

TRIỂN VỌNG VÀ TÍNH KINH TẾ CỦA HỆ THỐNG TUA-BIN ĐIỆN GIÓ NỔI NGOÀI KHƠI

PROSPECTS AND ECONOMICS OF FLOATING OFFSHORE WIND TURBINE SYSTEMS

PHẠM THỊ QUỲNH MAI*, NGUYỄN ĐẠI DƯƠNG

Khoa Kinh tế, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email liên hệ: mai.kt@vimaru.edu.vn

Tóm tắt

Trong những năm gần đây, tua-bin điện gió nổi ngoài khơi (TĐGNNK) đang dần được quan tâm như một nguồn năng lượng tái tạo mới trong bối cảnh các tua-bin điện gió cố định ngoài khơi (TĐGCDNK) đang dần chạm tới ngưỡng giới hạn về độ sâu. Nhiều dự án đã được đề xuất cùng với sự gia tăng nhanh về số lượng lắp đặt TĐGNNK; tuy nhiên, khía cạnh kinh tế vẫn còn bỏ ngỏ là một vấn đề được nhiều người quan tâm. Để đưa ra những giải pháp khả thi nhằm tiết kiệm chi phí, bài báo thực hiện so sánh phân tích chi phí cào bằng điện (LCOE, Levelized Cost of Electricity) giữa TĐGCDNK và TĐGNNK ngoài khơi. Những phân tích tài liệu tham khảo cùng với bảng phân chia chi phí được sử dụng để phân tách các khoản chi phí vào các mục khác nhau trong mỗi cấp độ. Sau khi tìm hiểu các lợi thế giảm chi phí của TĐGNNK, triển vọng về LCOE được phân tích nhằm đưa ra cái nhìn tổng quan cho TĐGNNK trong những năm tiếp theo. Cuối cùng, một số những yếu tố ảnh hưởng tới chi phí, ví dụ như lợi thế về quy mô, công suất tua-bin,... được đề cập và phân tích nhằm đưa ra những đề xuất giúp giảm thiểu chi phí cho TĐGNNK trong tương lai.

Từ khóa: Tua-bin điện gió nổi ngoài khơi, tua-bin điện gió cố định ngoài khơi, chi phí cào bằng điện.

Abstract

In recent years, floating offshore wind turbines (FOWT) have attracted more attention as a new renewable energy resource while bottom-fixed offshore wind turbines (BOWT) reach their limit of water depth. Various projects have been proposed with the rapid increase in installed floating wind power capacity, but the economic aspect remains as a biggest issue. To figure out sensible approaches for saving costs, a comparison analysis of the levelized cost of electricity (LCOE) between FOWT and BOWT

was carried out. A cost break-down and a literature review analysis were used to itemize the costs into its various components in each level. After emphasizing the cost-reduction advantages of a FOWT, its LCOE outlook is provided to give a brief overview in the following years. Finally, some estimated cost drivers, such as economics of scale, wind turbine rating, etc are outlined as proposals for floating wind LCOE reduction.

Keywords: Floating offshore wind turbine, bottom-fixed offshore wind turbine, levelized cost of electricity.

1. Tổng quan tình hình nghiên cứu

Năng lượng xanh luôn là đề tài nóng trong những năm gần đây. Một trong những nguồn năng lượng sạch chính là năng lượng gió, một nguồn năng lượng dồi dào vô tận, có sự phát triển rất mạnh mẽ với 2 loại chính là điện gió trên bờ và điện gió ngoài khơi. Với lợi thế về địa lý, Việt Nam có rất nhiều tiềm năng để phát triển điện gió ngoài khơi. Thêm vào đó, Việt Nam cũng đã cam kết giảm phát thải khí các-bon về không vào mốc năm 2050. Do vậy, Việt Nam cũng đang hướng tới kế hoạch phát triển những dự án điện gió ngoài khơi trong tương lai gần, tuy nhiên mới chỉ dừng ở những dự án về điện gió cố định gần bờ (Nghị quyết số 55-NQ/TW về định hướng Chiến lược phát triển năng lượng quốc gia của Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045, Dự thảo Quy hoạch điện VIII). Tiềm năng về điện gió xa bờ còn rất lớn, nhưng với hạn chế về công nghệ cũng như lợi thế về kinh tế giảm dần theo độ sâu của mực nước biển, điện gió cố định lại không thể trở thành phương án tối ưu lâu dài. Điện gió nổi ngoài khơi là một lĩnh vực nghiên cứu mới mẻ, cần được tìm hiểu và nghiên cứu sâu hơn, như một giải pháp thay thế cho hạn chế của điện gió cố định ngoài khơi. Một loạt những nghiên cứu về điện gió nổi ngoài khơi đã đưa ra những giới thiệu tổng quát về những dự án cũng như tiềm năng phát triển trong tương lai của dạng năng lượng này. Trong nghiên cứu của Beiter et.al.,(2017), ông và nhóm cộng sự đã đưa ra những đánh giá dựa trên mô hình chi phí

về LCOE để tiếp cận tiềm năng kinh tế của công nghệ điện gió ngoài khơi, bao gồm điện gió cố định và điện gió nổi tầm nhìn tới năm 2030. Kết quả chỉ ra rằng mặc dù điện gió nổi ngoài khơi vẫn là một công nghệ mới nhưng tới năm 2027, công nghệ này được dự đoán là sẽ phát triển đáng kể với tổng công suất gió chiếm 70% tổng công suất tài nguyên gió ngoài khơi trong vực tài nguyên kỹ thuật của Hoa Kỳ. Trong bài nghiên cứu của DNV-GL (công ty về cung cấp dịch vụ quản lý rủi ro của Bỉ), đã dự đoán rằng tổng công suất của điện gió nổi có thể đạt tới 250GW với chi phí giảm 70% vào năm 2050, và để đạt được điều này, thách thức hiện tại là cần chuyển nhanh sang các dự án thương mại của điện gió nổi. Ngoài ra, qua nghiên cứu phân tích chi phí thuộc chương trình Horizon2020 của Liên minh châu Âu (LIFE50+, dự án liên quan tới phát triển năng lượng điện gió nổi) có thể thấy được điện gió nổi có thể là một giải pháp cạnh tranh về chi phí so với điện gió cố định và các công nghệ khác. Tuy nhiên, tại Việt Nam những nghiên cứu về lĩnh vực này chưa nhiều do còn hạn chế về mặt công nghệ cũng như những vướng mắc trong chính sách phát triển các dự án đầu tư nước ngoài. Dù vậy, đây vẫn được coi là 1 lĩnh vực tiềm năng cần phát triển trong tương lai để tăng trưởng lâu dài và bền vững.

Bài nghiên cứu dưới dạng tổng hợp kiến thức về điện gió nổi ngoài khơi. Thông qua việc phân tích những tài liệu tham khảo cùng với phân tích bảng phân chia chi phí để tìm hiểu những thành phần chính trong chi phí LCOE của tua-bin điện gió nổi ngoài khơi để tìm ra những yếu tố tác động đến chi phí đó. Phạm vi nghiên cứu tập trung so sánh giữa 2 loại tua-bin điện gió ngoài khơi, dạng cố định và dạng phao nổi, trong khoảng thời gian từ khi dự án đầu tiên về tua-bin điện gió nổi được công bố trên thế giới cho tới nay.

2. Giới thiệu tổng quát về hệ thống tua-bin điện gió nổi ngoài khơi

Với ưu điểm về tốc độ gió nhanh hơn và ổn định hơn, sự phát triển của những trang trại điện gió ngoài khơi đã làm tăng nhanh thị phần của năng lượng gió ngoài khơi trong những năm trở lại đây. Đặc biệt, các trang trại gió cố định ngoài khơi hiện đang trở nên cạnh tranh hơn so với những trang trại cố định trên bờ do chi phí đã giảm đáng kể.

Theo một báo cáo khác của nhóm nghiên cứu tại Wind Europe, khoảng 80% tiềm năng của năng lượng gió ngoài khơi nằm ở khu vực nước có độ sâu hơn 60m. Con số này tương ứng với khoảng 4.000GW ở châu Âu, 2.450GW ở Mỹ và 500GW ở Nhật Bản. Với yêu cầu kết cấu nền lớn hơn cùng chất liệu thép cứng cáp hơn,

điều này sẽ đem lại bất lợi về kinh tế đối với tua-bin điện gió cố định ngoài khơi tại mực nước lớn hơn 60m. Do đó, mối quan tâm tới các tua-bin điện gió nổi ngoài khơi (TĐGNNK) đang tăng lên nhanh chóng như một giải pháp thay thế cho tiềm năng điện gió ngoài khơi chưa qua bàn tay khai thác của con người.

Điện gió nổi ngoài khơi (ĐGNNK) là phương pháp sản xuất điện thông qua tua-bin gió kết nối với phần phụ trợ đóng vai trò như một phao nổi, giúp tua-bin gió nổi trên mặt nước mà không cần cố định với đáy biển. Ý tưởng về ĐGNNK được nhen nhóm từ đầu những năm 2000 cho tới năm 2009 được giới thiệu với thế giới thông qua việc lắp đặt nguyên mẫu đầu tiên với tên gọi Hywind Demo, là một TĐGNNK có đường kính cánh quạt là 82,4m với công suất 2,3MW được thử nghiệm tại phía Đông nam của Karmøy, Na Uy ở trên mặt biển trong khu vực có độ sâu 220m. Với sự khởi đầu bằng Hywind Demo, cho tới nay, tổng công suất TĐGNNK được lắp đặt đã tăng nhanh chóng và đạt khoảng 124 MW vào năm 2020. Các dự án thí điểm của TĐGNNK đang được thực hiện và chạy thử chủ yếu tại các nước như Na Uy, Bồ Đào Nha, Anh, Pháp, Nhật Bản và Mỹ.

ĐGNNK không chỉ làm tăng tổng sản lượng năng lượng tái tạo tại các khu vực biển sâu mà còn giúp giảm thiểu suy thoái hệ sinh thái, giảm thiểu khiêu nại dân sự cũng như các vấn đề khác như tiếng ồn, do đó; xu hướng tập trung vào năng lượng gió đã lan ra toàn thế giới trong những năm gần đây.

Mặc dù có thể nhận thấy được những ưu điểm vượt trội đó của TĐGNNK, chúng vẫn là những khái niệm còn khá non trẻ so với những TĐGCĐNK, chính vì vậy, chúng vẫn khiến các nhà đầu tư hết sức lo ngại tính khả thi về mặt kinh tế. Trong bối cảnh đó, LCOE của TĐGNNK và TĐGCĐNK cần được phân tích để tìm hiểu tính khả thi về kinh tế. Thông qua đó, xác định các yếu tố chính ảnh hưởng tới chi phí của TĐGNNK để tiến hành đưa ra những giải pháp cải thiện.

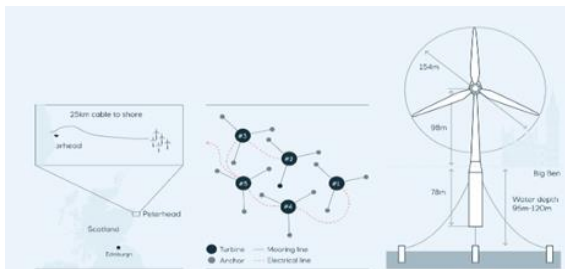
3. Khái quát về thị trường điện gió nổi hoàn toàn

Sau khi TĐGNNK đầu tiên trên thế giới, Hywind Demo được đưa vào vận hành năm 2009, tổng công suất lắp đặt của TĐGNNK đã tăng đều đặn lên tới 124MW vào đầu năm 2020, với 90% được lắp đặt tại châu Âu. Mỹ, Nhật Bản và Hàn Quốc đang chuẩn bị thực hiện một số dự án thử nghiệm và đẩy nhanh sự phát triển của TĐGNNK vào những năm đầu của thập kỷ 2020 (theo Bảng 1). Theo báo cáo của IRENA năm 2019, việc lắp đặt TĐGNNK được dự báo sẽ đạt 10-30 (GW) vào năm 2030 và lên tới 250GW vào năm 2050.

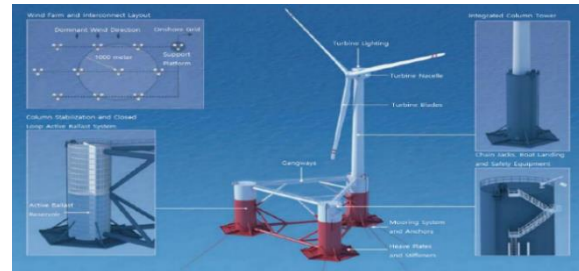
Bảng 1. Một số dự án trang trại điện gió nổi ngoài khơi dự kiến đi vào hoạt động vào năm 2022

Tên dự án	Quốc gia	Tổng công suất [công suất tua-bin]	Năm hoàn thành
Hywind Scotland	Anh	30 MW [6 MW × 5]	2017 (đang hoạt động)
Wind Float Atlantic	Bồ Đào Nha	25 MW [8,3 MW × 3]	2020 (đang hoạt động)
Kincardine	Anh	50 MW [2 MW × 1, 96 MW × 5]	2021
Groix and Belle-Ile	Pháp	28,5 MW [9,5 MW × 3]	2021/2022
EFGL	Pháp	30 MW [10 MW × 3]	2021/2022
EolMed	Pháp	30 MW [10 MW × 3]	2021/2022
PGL wind farm	Pháp	25,2 MW [8,4 MW × 3]	2021/2022
Goto City	Nhật Bản	22 MW [2MW × 1, 5 MW × 4]	2021/2022
Hywind Tampen	Na Uy	88 MW [8 MW × 11]	2021/2022

Nguồn: Nhóm Tác giả tổng hợp



Nguồn: Equinor

Hình 1. Mô hình Hywind Scotland

Nguồn: PPI

Hình 2. Mô hình WindFloat Atlantic (PPI)

Trong số các dự án thử nghiệm về TĐGNNK trên thế giới, dự án Hywind của Equinor (công ty dầu khí đa quốc gia của Na Uy) và dự án WindFloat của PPI (công ty Principle Power của Bồ Đào Nha) được coi là hai dự án tiên phong nhất. Sau thành công của Hywind Demo năm 2009, Equinor đã xây dựng một trang trại thí điểm có tên là Hywind Scotland, trang trại TĐGNNK đầu tiên trên thế giới (theo Hình 1). Hywind Scotland được trang bị 5 tua-bin điện gió có công suất 6MW gắn trên phao nổi tại vùng nước có độ sâu 95-120m, bắt đầu đi vào hoạt động từ tháng 10 năm 2017. PPI đã lắp đặt một tua-bin điện gió có công suất 2MW trên loại phao nổi kiểu bán chìm (semi-submersible), được gọi là dự án WindFloat 1 vào năm 2011. Việc hoàn thành thành công dự án đã mở đường cho sự phát triển của trang trại TĐGNNK, dự án WindFloat Atlantic (theo Hình 2). Đó là một trang trại TĐGNNK nằm cách bờ biển Bồ Đào Nha 20km và được đưa vào vận hành từ cuối năm 2020. Dự án được coi là trang trại TĐGNNK với loại phao bán chìm đầu tiên trên thế giới bao gồm 3 tua-bin điện gió với công suất 8,4MW.

Trong 5 năm đầu hoạt động, theo ghi nhận của bên khai thác, WindFloat 1 đã tạo ra hơn 11GWh sản lượng điện với hệ số công suất trung bình trong 5 năm là 47%, tua-bin gió đã chịu được độ cao sóng cực đại thực tế là 18m và không có thiệt hại về cấu trúc nào được báo cáo. Hywind Demo đã chịu được độ cao sóng cực đại lên tới 19m, sản xuất khoảng 55GWh sản lượng điện với hệ số công suất trung bình hàng năm khoảng 50% vào năm 2011. Sau khi đi vào hoạt động năm 2017, trang trại Hywind Scotland đã ghi nhận hệ số công suất lên tới 65% trong ba tháng đầu tiên hoạt động và hệ số trung bình là 56% trong hai năm đầu hoạt động. Với hệ số công suất lớn như vậy, TĐGNNK đã thể hiện được sức cạnh tranh mạnh mẽ so với TĐGĐNK có hệ số công suất nhỏ hơn 40%.

4. Chi phí LCOE của điện gió nổi ngoài khơi

Tính kinh tế của các nguồn năng lượng được đánh giá thông qua LCOE, chi phí cào bằng điện, là chi phí sản xuất điện năng trung bình trong suốt thời gian hoạt động của máy phát điện và có nghĩa là chi phí phát điện trung bình thực tế (USD) trên một đơn vị điện

năng (kWh) do một nhà máy điện sản xuất. LCOE được tính bằng tỷ số giữa giá trị hiện tại của tổng chi phí của máy phát điện và giá trị hiện tại của tổng lượng điện được tạo ra, được biểu thị bằng công thức số sau:

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{Q_t}{(1+i)^t}}$$

Trong đó C_t là tổng chi phí sản xuất điện năng trong năm t , Q_t là tổng sản lượng điện năng sản xuất trong năm t , i là tỷ lệ chiết khấu và n là số năm hoạt động của nhà máy phát điện.

4.1. Chi phí vốn

Chi phí liên quan tới tua-bin điện gió bao gồm chi phí vốn, chi phí nhiên liệu, chi phí vận hành-bảo trì và chi phí thị trường về phát thải khí nhà kính (GHG). Đối với năng lượng tái tạo như tua-bin điện gió, chi cần tính đến chi phí vốn và chi phí vận hành-bảo trì vì chi phí nhiên liệu và chi phí về phát thải khí nhà kính không phát sinh.

Bảng 2 cho ta thấy các thành phần chính của chi phí vốn thông qua phân tích một số tài liệu tham khảo.

Bảng 2 Thành phần chính của chi phí vốn tua-bin điện gió ngoài khơi dựa theo các tài liệu tham khảo

Nghiên cứu	TĐGCĐNK	TĐGNKK	Ghi chú
Harries and Grace, 2015	CP phát triển: 4% CP tua-bin: 45% CP phần phụ trợ: 33% CP lắp đặt: 18%	CP phát triển: 2% CP tua-bin: 21% CP phần phụ trợ: 73% CP lắp đặt: 4%	Dựa trên số liệu năm 2015 của TĐGCĐNK Dựa trên số liệu năm 2020 của TĐGNKK
Gabriela et al., 2016	CP phát triển: 4% CP tua-bin: 39% CP phần phụ trợ: 31% CP lắp đặt: 26%	CP phát triển: 4,8% CP tua-bin: 37,6% CP phần phụ trợ: 44,5% CP lắp đặt: 13,1%	Dựa trên giả định về CP của tua-bin cấp 10 MW
Tyler et al., 2019	CP phát triển: 5,1% CP tua-bin: 31,9% CP phần phụ trợ: 40,9% CP lắp đặt: 22,1%	CP phát triển: 4,7% CP tua-bin: 24,4% CP phần phụ trợ: 47,1% CP lắp đặt: 23,8%	Dựa trên giả định về CP của trang trại 600 MW với 10 tua-bin
Lerch, 2019	CP phát triển: 5% CP tua-bin: 40% CP phần phụ trợ: 31% CP lắp đặt: 25%	CP phát triển: 5% CP tua-bin: 39% CP phần phụ trợ: 50% CP lắp đặt: 6%	Dựa trên TĐGCĐNK 4,14 MW Dựa trên TĐGNKK 10 MW

Nguồn: Nhóm Tác giả tổng hợp

Bảng 3 Đặc điểm của các dạng phao nổi

Mục/dạng phao nổi	Phao nổi dạng cột	Phao nổi bán chìm	Phao nổi TLP
Trọng lượng	Nặng	Nặng	Nhẹ
Độ nhạy với sóng biển	Thấp	Cao	Thấp
Phương pháp duy trì ổn định	Nước dẫn	Lực đẩy nổi	Dây neo
Mức độ phức tạp chế tạo(MCF) ¹⁾	120%	200%	130%
Độ sâu mực nước	> 100 m	> 50 m	> 50 m

1) MCF: Mức độ phức tạp chế tạo tương đối so với móng monopile, móng cơ bản nhất của TĐGCĐNK

Nguồn: Jung and Lee (2020)

tâm nghiên cứu và cải tiến công nghệ của Anh (ORE Catapult) năm 2019, đối với trường hợp tua-bin gió không hộp số tăng công suất từ 5MW lên 10MW thì chi phí máy phát điện tăng gấp đôi.

Chi phí phần phụ trợ bao gồm phao nổi của tua-bin điện gió, hệ thống neo và cáp kết nối. Từ trước cho tới nay đã có hơn 40 khái niệm về phao nổi được đưa ra, nhưng có thể tổng kết chung lại thành ba loại chính: phao nổi dạng cột (spar), phao nổi bán chìm (semi-submersible) và phao nổi giàn chân căng (tension leg platform, TLP). Phao nổi dạng cột có cấu trúc ổn định bằng dầm với mớn nước lớn thích hợp cho vùng nước sâu. TLP là một cấu trúc ổn định bằng sức căng do sử dụng dây chằng, do đó, bề mặt đáy biển cần đủ cứng để lắp đặt và chi phí lắp đặt cũng từ đó tăng theo độ sâu của nước. Đối với phao nổi bán chìm, với kết cấu ổn định dây neo, nó phù hợp với vùng nước từ nông đến sâu (theo Bảng 3).

Theo cơ sở dữ liệu của Hội đồng Năng lượng gió Toàn cầu (GWEC), vào cuối năm 2020, 67% TĐGNNK trên thị trường sử dụng dạng phao nổi bán chìm. Mặc dù phao nổi dạng cột và TLP có thể làm giảm chi phí chế tạo do trọng lượng nhẹ hơn, nhưng các quy trình vận chuyển, lắp đặt phức tạp hơn so với dạng phao nổi bán chìm. Ngược lại, phao nổi bán chìm tuy cần quy trình sản xuất phức tạp hơn và cần nhiều thép hơn nhưng lại có ưu điểm như dễ vận chuyển và lắp đặt.

Các TĐGCĐNK và TĐGNNK có sự khác biệt cơ bản về chi phí phần phụ trợ. Với thiết kế phần phụ trợ đơn giản nên chi phí tua-bin chiếm tỷ trọng lớn nhất trong tổng chi phí sản xuất TĐGCĐNK. Nói cách khác, việc ứng dụng thiết kế nền tảng của tua-bin điện gió trên bờ có thể được áp dụng lại cho thiết kế của TĐGCĐNK. Ngược lại, vì tốn rất nhiều chi phí để thiết kế và xây dựng kết cấu phao nổi, nên hầu hết các tài liệu tham khảo đều ước tính chi phí phần phụ trợ của TĐGNNK chiếm tỷ trọng lớn hơn. Ví dụ, theo kết quả nghiên cứu của Phòng thí nghiệm Năng lượng tái tạo Quốc gia Mỹ (NREL), dựa trên một tua-bin gió công suất 6MW, sự khác biệt giữa chi phí tua-bin và chi phí phần phụ trợ của TĐGCĐNK là khoảng 9%, nhưng tỷ lệ này ở TĐGNNK lại lên tới 22,7% (theo Bảng 2). Nguyên nhân của điều này là do phần phao nổi của tua-bin điện gió chiếm tỷ trọng lớn trong chi phí phần phụ trợ. Khi công nghệ về kết cấu phao nổi phát triển về thiết kế và sản xuất thì chi phí này được dự kiến sẽ giảm nhiều.

Chi phí vận chuyển - lắp đặt bao gồm chi phí vận chuyển, chi phí lắp đặt và chi phí ngừng vận hành. Chi

phí vận chuyển - lắp đặt chủ yếu phụ thuộc vào loại kết cấu phao nổi. Dạng phao nổi bán chìm được lắp ráp trên mặt đất hoặc tại xưởng đóng tại bờ biển và được kéo tới vị trí lắp đặt ngoài khơi nên quá trình lắp đặt đơn giản hơn và do đó chi phí vận chuyển-lắp đặt của dạng phao nổi này cạnh tranh hơn so với các dạng phao nổi khác. Phao nổi dạng cột cần được kéo một khoảng cách nhất định tới nơi có đủ độ sâu mực nước để dựng đứng và làm nổi bằng nước dầm. Sau đó các cấu trúc bên trên của tua-bin từng bước được lắp ghép và sẽ được lai dắt tới địa điểm lắp đặt chính thức. Đối với phao nổi dạng TLP, có nhiều cách để lắp ráp như có thể được lắp ráp trên bờ và được lai dắt bằng tàu kéo hoặc được vận chuyển bằng thiết bị nổi đặc biệt tới địa điểm lắp đặt. Vì vậy, khác với TĐGCĐNK, trong quá trình lắp đặt không nhất thiết phải sử dụng tàu thao tác tự nâng hạ trên biển. Chi phí thuê tàu thao tác tự nâng hạ trên biển 1 ngày khoảng 182.625USD¹ trong khi đối với tàu kéo chỉ khoảng 36.525USD một ngày, tiết kiệm được gấp 5 lần chi phí.

4.2. Chi phí vận hành và bảo trì

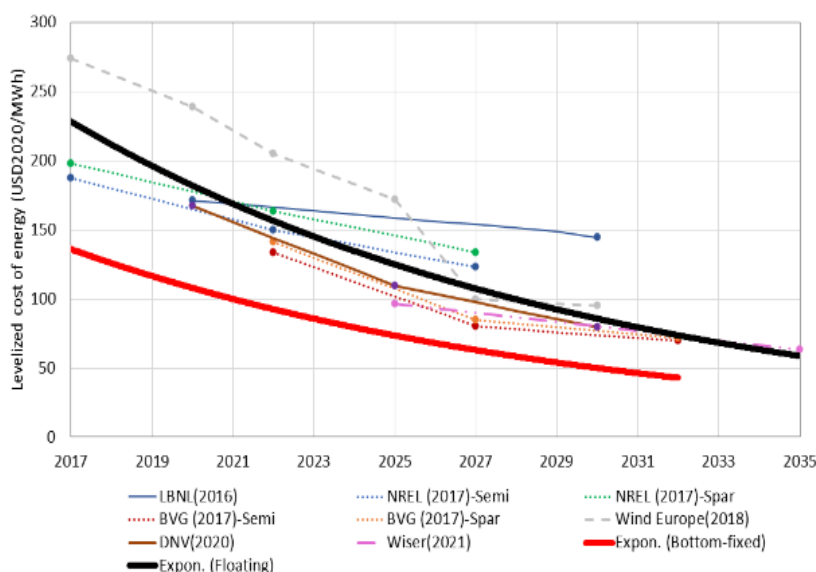
Chi phí vận hành và bảo trì là cần thiết để vận hành và bảo trì tua-bin điện gió trong suốt quá trình hoạt động của nó. Chi phí này chủ yếu được phân loại thành chi phí vận hành và chi phí bảo trì. Tỷ trọng phần chi phí này khá tương đồng giữa TĐGCĐNK và TĐGNNK, chiếm khoảng 22-34% của LCOE. Chi phí bảo trì chiếm tỷ trọng lớn trong khoản chi phí vận hành và bảo trì. Được biết, do hệ thống bánh răng phức tạp chi phí bảo dưỡng của tua-bin loại có hộp số cao hơn chi phí bảo dưỡng của tua-bin loại không có hộp số (loại tua-bin chỉ có máy phát điện nối trực tiếp với trục quay rô-tơ). TĐGNNK dạng phao bán chìm có thể được lai dắt trở lại bãi sửa chữa gần bờ bất cứ khi nào để bảo trì, do đó, nó có lợi thế hơn so với loại TĐGCĐNK.

4.3. Một số giải pháp giảm thiểu chi phí cho sản xuất năng lượng gió ngoài khơi

Hình 3 cho ta thấy LCOE được dự đoán của các TĐGCĐNK và TĐGNNK thông qua nhiều tài liệu tham khảo. Các đường liền nét dày màu đỏ và đen lần lượt là các đường xu hướng của TĐGCĐNK và TĐGNNK. Đường màu đen giảm nhanh hơn đường màu đỏ, điều này cho thấy LCOE của các TĐGNNK có khả năng giảm nhanh hơn TĐGCĐNK trong tương lai.

Mặc dù dữ liệu chỉ dựa trên một số dự án thí điểm, nhưng LCOE của TĐGNNK rơi vào khoảng 180-275 (USD/MWh), gần gấp đôi so với TĐGCĐNK vào thời

¹ Tỷ giá chuyển đổi 1.0 £ = 1.21750 USD



Nguồn: Nhóm Tác giả tổng hợp

Hình 3. LCOE dự báo của TĐGNNK so sánh với TĐGCĐNK

điểm năm 2017. LCOE của các TĐGNNK dự kiến sẽ giảm còn 135-175 (USD/MWh) sau năm 2022 và thậm chí sẽ còn giảm xuống khoảng 60USD/MWh vào năm 2035, gần như loại bỏ sự khác biệt về LCOE với TĐGCĐNK.

Có nhiều yếu tố ảnh hưởng tới chi phí của TĐGNNK như quy mô phát triển, công suất của tua-bin, chi phí phần phụ trợ hay chi phí hòa vào lưới điện,... Ví dụ, so với một dự án thí điểm, chi phí vốn của dự án có quy mô thương mại giảm đáng kể. Một tổ chức của Anh, Carbon Trust ước tính rằng chi phí vốn của trang trại điện gió ngoài khơi có thể giảm tới 48% khi mở rộng quy mô từ một dự án thử nghiệm sang dự án trang trại thương mại lớn. Equinor cũng báo cáo rằng chi phí vốn của trang trại TĐGNNK đầu tiên trên thế giới Hywind Scotland đã giảm 60-70% so với dự án thử nghiệm ban đầu Hywind Demo.

Sự tiết kiệm chi phí lớn nhất cho các dự án trang trại điện gió ngoài khơi chính là ở kích thước của tua-bin. Công suất của tua-bin đang ngày càng tăng nhưng cũng cần phát triển công nghệ hỗ trợ để lắp đặt. Lĩnh vực điện gió ngoài khơi đang ở thời điểm chuyển tiếp do cần phát triển các cần trục và tàu mới để chịu được các yêu cầu về độ cao, tầm với cũng như sức nâng của các cấu trúc này, có thể ảnh hưởng tới sự phát triển của tua-bin. Tuy nhiên, thị trường tua-bin gió tiếp tục mở rộng và công nghệ thiết kế, chế tạo các tua-bin điện gió lớn càng ngày càng phát triển. Tính đến năm 2021, các tua-bin 9,6MW đã được sử dụng trong trang trại TĐGNNK (dự án WindFloat Kincardine), và người

ta cho rằng các tua-bin điện gió công suất 15MW sẽ được sử dụng từ năm 2030 và các tua-bin điện gió 20MW sẽ được sử dụng từ năm 2037 tại Anh.

Hiện nay, tuy hầu hết các tua-bin điện gió ngoài khơi được cải tạo lại từ tua-bin trên bờ, nhưng cần phát triển tua-bin chuyên biệt dành cho các tua-bin điện gió ngoài khơi, đặc biệt là TĐGNNK. Phân đồng các tua-bin trên thị trường hiện nay có hợp số, nhưng các hợp số này yêu cầu chi phí bảo trì cao hơn so với tua-bin không có hợp số. Các tua-bin không hợp số phù hợp hơn ở ngoài khơi vì nó yêu cầu chi phí bảo trì thấp cho các bộ phận rô-tơ kết nối trực tiếp với máy phát điện.

Sự đổi mới liên tục trong thiết kế và hiệu suất của kết cấu phao nổi, chiếm tỷ trọng lớn trong chi phí vốn, sẽ có tác động đáng kể đến tổng chi phí. Ngoài ra, sự phát triển của vật liệu cáp neo đậu và tiêu chuẩn hóa thiết kế hệ thống neo đậu đều có tiềm năng giảm thiểu chi phí. Ý tưởng thiết kế tích hợp của hệ thống neo và kết cấu phao nổi không chỉ giúp giảm thiểu chi phí mà còn giảm thời gian vận chuyển, lắp đặt và bảo trì. Ví dụ, mục tiêu của dự án COREWIND (giảm chi phí và tăng hiệu suất của công nghệ điện gió nổi) do Horizon 2020 thúc đẩy là giảm 15% LCOE của TĐGNNK thông qua các cải tiến trong hệ thống neo và cáp điện.

5. Kết luận

Sự khác biệt chính giữa TĐGCĐNK và TĐGNNK chính là tỷ trọng chi phí phần phụ trợ. Trong khi chi phí tua-bin điện gió được đánh giá chiếm tỷ trọng cao nhất trong TĐGCĐNK thì đối với TĐGNNK, chi phí

phần phụ trợ lại đòi hỏi nhiều hơn những chi phí khác. Vì có nhiều dạng thiết kế phao nổi khác nhau, chi phí phần phụ trợ và chi phí vận hành - bảo trì cũng có thể được giảm bớt bằng cách lựa chọn hoặc phát triển dạng thiết kế phao nổi phù hợp với điều kiện của khu vực lắp đặt. TĐGNNK dự kiến sẽ cạnh tranh hơn so với TĐGCĐNK thông qua một số chi phí thành phần thấp hơn.

Hiện tại, LCOE của TĐGNNK cao gấp 1,5-2 lần so với TĐGCĐNK, nhưng thông qua sự phát triển công nghệ và giảm chi phí, LCOE của TĐGNNK dự kiến xấp xỉ tương đương với TĐGCĐNK vào năm 2035. Bằng cách giảm LCOE thông qua một số yếu tố ảnh hưởng như quy mô phát triển, công suất tua-bin, giảm chi phí phần phụ trợ, giảm chi phí hòa vào lưới điện,..., dự kiến TĐGNNK có thể trở thành động lực quan trọng hỗ trợ chuyển đổi năng lượng sạch trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Harries, T., & Grace, A. (2015), *Floating Wind: Buoyant Progress, Wind-Research Note*, Bloomberg-New Energy Finance.
- [2] Tyler, S., Philipp, B., & Patrick D. (2019), *Cost of Wind Energy Review*, NREL/TP -5000-7847, US: National Renewable Energy Laboratory. <https://www.nrel.gov/docs/fy21osti/x78471.pdf>.
- [3] Lerch, M. (2019), *LIFES50+ D2.8: Expected LCOE for Floating Wind Turbines 10MW+ for 50m+ Water Depth*, Ref. Ares (2019)2889481, IREC.
- [4] Spearman, D.K., & Strivens, S. (2020), *Floating Wind Joint Industry Project - Phase II Summary Report*, UK: Carbon Trust.
- [5] Beiter, P., Musial, W., Kilcher, L., Maness, M., & Smith, A. (2017), *An Assessment of the Economic Potential of Offshore Wind in the United States from 2015 to 2030* (Technical Report NREL/ TP-6A20-67675, National Renewable Energy Laboratory.
- [6] DNV GL. (2020), *Floating Wind: The Power to Commercialize, Insights and Reasons for Confidence*, Norway.
- [7] Jame, R., & Costa Ros, M. (2015), *Floating Offshore Wind: Market and Technology Review*, UK: Carbon trust.
- [8] Offshore Renewable Energy Catapult (OREC). (2019), *Guide to an Offshore Wind Farm: Updated and Extended*.
- [9] WindEurope. (2018), *Floating Offshore Wind Energy: A Policy Blueprint for Europe*.
- [10] OECD Nuclear Energy Agency (OECD NEA). (2018), *The Full Cost of Electricity Provision: Extended Summary*, (NEA No.7437). France.
- [11] IRENA. (2019), *Future of Wind: Deployment, Investment, Technology, Grid Integration and Socio-Economic Aspects* (A Global Energy Transformation paper). Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- [12] Jung, J, H., & Lee, S, J. (2020), *Enforcement Situation of Floating Offshore Wind Power and Technology Overview*, Korea Electric Power Corporation.

Ngày nhận bài:	24/11/2022
Ngày nhận bản sửa:	05/12/2022
Ngày duyệt đăng:	21/12/2022