تحلیل مفهوم توربین‌های بادی دریایی شناور و نیمه شناور

علی طبرسا

کارشناس ارشد مهندسی عمران – سازه

Eng_Tabarsa@Yahoo.com

چکیده

در این مقاله، یک چشم انداز از فن آوری توربین های بادی دریایی شناور، مفاهیم کاربردی و داده می شود. توربین های بادی شناور به تازگی در صنعت توربین های بادی دریایی ظاهر شده است و روز به روز درحال توسعه و پیشرفت می‌باشند. در حال حاضر هیچ مزرعه بادی بر پایه توربین های بادی دریایی شناور وجود ندارد. با این وجود چندین واحد کوچک ساخته شده و در آینده ای نزدیک گسترش خواهد یافت. در این مقاله به برخی از این توربین های بادی نصب شده خواهیم پرداخت.

واژگان کلیدی: تحلیل، توربین بادی، دریایی، شناور، نیمه شناور

Analysis of Floating and Semisubmersible Offshore Wind Turbines concept

Ali Tabarsa

Master of Civil Engineering – Structures

Email: Eng_Tabarsa@Yahoo.com

Abstract:

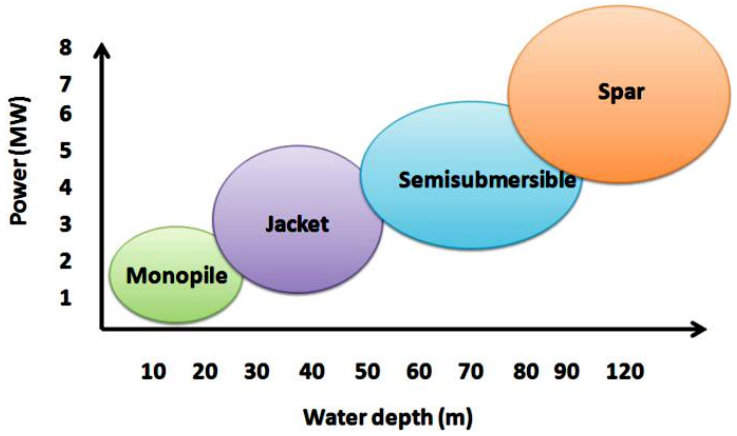
In this article, a perspective of floating offshore wind technology, applied concepts, and related statistics are given. Floating wind turbines are recently appeared in the offshore wind market. There is no wind park based on floating structures until now. However, some wind parks are planned to be constructed in near future. Several scaled units are installed. Some examples of commissioned floating wind turbines are discussed in this article.

Keywords: Floating, Semisubmersible, Offshore, Wind Turbines

۱.مقدمه

هنگامی که عمق آب افزایش می یابد، هزینه های مربوط به توربین های بادی دریایی ثابت نیز (به خصوص فونداسیون های مونوپایل و فونداسیون مبتنی بر گرانش) افزایش پیدا می‌کند. برای انواع دیگر فونداسیون ها مانند ژاکت در شکل توضیح داده شده است. با این حال هیچ تضمینی وجود ندارد که هزینه های تولید انرژی از هزینه های جاری کمتر شود. از این رو تکنولوژی توربین های بادی دریایی شروع به توسعه و امکان استفاده از توربین های شناور در آب های عمیق تر مانند ۱۵۰ متر کرده است. در شکل ۱رابطه بین قدرت و نیروی ارزیابی شده و عمق آب، برای مفاهیم مختلف توربین ثابت دریایی در مقابل توربین بادی شناور نشان داده شده است (2010)

شکل ۱ رابطه بین قدرت و نیروی ارزیابی شده و عمق آب، برای مفاهیم مختلف توربین ثابت دریایی در مقابل توربین بادی شناور



۲. پروژه توربین بادی دریایی شناور

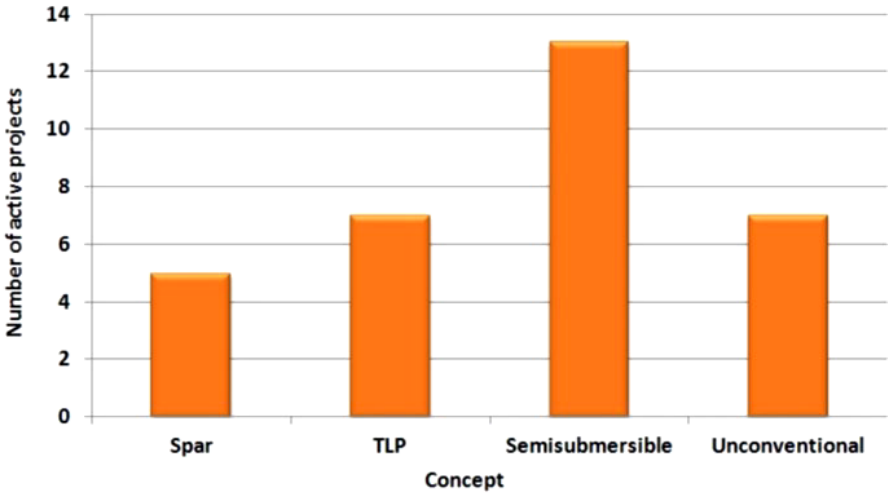
در میان سازه های پشتیبان[1]، سازه های شناور کمتر استفاده می شود با این وجود در آینده ای نزدیک از آنها به طور گسترده تری در پروژه های توربین های بادی شناور در آب های عمیق استفاده خواهد شد. هنگامی که عمق آب افزایش می یابد ، هزینه استفاده از توربین های ثابت به سرعت افزایش پیدا می‌کند. تحقیقات و بررسی های زیادی ، برای شناسایی عمق در استفاده از توزبین های بادی شناور در مقایسه با توربین بادی دریایی ثابت ، برای رسیدن به این سوال که آیا استفاده از سیستم شناور مقرون به صرفه هستند یا خیر ، در حال انجام است. عمق انتقال [2]برای این نوع از توربین ها بین ۱۰۰ متر الی ۱۵۰ متر می باشد. بسته به نوع شناور و مشخصات سایت، عمق گذار می تواند تحت تاثیر قراربگیرد ، و امکان استفاده مفهوم شناور برای عمق تعیین شده مشخص می شود. با این حال، روشن است که وقتی عمق آب بیش از ۱۰۰ متر است، مفاهیم شناور به احتمال زیاد مقرون به صرفه ترین راه حل هستند (2013).

انواع مختلفی از توربین های بادی شناور دریایی از صنعت نفت و گاز الهام گرفته شده، وجود داردکه بسیاری از آنها در مرحله مطلعات امکان سنجی و یا آزمایش در مقیاس کوچکتر می‌باشند. این بررسی و آزمایشات در حوضه اقیانوس ها و آزمایشگاه های هیدرودینامیکی برای برخی از مفاهیم انجام شده است (2013b). شبیه سازی عددی و تعیین معیار (بنچ مارک) برای مطالعه مفاهیم و توسعه سری تحلیلی مناسب در طول سال های گذشته انجام شده است. پروژه های مختلف

[1] support structures
[2] transition depth

تحقیقاتی مشترکی توسط دانشمندان و محققان در سراسر جهان انجام گرفته که شرکای اروپایی، آسیایی و آمریکایی بیشترین سهم را داشته اند. تمام این نکات نشان از امیت موضوع توربین بادی شناور در آینده این صنعت اشاره دارد. در حال حاضر حدود ۳۲ شناور در پروژه های دریایی در سطح جهان فعال هستند که نیمه شناور رایج ترین نوع آن می باشد (شکل ۲) . در جدول ۱ سه توربین های بادی شناور دریایی نصب شده با قدرت توربین بالاتر از ۱ مگاوات ذکر شده است (2013a).

شکل ۲ پروژه های توربین بادی شناور, طبقه بندی شده بر اساس مفهوم سازه پشتیبان



جدول ۱ توربین بادی دریایی شناور

نام	کشور	ظرفیت اسمی	مدل توربین	نوع سازه
WindFloat	پرتغال	2 MW	Vestas V80-2.0 MW	نیمه شناور ۳ ستونه
Fukushima	ژاپن	2 MW	Subaru 80/2.0	نیمه شناور ۴ ستونه
Hywind	نروژ	2.5 MW	Siemens SWT-2.3-82 VS	یدکی

۳.مفهوم توربین بادی شناور

توربین های بادی شناور توسط سازه های شناور پشتیبانی می شوند از این رو، دارای ۶ درجه آزادی است که توسط نیروی موج، باد، و اقیانوس بارهای موجود تحریک می شوند. همچنین سازه توسط لنگر انداختن، خطوط و طناب مهاری، پهلوگیری و بالاستینگ تثبیت و پایدار می شود. این دسته ازتوربین های دارای سازه های بسیار بزرگی هستند بطوری که وزن هر توربین به ازاء هر واحد ۲ الی ۵ مگاواتی, برابر ۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ تن است. این توربین ها بر پایه پلت فرم اسپار, پلت فرم پایه کششی[۳]، کشتی شکل (به عنوان مثال کرجی شکل) ، مفاهیم ترکیبی و اصلاشده و یا نیمه شناور می باشند. همانطور که قبلا اشاره شد، تعداد کمی از توربین های بادی شناور نصب و راه اندازی شده است. از جمله می توان به پروژه هایوایند[۴] در نروژ که در ساخت آن از توربین های ساخت شرکت زیمسس استفاده شده، همچنین پروژه وایندفلوت[۵] در پرتغال با توربین وستاس, و جدید ترین آن ها پروژه فوکوشیما [۶]در ژاپن نام برد. هر نوع شناور استوار و ثابت همچنین دارای قابلیت لنگر اندازی را می توان به عنوان یک ساختار پایه ای برای توربین های بادی شناور مورد استفاده قرار داد. ایده های زیادی در چندین پروژه مختلف مورد توجه قرار گرفت و مفاهیم و طرح های مختلفی برای توربین های بادی شناور، بررسی و معرفی شدند. ایده اصلی و کلی یافتن راه حل مقرون به صرفه ای است که بتواند در کوتاه مدت به رقابت با توربین های بادی دریایی بپردازد، همچنین با کاهش میزان دریافت یارانه برای راه اندازی و ساخت مزارع بادی دریایی در دراز مدت, بتواند با انرژی های هیدروکربن از جمله نفت و گاز، رقابت کند (2009).

با توجه به میزان بادهای دریایی، این انرژی یک منبع سطح بالا می باشد که با ارائه بادهای قوی تر و استوارتر، موجب افزایش تولید سالانه انرژی می شود. با توجه به چالش های فنی و مسائل مربوط به هزینه، مفاهیم خاص در آب هاب عمیق امکان پذیر است. به همین منظور می توان از سازه های اثبات شده در صنعت نفت و گاز به عنوان نقطه شروع برای طرح های بادی دریایی شناور استفاده کرد.

البته این نوع از سازه ها با توجه به الزامات مورد نیاز در صنعت توزبین بادی نیاز به تغییر و بررسی مجدد در طراحی می باشند. از این رو مسائل غیر ضروری، به عنوان مثال، عامل قابلیت اطمینان بالا که در صنعت نفت و گاز فاکتور مهمی محسوب میشود, در توربین های دریایی شناور از اهمیت پایین تری برخوردار است. در ادامه، در مورد برخی از مفاهیم اساسی بحث می شود (2012).

۴. توربین های بادی دریایی نیمه شناور

برخی از پروژه های بادی دریایی نیمه شناور در جدول ۲ ذکر شده است. این دسته از توربین های بادی دریایی را می توان در نزدیکی ساحل نصب و راه اندازی کرد سپس آنها را به سایت دریایی مورد نظر انتقال داد که این نحوه انتقال یک از مزیت های برتر این مفهوم به شمار می آید.

[3] tension-leg platform
[4] Hywind
[5] Windfloat
[6] Fukushima

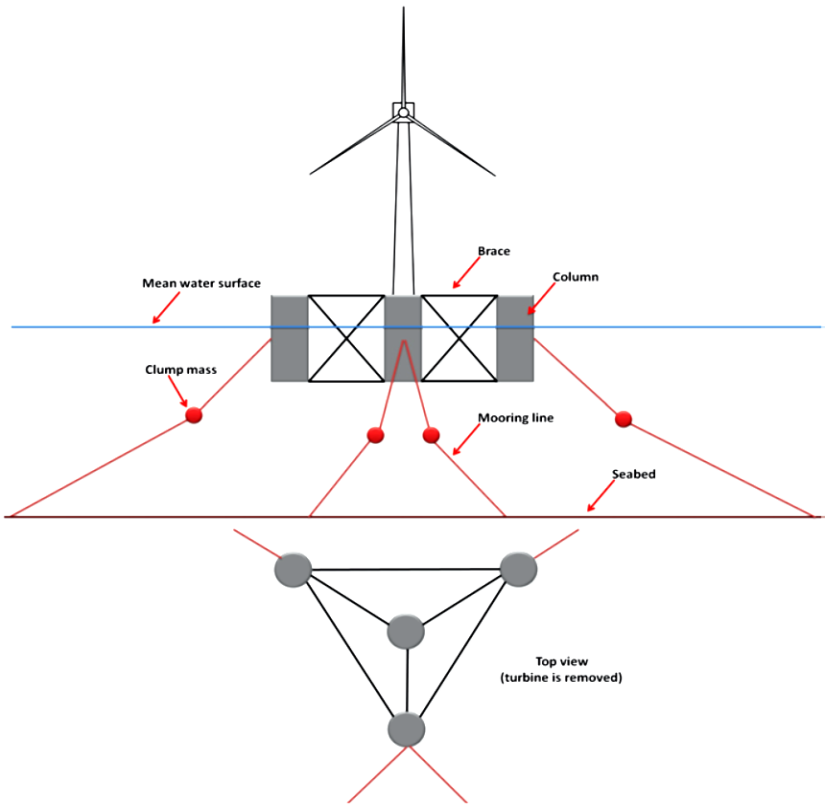
جدول ۲ پروژه های بادی دریایی نمیه شناور

شرکت سازنده	محل سایت	عمق آب	وضعیت	توسعه آینده	مراجع/وب سایت
WindFloat Principle power	پرتغال	۵۰ متر	۲ مگاوات تا سال ۲۰۱۱	نصب واحدهای بیشتر	www.principlepowerinc.com
Compact semisubmersible Mitsui Fukushima FORWARD	ژاپن	-	۲ مگاوات تا سال ۲۰۱۳	-	www.mes.co.jp
DeepCWind	آمریکا	-	یک نمونه کوچک ۲۰ کیلووات تا سال ۲۰۱۳	راه اندازی ۶ مگاوات تا سال ۲۰۱۷	www.deepcwind.org
HiPR Wind	اسپانیا	۸۰ متر	فاز طراحی	۱,۵ مگاوات برنامه ریزی شده	www.hiprwind.eu
Windflo Nass et wind	فرانسه	۵۰ متر	فاز طراحی	-	www.nass-et-wind.com
Vertiwind Technip	فرانسه	۵۰ متر	فاز طراحی	۲ مگاوات برنامه ریزی شده	www.technip.com
Mitsubishi Fukushima FORWARD	ژاپن	-	-	۷ مگاوات برنامه ریزی شده	www.mhi.co.jp
INFLOW Technip	فرانسه	-	-	۲ مگا وات	www.technip.com
شرکت سازنده	**محل سایت**	**عمق آب**	**وضعیت**	**توسعه آینده**	**مراجع/وب سایت**
GustoMSC Trifloater	-	۵۰	آزمایش مخزن	-	www.gustomsc.com

Hitachi	ژاپن	-	همکاری با استات اویل	-	www.hitachizosen.co.jp
Shimizu	ژاپن	۲۵ متر	فاز طراحی	-	www.shimz.co.jp
WEMU	روسیه	۵ متر	آزمایش نمونه اولیه	-	www.dvfu.ru
WindSea	نروژ	۲۵ متر	آزمایش مخزن به اتمام رسیده	-	www.windsea.no

پروژه های نیمه شناور در دو نوع با براکت و بدون براکت در بازار موجود می باشد. استقرار براکت در سازه عمر پدیده خستگی محدود می کند و در طراحی تاثیر می گذارد. برای مثال در فاز اول پروژه فوکوشیما از براکت استفاده شد و در فاز دوم، به عنوان یک ساختار پایه ای برای توربین بادی دریایی نیمه شناور ۷ مگاواتی مورد استفاده قرار گرفت. شکل ۳ طرح شماتیک یک توربین بادی دریایی نیمه شناور را نمایش می دهد (2010).

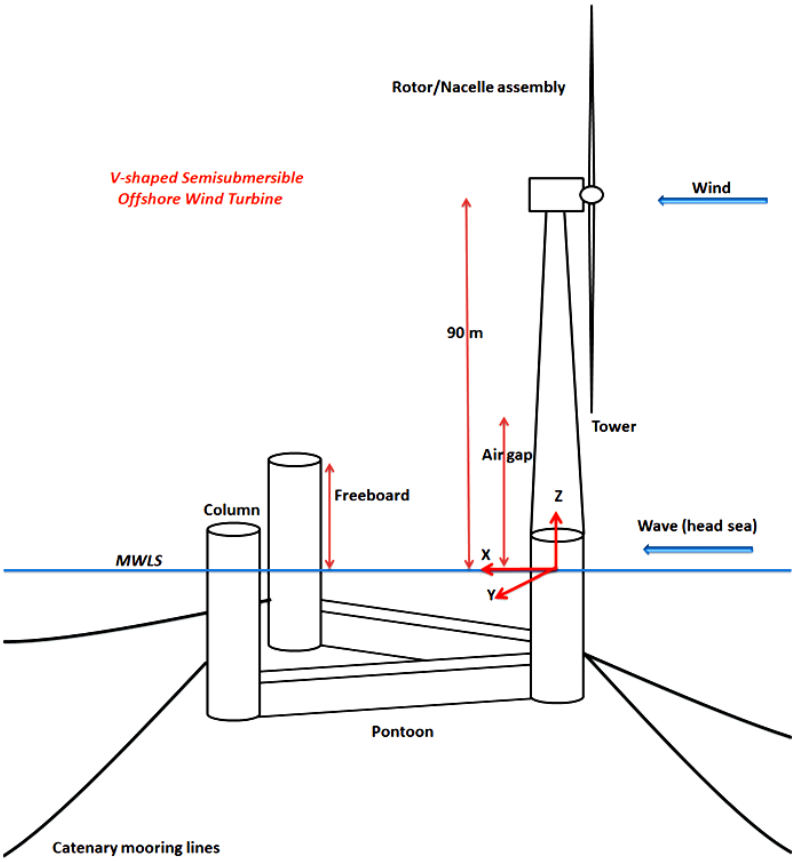
شکل ۳ طرح شماتیک توربین دریایی نیمه شناور



۱,۴ تحلیل پلت فرم نیمه شناور

سازه های نیمه شناور، شناور، با افزایش سطح روی آب، به ثبات و پایداری دست پیدا می کنند. آنها معمولا از ۴/۳ ستون بلند و باریک که توسط اسکله و براکت به یکدیگر متصل شده اند، تشکیل شده است (در صنعت نفت و گاز، می توانند بسته به طراحی، تعداد ستون بیشتری استفاده کرد). در این مفهوم لنگر خمشی، با مساحت سطح هر ستون و فاصله بین آنها مرتبط می باشد. فاصله بین مرکز ثقل [۷] و مرکز شناوری [۸] می تواند نیروی لنگر را (اگر مرکز جرم پایین باشد) افزایش دهد. با این حال، عامل اصلی پایداری و ثبات در سازه های نیمه شناور, ترتیب و نحوه چیدمان ستون ها همچنین مساحت سطح هریک از آنها می باشد. افزایش مساحت سطح به معنی افزایش نیروی هیدرودینامیکی است که به موجب آن به منظور مقابله با نیرو ها و بار های به وجود آمده، سختی سازه باید افزایش یابد. افزایش فاصله بین ستون ها نیز ، نیاز به سفت شدن بیشتر براکت و اسکله می‌باشد. در شکل ۴ یک مثال از مفهوم براکت و توربین بادی دریایی نیمه شناور (وی شکل) نشان داده شده است که در کرجی [۹] مستقیم به ستون متصل شده است (2013b).

شکل ۴ مفهوم براکت و توربین بادی دریایی نیمه شناور (وی)



[7] COG
[8] COB
[9] pontoons

۵. نتیجه گیری

با توجه به نکات ذکر شده مشخص شد توربین بادی دریایی نیمه شناور و شناور با توجه به قانون ارشمیدس پایدار است از این رو، وزن کل سازه با نیروی شناوری در تعادل می باشد. اگر پلت فرم به سمت پایین حرکت، حجم اضافه شده از قسمت غوطه ور شده ستون ، یک نیروی شناوری به سمت بالا اعمال می کند و سعی می کند سازه را به حالت اولیه بازگرداند و از ایجاد لنگر و پیچش جلوگیری میشود. در خصوص انحراف، جریان موج و نوسان با اقدامات لازم از قبیل طناب مهار (لنگر اندازی) ساختار پایدار میشود. پهلوگیری موجب پایداری سازه میشود در حالی که کمی آزادی های حرکتی برای برخی جهات وجود دارد. فرکانس طبیعی نوسان بسیار پایین تر از فرکانس موج می باشد.

۶. تشکر و قدردانی

با تشکر فراوان از جناب آقای دکتر کریمی راد بابت راهنمایی ها و لطفی که شامل حال این جانب داشته اند.

۷. مراجع

japanfs.org. (2009). World’s first hybrid spar-type platform for floating wind turbine succeeds in demonstration test. http://www.japanfs.org/en/news/archives/news_id029511.html

Muliawan, M. J., Karimirad, M., & Moan, T. (2013a). Dynamic response and power performance of a combined spar-type floating wind turbine and coaxial floating wave energy converter. Renewable Energy, 50, 47–57.

Muliawan, M. J., Karimirad, M., Gao, Z., & Moan, T. (2013b). Extreme responses of a combined spar-type floating wind turbine and floating wave energy converter (STC) system with survival modes. Ocean Engineering, 65, 71–82.

Pérez-Collazo, C., Jakobsen, M. M., Buckland, H., & Fernández-Chozas, J. (2013). Synergies for a wave-wind energy concept. EWEA, Offshore-2013.

statoil.com. (2012). Hywind. http://www.statoil.com/no/technologyinnovation/newenergy/renewablepowerproduction/offshore/hywind/pages/hywindputtingwindpowertothetest.aspx.

Stoutenburg, E. D., & Jacobson, M. Z. (2010). Optimizing offshore transmission links for marine renewable energy farms. USA: Stanford Univeristy.