نشده است باید به فکر حل این مساله بود. در این مقاله چهار نوع سیستمی که از انرژی باد برای رانش کشتی استفاده می شود به ترتیب زمان اختراع و بکارگیری آنها بیان شد. برای آنکه استفاده از انرژی باد در صنعت کشتی سازی و کشتیرانی متداول شود باید صرفه ی اقتصادی داشته باشد. اکثر کارخانه ها در حال مطالعه بر روی این مساله هستند چراکه در صورت داشتن صرفه ی اقتصادی خریدار ترغیب به خرید و سفارش ساخت می شود.

گردآورنده: هانیه حقیقی.