



Tác giả: TS. Nguyễn Xuân Hiếu

Đơn vị công tác: Nghiên cứu viên, Đại học Thành phố Tokyo (Tokyo City University)
Giảng viên, Khoa Cơ-Điện, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

Email: hieunx@tcu.ac.jp
hieu.nguyen_htd@hotmail.com

Nguyễn Xuân Hiếu lấy bằng thạc sĩ ngành kỹ thuật điện tại Đại học Wollongong, Úc năm 2012, bằng tiến sĩ ngành kỹ thuật điện và máy tính tại trường Đại học Quốc lập Yokohama, Nhật Bản năm 2019. Hiện nay, anh đang làm nghiên cứu viên sau tiến sĩ tại Đại học Thành phố Tokyo (Tokyo City University). Tại Việt Nam, anh là giảng viên bộ môn hệ thống điện, khoa cơ-điện, Học viện Nông nghiệp Việt Nam từ năm 2009. Hướng nghiên cứu chính của anh là tích hợp các nguồn năng lượng mới vào hệ thống điện, điều khiển tần số, điện áp trong lưới điện trung, cao áp, thiết kế các đường dây truyền tải HVDC, v.v. Anh hiện là thành viên của cộng đồng hệ thống điện Việt Nam VPSC, cộng đồng điện tử công suất Việt Nam VPEC, IEEE.

<https://doi.org/10.15625/vap.2021.0010>

Công nghệ truyền tải điện một chiều cao áp (HVDC): góc nhìn từ Nhật Bản

Nguyễn Xuân Hiếu^{1,2}

¹ Tiến sĩ, Nghiên cứu viên, Đại học Thành phố Tokyo (Tokyo City University)

² Giảng viên, Khoa Cơ-Điện, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

TÓM TẮT:

Công nghệ điện một chiều cao áp (High Voltage Direct Current, viết tắt là HVDC) đã được chứng minh là sự lựa chọn tin cậy và hiệu quả với nhiều ứng dụng cụ thể trong lĩnh vực kỹ thuật điện như trong các hệ thống truyền tải điện công suất lớn với khoảng cách xa, đường dây điện dài hay kết nối nhiều hệ thống điện không đồng bộ v.v. Sự phát triển về công nghệ trong các bộ chuyển đổi một chiều - xoay chiều (và ngược lại) nói riêng và hệ thống HVDC nói chung đem đến nhiều lợi thế khi sử dụng so với hệ thống điện xoay chiều và góp phần thúc đẩy tăng trưởng các dự án HVDC trên thị trường châu Âu, Mỹ và Nhật Bản. Mặc dù vậy, công nghệ HVDC vẫn chưa được áp dụng tại Việt Nam do những lo ngại về chi phí đầu tư xây dựng cũng như chưa có đánh giá cụ thể về tầm quan trọng và tính khả thi của các dự án HVDC trong điều kiện của hệ thống điện Việt Nam. Trong bài viết này, một cái nhìn tổng quan về công nghệ HVDC nói chung và những ứng dụng của nó tại Nhật Bản được đề cập, từ đó đưa ra được những gợi ý về việc áp dụng công nghệ này trong việc phát triển hệ thống điện của Việt Nam.

Từ khóa: HVDC, truyền tải điện, bộ biến đổi nguồn dòng, thyristor, bộ chuyển đổi nguồn áp, IGBT

1. Giới thiệu

Ban đầu, một trong những lý do để sử dụng hệ thống điện xoay chiều (AC) thay vì một chiều (DC) là do các máy biến áp cho phép truyền tải điện hiệu suất cao bằng cách tăng điện áp lên để truyền tải và giảm điện áp xuống mức độ tiêu thụ ở gần trung tâm phụ tải (điểm cuối của đường dây truyền tải). Tuy vậy, dù là AC hay DC đều cần sử dụng một cấp điện áp thích hợp cho một khoảng cách truyền tải và lượng công suất truyền tải nhất định. Những tiến bộ trong công nghệ bán dẫn, cấu trúc bộ chuyển đổi, và phương pháp điều khiển cùng nhiều lợi ích khác (sẽ đề cập sau) đã thúc đẩy việc sử dụng công nghệ HVDC trong những năm gần đây. Do đó dễ nhận thấy rằng hệ thống điện trong tương lai gần sẽ tiếp tục là hệ thống xoay chiều AC với sự tăng lên không ngừng về tỷ trọng của các hệ thống điện DC không chỉ ở cấp điện áp cao mà còn ở các cấp điện áp trung và hạ áp.

Mặt khác, việc gia tăng tỷ trọng của các hệ thống phát điện sử dụng năng lượng mới trong lưới điện đang đặt ra những thách thức không nhỏ như gia tăng sự bất ổn định, không dự đoán được trong vận hành hệ thống điện, gia tăng các dòng công suất ngược trong cân bằng công suất, gia tăng sự linh hoạt trong điều khiển luồng công suất, v.v. Các thách thức khác cho lưới điện liên quan đến công tác vận hành thị trường điện như gây ra các điểm nghẽn công suất truyền tải, khó khăn trong việc đưa ra các tiêu chuẩn, giới hạn truyền tải điện mới đặc biệt tại châu Âu hay Mỹ, v.v.

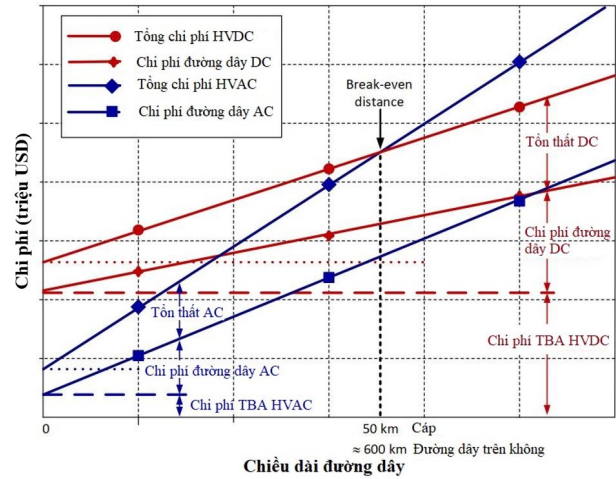
Sự gia tăng của các hệ thống DC trong lưới điện phân phối và truyền tải xoay chiều hiện có đem đến nhiều lợi ích to lớn trong việc giải quyết các thách thức nói trên cũng như thúc đẩy việc chuyển đổi sang hệ thống điện với hàm lượng các-bon thấp.

1.1. Lợi ích của việc sử dụng các hệ thống HVDC

- Kết nối không đồng bộ (có thể kết nối hai hệ thống điện AC với tần số khác nhau).
- Giải quyết được nhiều giới hạn kỹ thuật: hệ thống HVDC có thể truyền tải điện thông qua một đường dây cáp dài trong khi hệ thống điện xoay chiều cao áp (HVAC) không thể do ảnh hưởng bởi công suất phản kháng sinh ra bởi thành phần dung kháng đường dây.
- Không có sự tăng lên của công suất ngắn mạch, do đó không cần nâng cấp các thiết bị bảo vệ.
- Có thể điều khiển công suất phản kháng truyền tải (nhờ điều khiển độc lập tổng trở, điện áp và tần số).
- Tổn thất công suất nhỏ hơn.
- Lượng công suất truyền tải cao hơn so với hệ thống AC với cùng một loại dây dẫn, hoặc cùng đường dây truyền tải.
- Không giới hạn truyền tải liên quan đến ổn định.
- Khả năng điều chỉnh điện áp tốt hơn trong cả hai chế độ tải nặng và nhẹ do không bị ảnh hưởng bởi thành phần điện áp tổn hao phản kháng.
- Hành lang tuyến xây dựng cho đường dây HVDC nhỏ hơn so với HVAC.
- Cung cấp khả năng điều khiển ổn định tốt hơn hệ thống HVAC.
- Được sử dụng như một hệ thống dự trữ công suất phát AC với tốc độ điều khiển rất nhanh.

1.2. So sánh chi phí của hệ thống HVDC và HVAC

Cho dù có rất nhiều ưu điểm như đã liệt kê ở trên, chi phí đầu tư ban đầu cao là một trở ngại lớn để sử dụng công nghệ HVDC đối với các nước đang phát triển như Việt Nam. So sánh chi phí xây dựng một hệ thống HVDC so với hệ thống HVAC trong hình 1 cho thấy hiệu quả đầu tư xây dựng hệ thống HVDC tăng lên tỷ lệ thuận với chiều dài đường dây truyền tải. Suất đầu tư cho đường dây HVDC thấp hơn HVAC do thiết kế cột gọn nhẹ hơn. Thông thường, khi tính toán kinh tế với các dự án truyền tải điện trên thế giới, suất đầu tư



Hình 1. So sánh chi phí xây dựng đường dây truyền tải HVAC và HVDC

cho đường dây HVDC bằng 0,6-0,8 lần đường dây HVAC cùng điện áp và số mạch.

Mặc dù chi phí đầu tư cho trạm chuyển đổi TBA HVDC (bao gồm máy biến áp và các bộ chuyển đổi AC-DC và DC-AC) cao hơn rất nhiều so với chi phí xây dựng trạm biến áp xoay chiều TBA HVAC, chi phí này được bù đắp bởi khoản tiết giảm đầu tư đường dây HVDC và giảm tổn thất điện năng của đường dây DC. Khi chiều dài truyền tải tăng lên, chi phí của hệ thống HVDC và HVAC tăng lên, xuất hiện một điểm cân bằng (break-even distance) mà tại đó chi phí của hai hệ thống là như nhau. Sau điểm cân bằng này, hệ thống HVDC có chi phí đầu tư nhỏ hơn. Cụ thể, với đường dây trên không có chiều dài từ 600 km trở lên hoặc đường dây cáp từ 50 km, đầu tư cho hệ thống HVDC là kinh tế hơn. Một khía cạnh lợi thế khác khi sử dụng hệ thống HVDC là chi phí đền bù và giải phóng mặt bằng thấp hơn do hành lang tuyến của đường dây DC nhỏ hơn AC.

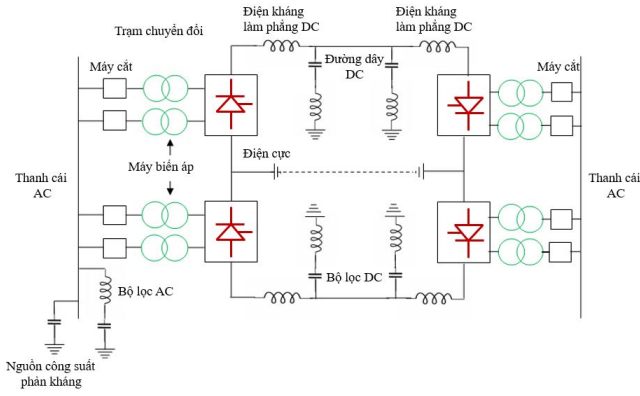
2. Tổng quan về một hệ thống HVDC

2.1. Nguyên lý làm việc

Hệ thống HVDC được sử dụng để truyền tải điện từ hệ thống điện 1 sang hệ thống điện 2 như trên hình 2. Các bộ chỉnh lưu và nghịch lưu được đặt trong trạm chuyển đổi ở hai đầu đường dây. Bộ chỉnh lưu chuyển đổi điện áp AC sang DC trong khi các bộ nghịch lưu sẽ chuyển đổi điện áp từ DC sang AC. Dòng điện DC được truyền



Hình 2. Tổng quan một hệ thống HVDC



Hình 3. Các thành phần cơ bản của một hệ thống HVDC

tải thông qua đường dây trên không hoặc cáp ngầm đến gần hộ tiêu thụ điện, sau đó sẽ được chuyển đổi về dạng xoay chiều sử dụng các bộ nghịch lưu trong trạm chuyển đổi. Công suất truyền tải được giữ hầu như không đổi tại đầu và cuối đường dây tải điện DC. Hầu hết các đường dây truyền tải HVDC sử dụng điện áp DC trong dải từ 100 kV đến 800 kV.

2.2. Các thành phần cơ bản của một hệ thống truyền tải điện HVDC

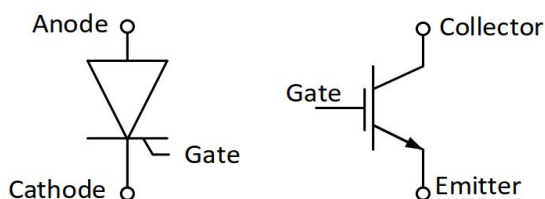
a. Máy biến áp trong trạm chuyển đổi

Máy biến áp được sử dụng để nâng điện áp của lưới điện AC lên mức điện áp truyền tải. Sử dụng đôi nối sao-tam giác cho các cuộn dây, các bộ chuyển đổi có thể hoạt động với 12 xung trong mỗi chu kỳ tại nguồn xoay chiều, giúp loại bỏ nhiều thành phần sóng hài bậc cao.

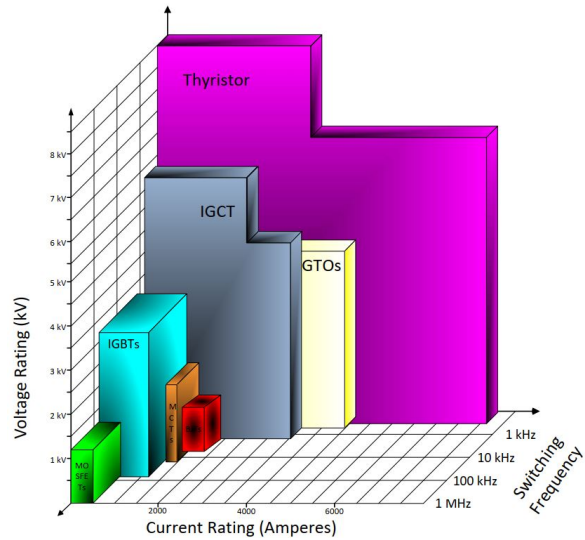
Cách điện của các cuộn dây máy biến áp phải được thiết kế đặc biệt để có thể chịu được điện áp DC cao áp. Công suất cực đại của các máy biến áp trong trạm chuyển đổi là 300 MW do đó nhiều máy sẽ được vận hành song song nếu yêu cầu công suất truyền tải lớn hơn. Một máy biến áp công suất lớn hoặc nhiều máy với công suất nhỏ hơn có thể được sử dụng trong vận hành. Thông thường với công suất dưới 300 MW, phương án sử dụng một máy biến áp được ưa chuộng vì ưu điểm về chi phí.

b. Các bộ chuyển đổi AC-DC và DC-AC

Thành phần cơ bản và quan trọng nhất trong một bộ chuyển đổi AC-DC là các van điện tử công suất (hình 4). Các van điện tử công suất có thể hoạt động ở hai



Hình 4. Ký hiệu van bán dẫn cơ bản



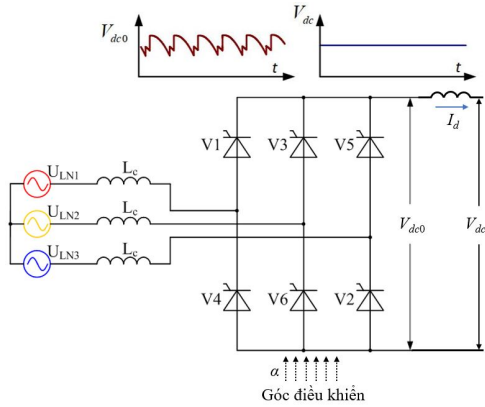
Hình 5. Điện áp và dòng điện định mức của các van bán dẫn

trạng thái “đóng” (on) và “ngắt” (off). Trong thời kỳ đầu, các van thủy ngân hồ quang được sử dụng, sau đó chúng dần được thay thế bởi các van thyristor. Đặc điểm của các van thyristor là chúng được đóng bằng tín hiệu xung và ngắt tự nhiên khi dòng điện qua chúng trở về không. Ngược lại, các van bán dẫn Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT) có thể được đóng ngắt chủ động bằng các tín hiệu điều khiển. Ngoài ra các van điện tử công suất khác như GTO (Gate Turn-off Thyristor), MCT (MOS Controlled Thyristor) và IGCT (Integrated Gate Commutated Thyristor) có thể được sử dụng. Mỗi loại van bán dẫn có khả năng hoạt động với dải điện áp và dòng điện khác nhau thể hiện trong hình 5.

Căn cứ vào loại van bán dẫn sử dụng trong các bộ chuyển đổi, công nghệ HVDC có thể được chia thành hai loại: bộ chuyển đổi đảo dòng (hay chuyển dòng) và bộ chuyển đổi nguồn áp.

Bộ chuyển đổi đảo dòng (Line-Commutated Converters – LCC)

Hầu hết các hệ thống HVDC đang hoạt động ngày nay sử dụng bộ chuyển đổi LCC với khóa đóng ngắt là các van thyristor. Trong bộ chuyển đổi này, dòng điện DC không thay đổi chiều, chạy qua một điện kháng lớn nên có thể coi như không đổi về mặt độ lớn. Bên phía xoay chiều, bộ chuyển đổi hoạt động như một nguồn dòng điện, phát ra dòng điện ở tần số xoay chiều của hệ thống kèm các thành phần sóng hài. Do đó, các bộ chuyển đổi LCC còn được gọi là bộ chuyển đổi nguồn dòng CSC (Current Source Converter). Thêm nữa, do chiều dòng điện không đổi, việc đảo chiều dòng công suất được thực hiện bằng cách thay đổi các cực điện áp DC tại các trạm chuyển đổi đầu cuối của hệ thống. LCC-HVDC thích hợp truyền tải lượng công suất lớn trên một đường dây dài mà không bị ảnh hưởng bởi thành phần dung kháng đường dây. Cấu hình cơ bản

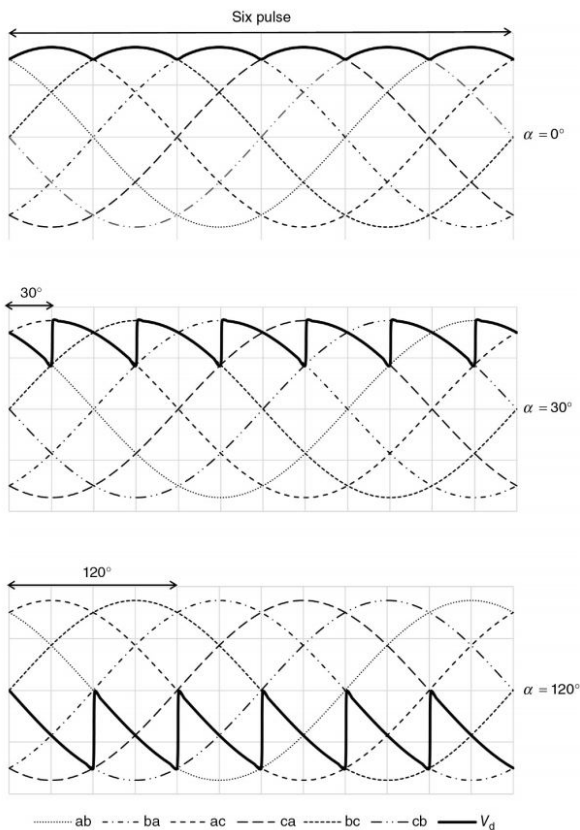


Hình 6. Bộ chuyển đổi LCC (cầu 3 pha 6 xung)

của bộ chuyển đổi LCC là cầu 3 pha với 6 van bán dẫn thyristor (Hình 6). Điện áp ra trung bình của bộ chuyển đổi V_{dc0} có thể được điều chỉnh thông qua góc điều khiển α theo công thức sau:

$$V_{dc0} = \frac{3V_{LLpeak}}{\pi} \cos(\alpha) - 6fL_cI_d$$

Ở đây: V_{LLpeak} là giá trị đỉnh của điện áp dây (phía xoay chiều), α là góc điều khiển van thyristor, L_c là điện kháng đảo mạch từng pha, I_d là dòng điện một chiều. Hình 7 minh họa điện áp ra của bộ chuyển đổi với góc điều khiển α tại 0° , 30° và 180° . Các chế độ làm việc của bộ chuyển đổi theo góc điều khiển α được tổng hợp trong bảng 1.



Hình 7. Điện áp đầu ra của bộ chuyển đổi LCC với các góc mở α khác nhau

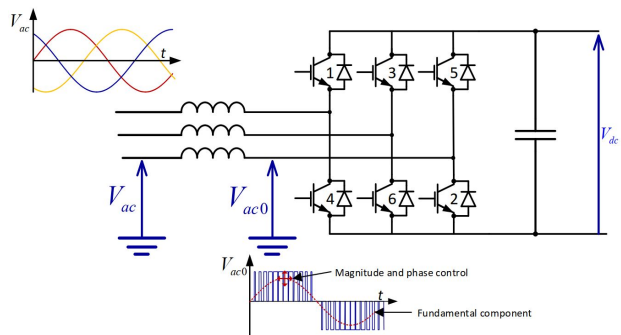
Bảng 1. Các chế độ làm việc của bộ chuyển đổi AC-DC

Giá trị của α	Chế độ làm việc	Lưu ý
$0^\circ < \alpha < 90^\circ$	Chỉnh lưu	$V_{dc} > 0$
$\alpha = 90^\circ$	-	$V_{dc} = 0$
$90^\circ < \alpha < 180^\circ$	Nghịch lưu	$V_{dc} > 0$

Bộ chuyển đổi nguồn áp (Voltage Source Converters – VSC)

Do các van thyristor chỉ có thể đóng bằng xung điều khiển và dựa vào điện áp của hệ thống AC để tác động lên quá trình ngắt của van, bộ chuyển đổi LCC chỉ có một bậc tự do trong quá trình vận hành thyristor. Điều này có nghĩa là hệ thống AC kết nối với hệ thống LCC-HVDC luôn phải có các máy điện đồng bộ giúp cho việc chuyển mạch điện áp. Nói cách khác, hệ thống LCC-HVDC không thể hoạt động được như một nguồn điện độc lập cũng như không thể cấp điện cho các tải thụ động.

Thời gian đóng ngắt của các van bán dẫn IGBT có thể được điều khiển chủ động, tạo nên bậc tự do thứ hai cho việc vận hành, vì vậy chúng được sử dụng để tạo nên các bộ chuyển đổi tự đảo (self-commutated converters). Trong các bộ chuyển đổi tự đảo, cực của điện áp DC thường được giữ cố định và giá trị điện áp DC được giữ bằng phẳng và hầu như không đổi nhờ một tụ điện có giá trị dung kháng lớn. Do đó, các bộ chuyển đổi sử dụng van IGBT còn được gọi là bộ chuyển đổi nguồn áp VSC. Khả năng đóng và ngắt van IGBT nhiều lần trong một chu kỳ giúp giảm tỷ lệ sóng hài trong khi khả năng tự đảo của bộ chuyển đổi giúp hệ thống VSC-HVDC không cần dựa vào các máy điện đồng bộ để hoạt động nữa. Hệ thống VSC-HVDC có thể hoạt động như một nguồn điện độc lập, điều không thể đạt được với các hệ thống LCC-HVDC. Thêm nữa, các hệ thống VSC-HVDC nhỏ gọn hơn (do cần ít hơn các bộ lọc sóng hài), và thích hợp hơn các hệ thống LCC-HVDC ở một số vị trí lắp đặt giới hạn về không gian như các trang trại điện gió ngoài khơi. Để giới hạn dòng điện tạo ra bởi sự không cân bằng giữa điện áp hệ thống AC và điện áp từ bộ chuyển đổi, một điện kháng được mắc nối tiếp phía hệ thống AC. Một cách gần đúng, công suất truyền tải đến hệ thống AC được tính như sau (Hình 8):



Hình 8. Bộ chuyển đổi VSC (cầu 3 pha 6 xung)

$$P = \frac{V_{ac}V_{aco}\sin(\delta)}{X}$$

$$Q = \frac{V_{ac}}{X}(V_{aco}\cos(\delta) - V_{ac})$$

Ở đây, X là điện kháng mắc nối tiếp and δ is góc lệch pha của điện áp ở hai đầu điện kháng. V_{ac} , V_{aco} là điện áp AC hai phía điện kháng X . Các van của bộ chuyển đổi VSC có thể được điều chỉnh đóng ngắt bất cứ lúc nào nên độ linh hoạt của bộ chuyển đổi này được tăng lên đáng kể.

Hệ thống HVDC sử dụng bộ chuyển đổi VSC được đưa vào khai thác thương mại lần đầu tiên vào năm 1999 tại Gotland, Thụy Điển, kể từ đó rất nhiều hệ thống khác đã được xây dựng hoặc đang được lên kế hoạch trong tương lai gần.

c. Bộ lọc sóng hài

Các bộ chuyển đổi trong hệ thống HVDC là nguồn gây ra các nhiễu, sóng hài đối với hệ thống điện AC hay còn gọi là lưới điện. Nhiễu sóng hài lan truyền vào lưới điện AC, và đường dây truyền tải DC, gây ra các vấn đề như tăng tổn thất công suất, quá điện áp, hay phát nhiệt trong các máy điện. Để khử các nhiễu sóng hài này, các bộ lọc được lắp đặt trong lưới điện AC và đường dây truyền tải DC. Chức năng và bậc sóng hài được khử bởi các bộ lọc được tổng hợp trong bảng 2. Bộ chuyển đổi VSC thường tạo ra các sóng hài với cường độ thấp hơn các bộ chuyển đổi CSC, do đó các bộ lọc sóng hài cũng nhỏ hơn hoặc có thể được loại bỏ.

Ngoài hai bộ lọc trên, hệ thống HVDC còn có thể được trang bị các bộ lọc tần số cao. Chúng được lắp đặt giữa máy biến áp của bộ chuyển đổi và thanh cái của hệ thống AC để giảm các dòng điện tần số cao. Đôi khi chúng cũng được lắp đặt ở thanh cái cao áp DC, giữa bộ lọc DC và đường dây DC.

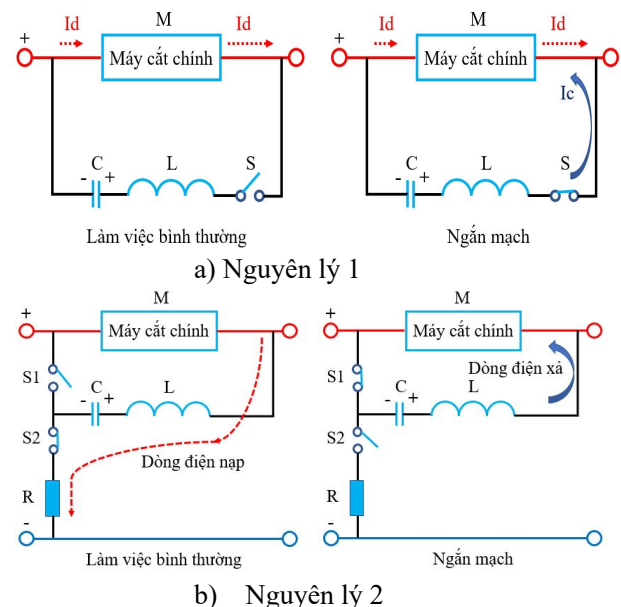
d. Đường dây truyền tải DC

Bảng 2. Bộ lọc trong hệ thống HVDC

Kiểu bộ lọc	Chức năng	Bậc sóng hài, n
Xoay chiều	<ul style="list-style-type: none"> Loại bỏ nhiễu sóng hài tạo bởi các bộ chuyển đổi Cung cấp công suất phản kháng cho các bộ chuyển đổi 	$n=6k\pm 1$ (đối với bộ chuyển đổi 6 xung) $n=12k\pm 1$ (đối với bộ chuyển đổi 12 xung, ở đây $k=1, 2, \dots$)
Một chiều	<ul style="list-style-type: none"> Loại bỏ nhiễu sóng hài tạo ra bởi các bộ chuyển đổi 	$n=6k$ (đối với bộ chuyển đổi 6 xung) $n=12k$ (đối với bộ chuyển đổi 12 xung, ở đây $k=1, 2, \dots$)

Do đặc điểm cấu tạo, thành phần dung kháng của đường dây cáp thường khá lớn so với đường dây trên không. Khi dòng điện AC được truyền tải qua dây cáp, một phần dòng điện bị hấp thụ bởi thành phần dung kháng đường dây. Thành phần dòng điện này gây tăng tổn thất công suất, phát nóng dây dẫn. Mặc dù vậy, nếu sử dụng dòng điện truyền tải DC, dung kháng đường dây sẽ chỉ được nạp điện khi đường dây bắt đầu truyền tải hoặc khi điện áp thay đổi, do vậy sẽ không có thành phần dòng điện phụ ở trên. Như vậy dung kháng đường dây truyền tải và các vấn đề có liên quan làm giới hạn chiều dài đường dây và công suất truyền tải của hệ thống AC. Trong khi đó, hệ thống DC chỉ bị giới hạn duy nhất bởi nhiệt độ, loại cách điện sử dụng. Thành phần dung kháng của đường dây cũng ảnh hưởng tương tự đối đường dây trên không AC nhưng với mức độ nhỏ hơn. Ngoài ra, tác động của hiệu ứng bề mặt cũng làm giảm khả năng truyền tải của đường dây AC. Ngược lại đường dây trên không DC không chịu ảnh hưởng của hai hiệu ứng trên do vậy có thể nói đường dây DC có thể tải lượng công suất lớn hơn đường dây AC với cùng một loại dây dẫn.

Điện áp của đường dây truyền tải DC được lựa chọn tương ứng với công suất của bộ chuyển đổi. Ứng với một mức công suất truyền tải nhất định, tăng điện áp truyền tải sẽ tăng giá thành của các bộ chuyển đổi nhưng lại giúp giảm tổn thất công suất trên đường dây truyền tải. Tối ưu hóa điện áp hệ thống phụ thuộc rất lớn vào giá thành bộ chuyển đổi và đường dây. Do đó, đường dây DC, không giống như đường dây AC, có thể không được thiết kế ở một mức điện áp tối ưu cho một lượng công suất truyền tải nhất định. Giá thành bộ chuyển đổi (phụ thuộc vào điện áp và dòng điện) sẽ được cân nhắc và đánh giá ở các mức điện áp khác nhau trước khi mức điện áp DC được lựa chọn. Tùy theo điều kiện môi trường, loại cách điện được sử



Hình 9. Nguyên lý làm việc của máy cắt một chiều

dụng, đường dây truyền tải có thể được vận hành với điện áp DC gần bằng điện áp cực đại AC. Công suất truyền tải bởi hệ thống AC được tính theo giá trị điện áp hiệu dụng (bằng khoảng 70% điện áp cực đại), do đó nếu đường dây HVDC có thể hoạt động liên tục với điện áp bằng điện áp cực đại xoay chiều, lượng công suất mà nó truyền tải lớn hơn khoảng 40% công suất truyền bởi đường dây AC.

e. Máy cắt

Máy cắt là thiết bị đóng cắt cơ học, tự động mở ra để bảo vệ mạch điện khỏi những thiệt hại gây ra bởi dòng ngắn mạch. Máy cắt tự động mở ra khi có ngắn mạch nhờ tín hiệu quá tải và ngắn mạch, hoặc được mở ra nhờ thao tác người vận hành để loại trừ sự cố hoặc bảo trì. So với máy cắt AC, máy cắt DC khó chế tạo hơn. Trong máy cắt AC, rất dễ dàng để ngắt mạch khi dòng điện qua máy cắt về không, giúp triệt tiêu hồ quang phát sinh ngay cả khi điện áp vận hành rất cao. Mặc dù vậy, ở hệ thống DC, điện áp và dòng điện luôn luôn khác không và luôn có sự chênh lệch lớn về điện áp và dòng điện ở hai đầu tiếp xúc của máy cắt trong quá trình cắt dòng ngắn mạch. Do đó để có thể ngắt mạch dòng ngắn mạch một chiều, điêm “không” giả của dòng điện được tạo ra bằng cách đấu nối song song một mạch điện LC với máy cắt DC.

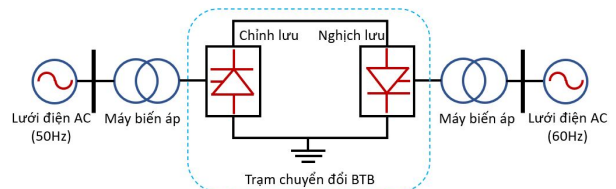
Nguyên lý làm việc của một máy cắt DC được thể hiện trong hình 9. Trong điều kiện làm việc bình thường, khóa S mở, máy cắt chính M đóng, dòng điện chạy qua máy cắt chính. Khi ngắn mạch xảy ra, khóa S đóng lại, máy cắt chính M mở ra. Lúc này, tụ điện C xả năng lượng, gây ra dao động hồ quang điện và dòng điện giảm về không. Điêm “không” nhân tạo cho phép

mạch LC loại bỏ hồ quang điện khi dòng điện giảm xuống không. Phần năng lượng dư thừa sẽ được tiêu hao trong mạch LC.

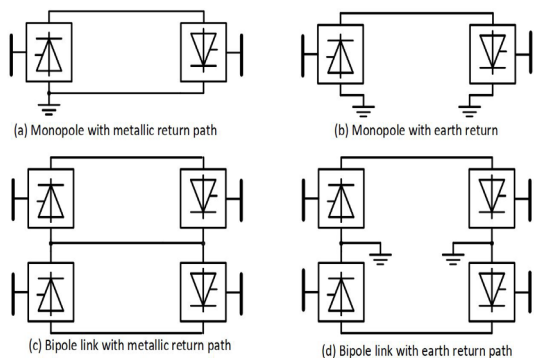
2.3. Cấu hình lắp đặt

Cấu hình đơn giản nhất gọi là back-to-back (BTB) khi hệ thống HVDC không có (hoặc rất ngắn) đường dây truyền tải DC, các bộ chuyển đổi đặt ngay trong trạm chuyển đổi (Hình 10).

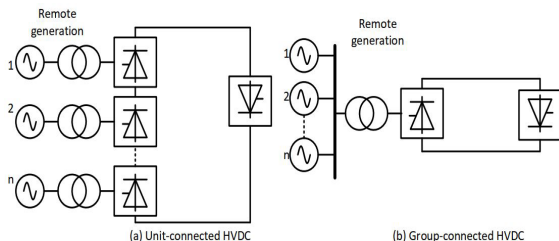
Cấu hình này thường được sử dụng để kết nối hai hệ thống AC không đồng bộ với tần số khác nhau hoặc dùng để ngăn ngừa ảnh hưởng của sự cố ngắn mạch xảy ra tại một lưới điện AC đối với lưới điện AC còn lại. Tiếp theo là cấu hình đơn cực (monopole) với đường dẫn quay về là dây dẫn kim loại (Hình 11.a), hoặc để tiết kiệm giá thành, biển hoặc đất cũng có thể được sử dụng (Hình 11.b). Vấn đề của cấu hình đơn cực là bất cứ sự cố gì xảy ra cũng gây ra mất mát toàn bộ công suất trên đường dây truyền tải. Cấu hình lưỡng cực (Hình 11.c và 11.d) giúp nâng cao độ tin cậy khi ngắn mạch xảy ra trên một cực chỉ làm giảm một nửa công suất truyền tải. Điêm giữa của các bộ chuyển đổi có thể được kết nối bằng dây dẫn. Mặc dù vậy, vì dây dẫn này chỉ được sử dụng khi ngắn mạch xảy ra, các điện cực đất hoặc biển cũng thường được sử dụng.



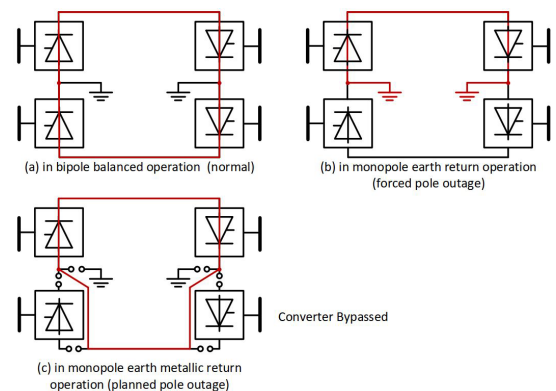
Hình 10. Cấu hình hệ thống HVDC Back-To-Back



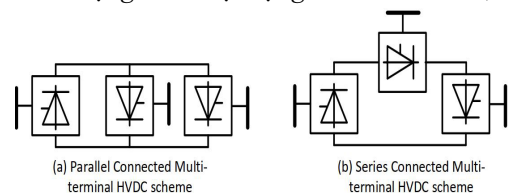
Hình 11. Cấu hình đơn cực, lưỡng cực HVDC



Hình 13. Cấu hình kết nối HVDC dạng nhóm hoặc đơn vị



Hình 12. Trạng thái hoạt động của HVDC đơn, lưỡng cực



Hình 14. Cấu hình hệ thống HVDC đa cực

Bảng 3. Các hệ thống HVDC tại Nhật Bản.

Kết nối liên vùng	Phương tiện	Loại dây dẫn	Điện áp, cấu hình	Công suất
Hokkaido và Honshu	Đường dây LCC-HVDC Hokkaido-Honshu	50 km, cáp ngầm dưới biển	±250 kV Lưỡng cực	600 MW
	Đường dây VSC-HVDC mới Hokkaido-Honshu	50 km, cáp ngầm dưới biển	±250 kV Đơn cực	300 MW
Tokyo và Chubu	Trạm chuyển đổi tần số Sakuma (LCC)	Chuyển đổi 50Hz/ 60Hz	125 kV Back-to-back	300 MW
	Trạm chuyển đổi tần số Shin-Shinano (LCC)	Chuyển đổi 50Hz/ 60Hz	125 kV Back-to-back	300 MW x2
	Trạm chuyển đổi tần số Higashi-Shimizu (LCC)	Chuyển đổi 50Hz/ 60Hz	125 kV Back-to-back	300 MW
Chubu và Hokuriku	Trạm chuyển đổi Minami-Fukumitsu (LCC)	Phân tách lưới điện AC (cấu hình vòng) bằng đường dây DC	125 kV Back-to-back	300 MW
Kansai và Shikoku	Đường dây LCC-HVDC Kii-Channel	50 km, cáp ngầm dưới biển	±250 kV Lưỡng cực	1400 MW

Chiều di chuyển của dòng điện trong điều kiện bình thường hoặc sự cố được thể hiện trên hình 12.

Khi các nhà máy điện nằm khá xa trung tâm phụ tải và không có phụ tải địa phương, việc kết nối có thể được thực hiện như trên hình 13. Kết nối theo nhóm giúp giảm giá thành lắp đặt khi nhiều máy phát điện sử dụng chung một máy biến áp tuy nhiên điều này cũng làm giảm độ tin cậy cung cấp điện. Ở cấu hình 13.b, việc lựa chọn cấp điện áp DC phụ thuộc vào số lượng máy phát điện vận hành, cho nên cấu hình này không được sử dụng nữa.

Gần đây, nhu cầu trao đổi công suất giữa nhiều hệ thống điện tăng lên dẫn đến sự phát triển của hệ thống HVDC đa cực (Hình 14). Các trạm chuyển đổi được kết nối theo kiểu nối tiếp hoặc song song. Thách thức lớn nhất để hiện thực hóa các hệ thống HVDC đa cực bao gồm:

- Kỹ thuật điều khiển từng bộ chuyển đổi, điều khiển dòng công suất.
- Tìm và loại trừ sự cố ngắn mạch.
- Mở rộng hệ thống.

3. Ứng dụng của công nghệ HVDC tại Nhật Bản

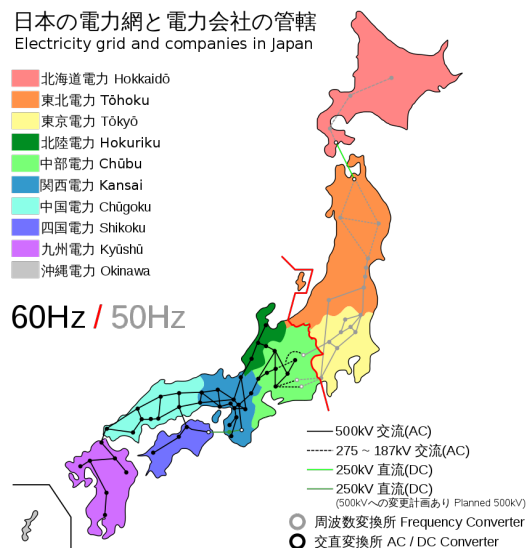
a. Đặc điểm khác biệt trong công nghệ HVDC của Nhật Bản

Ứng dụng chủ yếu của công nghệ HVDC tại Nhật Bản là các đường dây truyền tải HVDC liên kết liên vùng giữa các trung tâm sản xuất và tiêu thụ điện lớn, các trạm chuyển đổi tần số 50 Hz/ 60 Hz liên kết hai lưới điện có tần số khác nhau. Thông tin về các hệ thống HVDC tại Nhật Bản được tổng hợp trong bảng 3.

Ứng dụng công nghệ HVDC ở Nhật Bản có những đặc điểm độc nhất sau:

- Là nước duy nhất trên thế giới có hệ thống lưới điện AC chia thành hai khu vực vận hành với tần số khác nhau 50 Hz và 60 Hz (Hình 15). Các trạm chuyển đổi tần số và đường dây truyền tải HVDC được sử dụng để kết nối hai khu vực này. Khu vực

phía đông (Tokyo, Kawasaki, Sapporo, Yokohama và Sendai) hoạt động với tần số 50 Hz trong khi 60 Hz được sử dụng cho khu vực phía tây (Okinawa, Osaka, Kyoto, Kobe, Nagoya và Hiroshima). Điều này xuất phát từ việc các máy phát điện được mua từ công ty AEG (Đức) cho khu vực Tokyo và từ General Electric (Mỹ) cho khu vực Osaka vào năm 1896 sau đó lưới điện 50 Hz và 60 Hz dần dần được mở rộng. Đã có nhiều thảo luận được đưa ra về việc hợp nhất lưới điện với cùng tần số nhưng hầu hết đều không đưa ra được đồng thuận và do đó vận hành song song hai khu vực lưới điện với tần số khác nhau tồn tại cho đến ngày nay trong hệ thống điện quốc gia. Sự khác biệt về tần số có nghĩa rằng điện năng chỉ có thể được trao đổi giữa hai khu vực này thông qua các trạm chuyển đổi tần số 50 Hz/60 Hz và các đường dây truyền tải HVDC. Bao quanh hai khu vực này là bốn trạm chuyển đổi tần số BTB, bao gồm Shin-shinano, Sakuma Dam, Minami-



Hình 15. Các đường dây truyền tải liên vùng trong hệ thống điện Nhật Bản



Hình 16. Van thyristor trong trạm Shin-Shinano 300 MW (kiểu LCC)

Fukumitsu và Higashi-Shimizu. Tổng công suất truyền tải giữa hai khu vực là 1,2 GW.

- Giới hạn của các đường dây truyền tải HVDC là trở ngại lớn trong việc cung cấp điện năng tới các khu vực bị ảnh hưởng bởi thảm họa hạt nhân Fukushima Daiichi.

Việc mất điện do dừng hoạt động của nhà máy điện hạt nhân cùng công suất truyền tải giới hạn trong thảm họa động đất và sóng thần tại Nhật Bản năm 2011 đã đem đến nhận thức về sự cần thiết của việc tăng công suất truyền tải của các đường dây HVDC liên kết hai khu vực lưới điện phía đông và tây Nhật Bản. Do đó, một đường dây HVDC mới với công suất 900 MW tại trạm Shin-Shinano (hình 16) sẽ đưa vào vận hành tháng 3 năm 2021 trong khi các đường dây HVDC khác với cùng công suất cũng đã khởi công xây dựng trong năm 2020.

- Lưới điện độc lập, không có liên kết với lưới điện của các nước lân cận và cáp ngầm dưới biển được sử dụng cho hầu hết các đường dây HVDC liên kết giữa các đảo lớn.
- Có nhiều đối tác cung cấp thiết bị cho cùng một hệ thống HVDC.

Nhật Bản có ba công ty sản xuất thiết bị lớn: Toshiba, Hitachi và Mitsubishi. Những công ty này đều có khả năng cung cấp các thiết bị HVDC, bao gồm các van

thyristor cao áp, công suất lớn. Ở hầu hết các nước trên thế giới, thiết bị cho các trạm chuyển đổi thường được cung cấp từ một đối tác duy nhất như ABB, Siemen hay GE. Ngược lại, các hệ thống HVDC tại Nhật Bản thường được cung cấp bởi nhiều đối tác khác nhau. Ví dụ, trong trạm chuyển đổi tần số Shin-Shinano đưa vào vận hành năm 1977, các van thyristor phía 60 Hz cung cấp bởi Hitachi trong khi phía 50 Hz do Toshiba đảm nhiệm. Mô hình hệ thống HVDC với nhiều đối tác cung cấp thiết bị được duy trì trong ngành công nghiệp của Nhật Bản nhằm tăng sự cạnh tranh giữa các công ty, nhà sản xuất thiết bị nội địa, duy trì khả năng sản xuất các thiết bị làm việc với độ tin cậy cao. Tuy nhiên điều này dẫn đến yêu cầu các thiết bị sản xuất ra phải hoạt động phối hợp tin cậy trong cùng một hệ thống mà không gây ra sự cố nghiêm trọng nào.

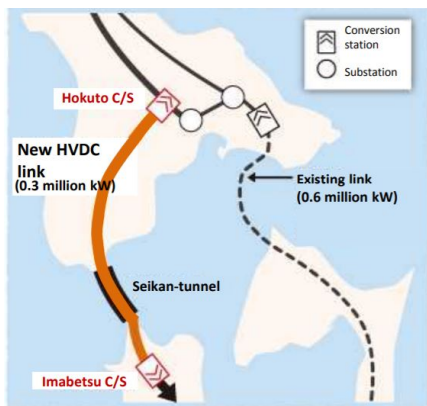
b. Đường dây truyền tải VSC-HVDC mới Hokkaido-Honshu

Đường dây truyền tải HVDC mới giữa Hokkaido (đảo nằm phía cực bắc trong số bốn đảo lớn của Nhật Bản) và Honshu (đảo lớn nhất trong 4 đảo của Nhật Bản) được xây dựng và đưa vào vận hành tháng 3 năm 2019 bởi công ty điện lực Hokkaido HEPCO, giúp nâng cao công suất truyền tải, cho phép tăng tỷ trọng của các nguồn năng lượng mới trong hệ thống điện của Hokkaido cũng như phát triển thị trường điện nội tại (Hình 17). Điểm nhấn của đường dây này là (Hình 18):

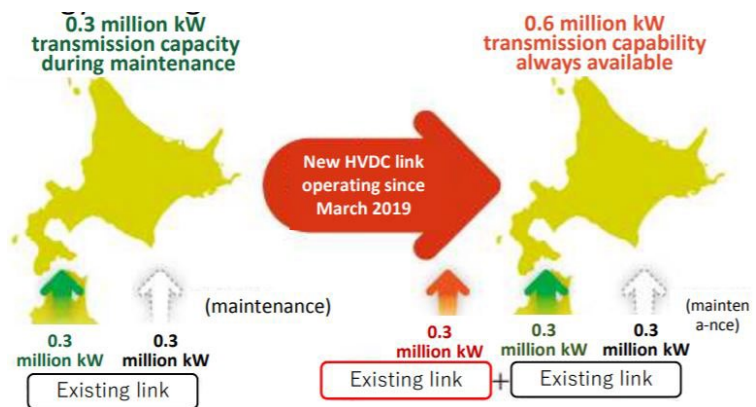
- Tăng công suất truyền tải trong điều kiện bình thường hoặc bảo trì hệ thống thêm 0,3 triệu kW.
- Giúp truyền và nhận điện ngay cả khi hệ thống điện bị sự cố hay ngắn mạch.
- Sử dụng cáp ngầm dưới biển trong đường hầm (dành cho tàu cao tốc Shinkansen).

c. Hệ thống HVDC Kii-channel

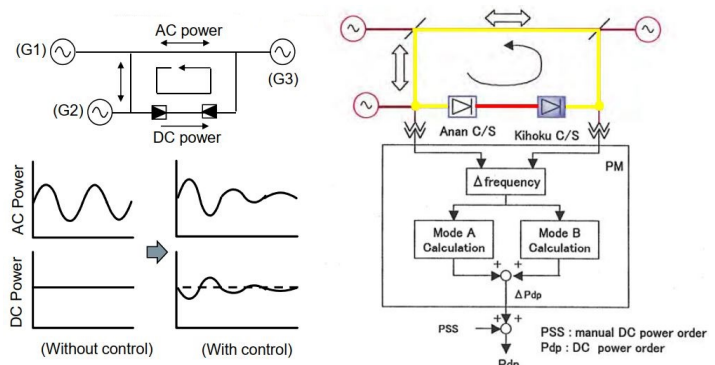
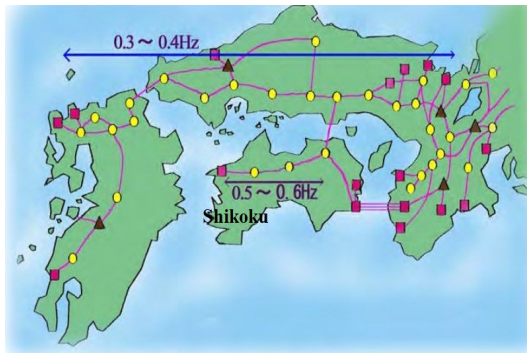
HVDC Kii-channel là hệ thống truyền tải HVDC quy mô lớn đầu tiên và là hệ thống HVDC lớn nhất tại Nhật Bản, giúp truyền tải một phần công suất tạo ra bởi nhà máy nhiệt điện Tachibana-bay (2800 MW) từ trạm chuyển đổi Anan ở Shikoku đến trạm chuyển đổi Kihoku ở Honshu thông qua trạm đóng ngắt Yura, 50 km đường dây cáp ngầm dưới biển, 50 km đường dây trên không. Đây cũng là hệ thống HVDC lớn nhất trên



Hình 17. Đường dây VSC-HVDC mới giữa Hokkaido và Honshu



Hình 18. Lợi ích từ đường dây VSC-HVDC mới



Hình 19. Điều khiển công suất DC để giảm dao động tần số trong hệ thống HVDC Kii-channel

thế giới. Hệ thống được đưa vào vận hành tháng 6 năm 2000 (công suất 1400 MW, DC±250 kV, 2800 A). Những công nghệ tiên tiến được áp dụng cho hệ thống HVDC Kii-Channel bao gồm:

- Điều khiển công suất DC nhằm giảm dao động công suất AC.
Dao động công suất phía AC tồn tại trong hệ thống điện phía tây Nhật Bản, gây ra dao động tần số trong khoảng 0,3~0,4 Hz và 0,5~0,6 Hz. Dao động này xuất hiện sau khi có ngắn mạch trong hệ thống. Độ lệch tần số ở hai phía của trạm chuyển đổi được sử dụng để điều khiển công suất DC nhằm bù dao động công suất AC (Hình 19).
- Điều khiển tần số khẩn cấp sử dụng độ lệch tần số hai phía trạm chuyển đổi làm tín hiệu đầu vào: Tần số của hệ thống điện đảo Shikoku trở nên không ổn định khi ngắn mạch AC xảy ra trên đường dây truyền tải liên kết vùng giữa các đảo chính. Lúc này hệ thống HVDC giúp ổn định tần số ở mức 60 Hz thông qua thay đổi công suất đường truyền DC.
- Điều khiển vận hành liên tục đường dây DC trong và sau sự cố ngắn mạch phía AC bằng các khóa đóng ngắt đồng bộ GCB. Để có thể cung cấp điện một cách ổn định, hệ thống HVDC phải hoạt động

ổn định, liên tục với thông tin liên lạc thông suốt trong điều kiện sự cố ngắn mạch thông thường, hay ngắn mạch gần trạm chuyển đổi. Điều khiển vận hành liên tục có thể ngăn ngừa quá điện áp tạm thời gây ra bởi sự không cân bằng công suất phản kháng, giúp hệ thống AC hoạt động ổn định trong điều kiện không cân bằng công suất.

d. Hida-Shinano: dự án sử dụng những công nghệ HVDC mới nhất

Đường dây truyền tải Hida-Shinano hiện đang được xây dựng kết nối trạm Shin-Shinano 50 Hz của công ty điện lực Tokyo TEPCO và trạm chuyển đổi Hida 60 Hz của công ty điện lực Chubu, dự kiến sẽ đưa vào vận hành tháng 3 năm 2021. Đây là dự án HVDC đầu tiên tại Nhật Bản sử dụng đường dây trên không dài kết nối hai hệ thống điện có tần số khác nhau, với công nghệ khác nhau ở hai đầu đường dây (trạm Shin-Shinano dùng công nghệ của Toshiba trong khi Hitachi đảm trách phần thiết bị cho trạm Hida). Bên cạnh đó, trạm chuyển đổi Hida còn được thiết kế để chống chịu với điều kiện làm việc khắc nghiệt tuyệt vời dày trên độ cao 1085 m so với mặt nước biển.

Bảng 4. Thông số kỹ thuật đường dây HVDC Hida-Shinano

Công suất định mức	900 MW (2*450 MW)	
Điện áp DC	±200 kV	
Dòng điện DC	2250 A	
Cấu hình đường dây DC	Lưỡng cực với đường về là dây dẫn kim loại (nối đất tại trạm chuyển đổi Hida)	
Chiều dài đường dây DC	89 km (đường dây trên không)	
Điện áp AC	500 kV	
Giám sát và điều khiển	Giám sát và điều khiển liên tục từ xa	
Điều kiện làm việc (trạm chuyển đổi Hida)	Nhiệt độ ngoài trời	-30°C~+35°C
	Độ cao	1085 m
	Lượng tuyết rơi	200 cm

Các thông số kỹ thuật cho đường dây HVDC Hida-Shinano được tổng hợp trong bảng 4. Ngoài ra, một số công nghệ tiên tiến dùng cho dự án này:

(1) Thiết kế đặc biệt cho các van thyristor

- Sử dụng van thyristor đóng ngắt nhẹ với chức năng quá ngắt điện áp (voltage break over, VBO). Lần đầu tiên Hitachi sử dụng công nghệ VBO để tránh quá tải các van thyristor.
- Cấu hình và kích thước van thyristor được lựa chọn dựa trên cân nhắc về khối lượng công việc thi công hiện trường, việc vận chuyển thiết bị. Do trạm chuyển đổi ở độ cao trên 1000 m và điều kiện khắc nghiệt, các thiết bị được thiết kế tháo lắp theo hướng thẳng đứng, và phần nhiều được sản xuất lắp ráp tại nhà máy.
- Đánh giá hoạt động của các van thyristor trong điều kiện động đất.
- Tối ưu hóa các hệ thống làm lạnh và sử dụng các phần thiết bị quay. Thiết kế các hệ thống làm mát

tuần hoàn, trao đổi nhiệt với môi trường có tính đến sự cân bằng về thời gian làm việc của thiết bị.

- (2) Cơ cấu chuyển mạch cách điện ga một chiều (DC gas-insulated switchgear, DC-GIS)
Để làm việc trong điều kiện khắc nghiệt, hệ thống sử dụng DC-GIS (mạch chính, điện áp DC 200 kV, mạch quay vòng điện áp DC 10 kV, dòng điện định mức 2250 A). DC-GIS được lựa chọn vì những lý do sau:
 - Độ an toàn tin cậy cao, đặc biệt khi xảy ra sự cố điện giật.
 - Yêu cầu bảo dưỡng thấp.
 - Hoạt động tốt khi động đất xảy ra.
 - Khối lượng công việc lắp đặt hiện trường giảm.
- (3) Máy biến áp ở trạm chuyển đổi
 - Để đáp ứng yêu cầu vận chuyển và lắp đặt, một máy biến áp 3 pha đặc biệt được sử dụng, bao gồm 3 máy 1 pha (sơ cấp đấu Y-Y, thứ cấp đấu Y-Δ).
 - Các thông số vận hành của máy cũng phải được điều chỉnh: khoảng cách cách điện ngoài trời, giới hạn tăng nhiệt độ, điện áp làm việc trong điều kiện áp suất thấp.
- (4) Bộ lọc và hệ thống điều chỉnh pha
 - Lần đầu tiên sử dụng các bộ lọc sóng hài nhập khẩu từ nước ngoài (từ ABB), với 4 loại bộ lọc nhằm: ngăn chặn dòng điện nhiễu từ bộ chuyển đổi AC-DC, giảm ảnh hưởng của sóng hài trên lưới AC ảnh hưởng đến các bộ chuyển đổi AC-DC, giảm sóng hài bậc 3 gây ra bởi điện áp thứ tự nghịch của lưới điện AC, v.v.
 - Lần đầu tiên sử dụng hệ thống điều chỉnh pha kết hợp với điện kháng shunt.
- (5) Các hệ thống điều khiển và bảo vệ
 - Điều chỉnh góc điều khiển van thyristor trong các bộ chuyển đổi AC-DC.
 - Phối hợp các phương thức bảo vệ tùy theo đặc tính ngắn mạch.
 - Sử dụng bộ lọc AC dự phòng điều chỉnh pha.
 - Sử dụng kết nối thông tin liên lạc hình vòng giúp tăng độ tin cậy trong khi giảm được số đầu vào/ ra của hệ thống.

e. Dự án quốc gia về hệ thống HVDC đa cực
Thảm họa động đất phía đông Nhật Bản năm 2011 nhấn mạnh sự cần thiết của điện năng trong thảm họa, thiên tai. Cùng với sự phát triển mạnh của các nguồn năng lượng tái tạo, tầm quan trọng của các hệ thống HVDC ngày càng tăng khi chúng đóng vai trò liên kết hệ thống điện giữa các trung tâm năng lượng khác nhau cũng như giúp truyền tải lượng công suất lớn từ các trung tâm điện gió ngoài khơi vào đất liền. Công suất điện gió trên đất liền đã được khai thác hết trong khi đó tiềm năng của điện gió ngoài khơi lên tới 1380 triệu kW. Mặc dù vậy, hầu hết các vị trí tiềm năng khai

thác điện gió nằm dọc theo bờ biển, cách khá xa các trung tâm phụ tải lớn (70% tập trung tại bờ biển các khu vực Hokkaido, Tohoku, Kyushu). Điều này đặt ra đề tài nghiên cứu mới với đặc điểm sau:

- Hệ thống truyền tải DC đa cực (ngoài khơi) giúp kết nối và truyền tải điện hiệu quả từ nhiều hệ thống điện gió ngoài khơi đến hệ thống điện, trung tâm phụ tải trong đất liền.
- Sự tương thích về công nghệ giữa các nhà sản xuất thiết bị khác nhau trong một hệ thống HVDC, giúp cho việc mở rộng hệ thống truyền tải HVDC đa cực được dễ dàng.

4. Một số phòng thí nghiệm về công nghệ HVDC tại Nhật Bản

4.1. Phòng nghiên cứu, thiết kế hệ thống điện tại Đại học thành phố Tokyo (Tokyo City University, TCU)

- Website: <http://www.psl.ee.tcu.ac.jp/index.html>
- Người đứng đầu: Giáo sư, Tiến sĩ Tatsuhiro Nakajima
- Các đề tài nghiên cứu chính:
 - (a) Hệ thống HVDC đa cực kết nối các trang trại điện gió ngoài khơi với sự tham gia của nhiều đối tác cung cấp thiết bị và công nghệ khác nhau (dự án quốc gia)

Như đã đề cập đến ở mục 3.e, một dự án quốc gia phát triển hệ thống HVDC đa cực kết nối các trang trại điện gió ngoài khơi với sự tham gia của nhiều đối tác cung cấp thiết bị đang được triển khai. TCU chịu trách nhiệm đứng đầu cho dự án này, kết hợp cùng các công ty khác như TEPCO, Toshiba, Hitachi và Mitsubishi. Mô hình thử nghiệm là hệ thống HVDC ngoài khơi 5 cực, từ đó các phương pháp vận hành, bảo vệ, điều khiển được phát triển cho hệ thống đa cực với nhiều loại công nghệ từ các đối tác cung cấp thiết bị khác nhau. Kết quả mô phỏng sau đó được xác nhận thông qua hệ thống thí nghiệm sử dụng các thiết bị phần cứng trong giai đoạn 2020-2024.

Dự án được chia làm hai giai đoạn:

Giai đoạn 1:

- Lập kế hoạch và thiết kế kinh tế hệ thống thu thập và truyền tải công suất phát từ các trang trại điện gió ngoài khơi vào đất liền.
- Phát triển mô hình để phân tích hệ thống HVDC đa cực và đánh giá các phương pháp điều khiển, bảo vệ cho hệ thống này.
- Thảo luận yêu cầu kỹ thuật tiêu chuẩn cho phép công nghệ của nhiều nhà cung cấp có thể được sử dụng cùng lúc trong hệ thống.

Giai đoạn 2:

- Phát triển máy cắt DC cho hệ thống HVDC đa cực, các điểm kết nối cáp ngầm, kỹ thuật cách điện cho cáp và kết cấu nhà máy điện gió ngoài khơi với độ tin cậy cao, giá thành rẻ.
- Phát triển kỹ thuật cách điện cho cáp ngầm dưới biển, kết cấu trang trại điện gió ngoài khơi.

- (b) Sử dụng đường dây truyền tải VSC-DC để ổn định vận hành cho đường dây truyền tải LCC-DC trong cùng trạm chuyển đổi

Đường dây VSC-DC được sử dụng để nâng cao hiệu quả làm việc của các đường dây truyền tải điện liên vùng. Đường dây VSC-DC có thể được lắp đặt trong trạm chuyển đổi có sẵn đường dây LCC-DC. Dao động tần số thấp trong lưới điện AC gây ra bởi đường dây LCC-DC do có nhiều bộ lọc sóng hài và tụ điện trong trạm. Đường dây VSC-DC lúc này giúp hấp thụ dòng điện nhiễu sóng hài bằng cách điều khiển công suất tác dụng, giúp ổn định lưới điện AC, và đường truyền tải LCC-DC.

- (c) Vận hành tối ưu kết hợp hệ thống VSC-HVDC và lưới điện nhỏ (AC microgrid) trên các đảo

Đường dây truyền tải VSC-HVDC được dùng để kết nối lưới điện nhỏ với đất liền, đóng vai trò nguồn cấp điện tin cậy, nâng cao ổn định lưới điện trên đảo trong trường hợp xảy ra sự cố.

4.2. Phòng nghiên cứu hệ thống điện, Đại học Ritsumeikan

- Website: <http://www.ritsumei.ac.jp/se/re/kakiganolab/research.html>

- Đứng đầu: Giáo sư, Tiến sĩ Kakigano Hiroaki
- Các đề tài nghiên cứu chính:

- (a) Bộ chuyển đổi AC-DC cách ly hai chiều cho hệ thống điện DC. Nghiên cứu tập trung giảm kích thước và tăng hiệu suất làm việc của các bộ chuyển đổi AC-DC từ 6,6 kV (AC) đến 380 V (DC) sử dụng bộ chuyển đổi đa tầng.

- (b) Cấu hình hệ thống HVDC cho kết nối điện gió ngoài khơi: nghiên cứu nhằm giảm tổn thất công suất trên đường dây cáp điện dài khi truyền tải điện năng từ điện gió ngoài khơi vào đất liền.

4.3. Phòng nghiên cứu hệ thống điện, Đại học Kogakuin

- Website: <https://www.kogakuin.ac.jp/english/graduate/lab/o3-28.html>

- Đứng đầu: Giáo sư, Tiến sĩ Yasuhiro Noro
- Nghiên cứu chính:

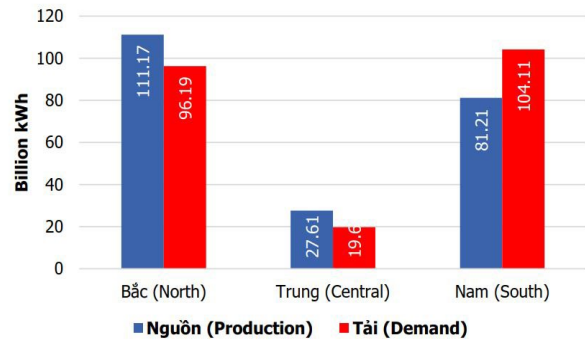
- (a) Nghiên cứu hệ thống truyền tải điện gió ngoài khơi.
- (b) Nghiên cứu hệ thống truyền tải DC sử dụng công nghệ điện tử công suất.

4.4. Phòng nghiên cứu kỹ thuật điện, Học viện nghiên cứu trung tâm về công nghiệp điện (CRIEPI)

- Website: <https://criepi.denken.co.jp/en/electric.index.html>

- Các nghiên cứu chính:

(a) Cách điện và kỹ thuật điện cao áp: đánh giá tuổi thọ và các biện pháp phát hiện sự cố cho các thiết



Hình 20. Sản lượng phát và phụ tải các miền năm 2018 (tỷ kWh)

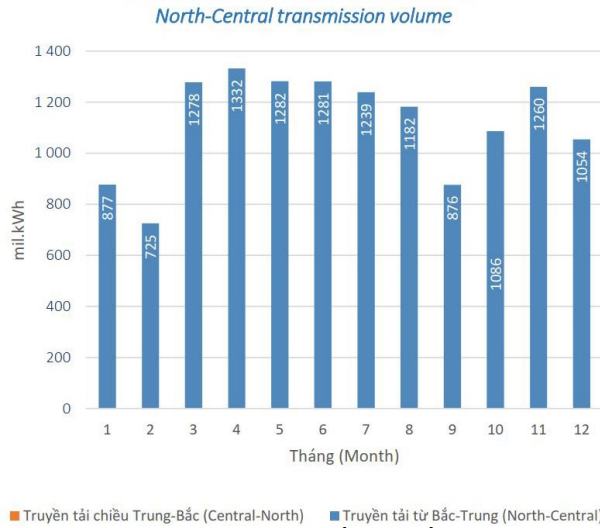
- bị, cáp điện dùng cho hệ thống phân phối, truyền tải điện
- (b) Các thiết bị điện tử công suất và ứng dụng trong lưới điện truyền tải

5. Cơ hội cho HVDC tại Việt Nam

Với chiều dài dọc theo đường bờ biển và nhu cầu truyền tải công suất liên miền lớn, Việt Nam hội tụ đủ các yếu tố để triển khai xây dựng HVDC. Khu vực miền Bắc và miền Nam vẫn là 2 trung tâm phụ tải lớn nhất trong hệ thống điện quốc gia với lượng điện năng tiêu thụ tương ứng là 96,19 và 104,11 tỷ kWh điện trong khi khu vực miền Trung tiêu thụ không quá 10% tổng công suất toàn hệ thống (Hình 20). Xu hướng này còn tiếp tục theo như dự báo phụ tải tại Quy hoạch điện VIII, phụ tải ở miền Bắc và miền Nam chiếm tỷ lệ khoảng gần 40% mỗi miền. Năm 2025 phụ tải miền Bắc chiếm 38,2%, miền Nam chiếm 44,4% và luôn



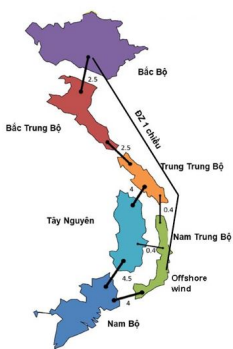
Hình 21. Đường dây 500 kV và trao đổi công suất với các nước lân cận của Việt Nam



Hình 22. Sản lượng truyền tải bắc-trung

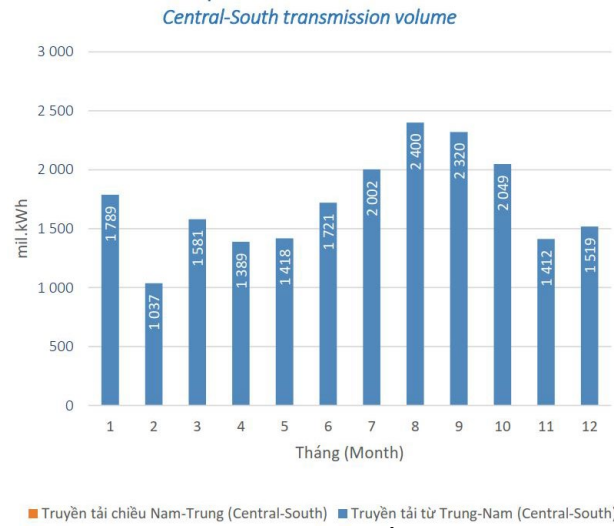
duy trì cao đến 2025. Sự phân bố không đồng đều của các nguồn điện lớn, và các trung tâm phụ tải đặt ra nhu cầu truyền tải điện công suất lớn từ Bắc-Trung-Nam. Truyền tải liên miền trong hệ thống điện Việt Nam được thực hiện thông qua hệ thống đường dây 500 kV, 220 kV với tổng chiều dài đường dây là 28000 km (cấp điện áp 500 kV là hơn 8600 km) (Hình 21). Hệ thống truyền tải điện Việt Nam nói chung và hệ thống 500 kV nói riêng hiện có quy mô số một Đông Nam Á. Sản lượng công suất truyền tải liên miền thể hiện trên hình 22 và 23.

Theo tài liệu công bố tại Hội thảo lần thứ nhất về Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia giai đoạn 2021-2030 tầm nhìn đến năm 2045 (Quy hoạch điện VIII), ngày 8 tháng 7 năm 2020, giao diện truyền tải rất lớn giữa 6 vùng. Điển hình truyền tải Nam Trung bộ – Nam bộ 8000 MW (2020) và 10000 MW (2025), Bắc Trung bộ – Trung Trung bộ là 3500 MW, Trung Trung bộ – Tây Nguyên là 6000 MW, Tây Nguyên – Nam bộ là 5500 MW, Nam Bộ – Nam Trung bộ là 4500 MW (Hình 24), khối lượng đường dây 500 kV dự tính tăng khoảng 2250 km. Như vậy, tổng chiều dài đường dây lên tới hơn 10000 km.



Chiều truyền tải	P _{max} năm 2020 (MW)	P _{max} năm 2025 (MW)
Bắc Bộ → Bắc Trung Bộ	2200	2200
Bắc Trung Bộ → Bắc Bộ	2200	2200
Bắc Trung Bộ → Trung Trung Bộ	3500	3500
Trung Trung Bộ → Bắc Trung Bộ	1400	1400
Trung Trung Bộ → Tây Nguyên	2000	6000
Tây Nguyên → Trung Trung Bộ	2000	6000
Trung Trung Bộ → Nam Trung Bộ	400	400
Nam Trung Bộ → Trung Trung Bộ	400	400
Tây Nguyên → Nam Bộ	4000	5500
Nam Bộ → Tây Nguyên	4000	5500
Nam Trung Bộ → Nam Bộ	8000	10000
Nam Bộ → Nam Trung Bộ	3500	4500
Tây Nguyên → Nam Trung Bộ	800	800
Nam Trung Bộ → Tây Nguyên	800	800

Hình 24. Truyền tải 500 kV tăng mạnh về quy mô



Hình 23. Sản lượng truyền tải trung-nam

Mặt khác, theo quy hoạch điện VII điều chỉnh, đến năm 2030, Việt Nam sẽ nhập khẩu điện từ các nước trong khu vực như Lào, Campuchia, Trung Quốc. Đến giai đoạn 2026-2030, Việt Nam sẽ nhập khẩu khoảng 5000 MW từ Lào. Truyền tải công suất nhập khẩu từ Lào đến các khu vực thiếu hụt năng lượng càng làm cho xu hướng truyền tải công suất Bắc-Trung-Nam thêm rõ nét, đồng thời tăng lượng công suất truyền tải trên đường dây 500 kV hiện có, dẫn đến gây quá tải công suất phát nóng, và công suất giới hạn của giàn tụ bù dọc của các đường dây truyền tải liên miền, do đó nâng cao giới hạn truyền tải là điều hết sức cấp bách. Bên cạnh đó các đường dây HVAC cũng tồn tại các vấn đề sau:

- Tổn thất năng lượng lớn từ 2,4-3,8% năm 2019, sản lượng điện trên hệ thống truyền tải khoảng 90 tỷ kWh, với tổn thất khoảng 2,45% thì sản lượng tổn thất khoảng 2,2 tỷ kWh, bằng 1,5 sản lượng nhà máy thủy điện Sơn La sản xuất trong 1 năm.
- Ước tính tổn thất công suất trên đường dây 500 kV khoảng 0,5% thì trong 1 giờ truyền tải 10000 MW sẽ mất khoảng 50 MW, bằng công suất của một nhà máy điện mặt trời cỡ trung bình.
- Với công suất truyền tải liên vùng lớn, nhiều mạch 500 kV, nguy cơ xảy ra sự cố trên các mạch 500 kV sẽ tăng cao, xảy ra sự cố sẽ rất nghiêm trọng

Các giải pháp cho việc tăng giới hạn truyền tải liên miền như sau:

- Tăng số mạch điện của đường dây HVAC hiện có
- Cài đặt các thiết bị bù dọc, bù ngang cho đường dây HVAC hiện có
- Xây dựng thêm đường dây truyền tải HVAC
- Xây dựng đường dây truyền tải HVDC

Trong điều kiện hiện nay, việc đầu tư thêm đường dây HVAC để nâng cao khả năng truyền tải là khó khả thi do phát sinh nhiều điện tích đất hành lang giải phóng mặt bằng cũng như tác động xấu đến các yếu tố môi trường khác như tài nguyên đất, rừng, ... Trong khi đó, giải pháp lắp đặt thêm các thiết bị điều chỉnh điện áp,

tăng công suất truyền tải như kháng điện, tụ điện, v.v. cần được cân nhắc kỹ càng thông qua bài toán kinh tế giữa chi phí đầu tư và lượng công suất truyền tải được tăng thêm.

Trong khi đó, phương án sử dụng đường dây truyền tải HVDC có nhiều ưu điểm:

- Cung cấp nhiều lợi ích kỹ thuật như đã trình bày ở mục 1, như khả năng cách ly sự cố rã lưới, tăng độ ổn định hệ thống điện, không gặp các vấn đề về quá điện áp trên đường dây dài (do chỉ truyền tải công suất tác dụng), v.v.
- Hành lang tuyến của đường dây HVDC nhỏ hơn HVAC, giảm chi phí đền bù và giải phóng mặt bằng.
- Về tổn thất truyền tải, nếu cùng số mạch thì hệ thống HVDC có tổn thất thấp hơn. Dưới góc độ tổng công suất và khoảng cách truyền tải, tổn thất hai hệ thống là tương đương nếu khai thác hiệu quả đường dây HVAC bằng cách đặt tụ bù dọc và bù ngang hợp lý. Tuy nhiên sau 40 năm vận hành thì chi phí cho HVDC thấp hơn đáng kể (từ 12 đến 26%) khi khoảng cách truyền tải trên 400 km và công suất truyền tải trên 2000 MW.
- Chi phí đầu tư cho hệ thống HVDC thấp hơn với khoảng cách truyền tải trên 50 km nếu dùng dây cáp hoặc trên 600 km nếu dùng đường dây trên không như đã trình bày trong mục 1.2. Trong một số trường hợp, các kết cấu sẵn có của đường dây HVAC như dây dẫn, cột điện có thể được sử dụng cho đường dây HVDC, giúp giảm chi phí đầu tư ban đầu cho đường dây HVDC.

Như vậy, qua các phân tích ở trên, việc xây dựng hệ thống truyền tải HVDC là cần thiết để nâng cao năng lực truyền tải liên miền, đảm bảo an ninh năng lượng quốc gia trong giai đoạn nền kinh tế đang phát triển rất nhanh và nhu cầu về điện năng tăng nhanh hiện nay.

Tài liệu tham khảo

- [1] “Overview of HVDC technology,” Neville R. Watson and Jeremy D. Watson, *Energies* 2020, 13 (17), 4342
- [2] <https://www.electrical4u.com/high-voltage-direct-current-transmission/>
- [3] M. H. Rashid, *Electric Renewable Energy Systems*, 2016, chapter 17, pp.382-402
- [4] “Power engineering seminar: Japanese technologies for integrating African power systems,” Japan International Cooperation Agency (JICA), 2016 https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12304192_02.pdf
- [5] <https://www.electricaltechnology.org/2020/08/hvdc-circuit-breaker-types-working-and-applications.html> (Accessed: Oct. 2020)

- [6] https://en.wikipedia.org/wiki/Electricity_sector_in_Japan#:~:text=The%20electrical%20grid%20in%20Japan,and%20south%20of%20the%20country
- [7] “NEDO’s approach to HVDC power transmission technology,” Hiroshi Kato, Jun.4, 2019
- [8] https://www.toshiba-energy.com/en/info/info2019_0328_02.htm
- [9] http://www.hitachi.com/ICSFiles/afiedfile/2004/06/08/r2001_03_111.pdf
- [10] “Key technologies used in Hida-Shinano HVDC link: Leading-edge HVDC transmission project,” M. Iimura, K. Chiba, S. Kamoshida, H. Ogata, T. Utsumi, Y. Nakano, *Hitachi Review*, vol.69, no.4, pp.490-491, 2020.
- [11] https://www.eurochamvn.org/sites/default/files/uploads/GGSC/Postion%20papers/NLDC_annual_report_2018.pdf
- [12] <https://gwec.net/wp-content/uploads/2019/06/1.-Mr-Nguyen-The-Huu-Grid-ERAV-REnewable-Energy-Development-Plan.pdf>
- [13] <http://pecc5.com/phat-trien-luoi-500kv-trong-du-thao-quy-hoach-dien-viii-van-de-can-ban/>
- [14] <http://nangluongvietnam.vn/news/vn/nhan-dinh-phan-bien-kien-nghi/duong-day-500kv-mach-3-ky-1-tong-quan-he-thong-dien-viet-nam.html>
- [15] https://www.eria.org/RPR_FY2014_No.30_Chapter_2.pdf

Phụ lục:

Tác giả khác:

Tatsuhito Nakajima

Tiến sĩ, Giáo sư, Đại học Thành phố Tokyo (Tokyo City University)

Email: tnaka@tcu.ac.jp



Giáo sư Nakajima lấy bằng đại học, thạc sĩ và tiến sĩ tại Đại học Tokyo vào các năm 1985, 1987 và 1990. Ông làm việc cho công ty điện lực Tokyo từ 1990 tại phòng nghiên cứu ứng dụng điện tử công suất vào hệ thống điện thông qua các hệ thống HVDC, STATCOM, và các bộ nghịch lưu nối lưới.

Từ năm 2016, ông làm việc tại Đại học Thành phố Tokyo với chức danh Giáo sư. Hướng nghiên cứu chính của ông là công nghệ điều khiển cho các hệ thống HVDC đa cực, các bộ nghịch lưu nối lưới cho các nguồn năng lượng mới, các hệ thống pin. Giáo sư Nakajima là thành viên của IEEE, IEEJ và CIGRE.