



Underground Cable vs Overheadline Cable vs Gas Insulated Line Cable

SO SÁNH CÁP NGẦM, CÁP TRÊN CAO VÀ CÁP CÁCH ĐIỆN KHÍ

Một số nguyên tắc cơ bản của truyền tải điện là mức điện áp và dòng điện được sử dụng để truyền tải điện năng từ khu vực này sang khu vực khác. Nói một cách đơn giản thì hiệu điện thế nhân với cường độ dòng điện sẽ bằng công suất. Nếu người ta nghĩ về điện như dòng chảy của nước thì điện áp giống như áp suất, tức là nó truyền dòng điện qua vật dẫn giống như áp suất truyền nước qua đường ống. Dòng điện là dòng điện chạy qua vật dẫn.

Trong truyền tải điện xoay chiều, công suất được truyền qua hệ thống ba pha với ba dây dẫn kim loại; kích thước của các vật dẫn chi phối khả năng mang dòng điện của chúng, tức là vật dẫn điện càng lớn thì càng có nhiều dòng điện. Các dây dẫn phải được cách điện với đất và với nhau.

Ba dây dẫn có thể được lắp ráp trong mạch đường dây trên không (OHL), mạch cáp ngầm (UGC) hoặc mạch đường dây cách điện bằng khí (GIL). Mỗi phương pháp sẽ được mô tả bên dưới.

OHL: Đường dây trên không

Một mạch [đường dây điện trên không](#) thường bao gồm các tháp thép dạng lưới hỗ trợ ba dây dẫn tạo thành một [mạch](#). Dây dẫn được cách điện với kết cấu tháp bằng chuỗi vật liệu cách điện, được làm bằng thủy tinh cường lực, sứ hoặc bằng vật liệu composite.

Tùy thuộc vào điện áp và địa hình, các tháp thường đặt cách nhau 200 - 500m.

Nhiều thiết kế OHL được lắp một hoặc một số dây nối đất trên đỉnh tháp. Các dây nối đất này có hai chức năng, thứ nhất để bảo vệ dây dẫn khỏi bị sét đánh có thể gây mất điện và thứ hai trong trường hợp xảy ra sự cố: dòng điện sự cố sẽ chủ yếu được chứa trong vòng dây dẫn / dây đất và quay trở lại đất. Dây nối đất thường đính kèm cáp quang cho mục đích liên lạc, gọi là [cáp quang chống sét \(OPGW\)](#).



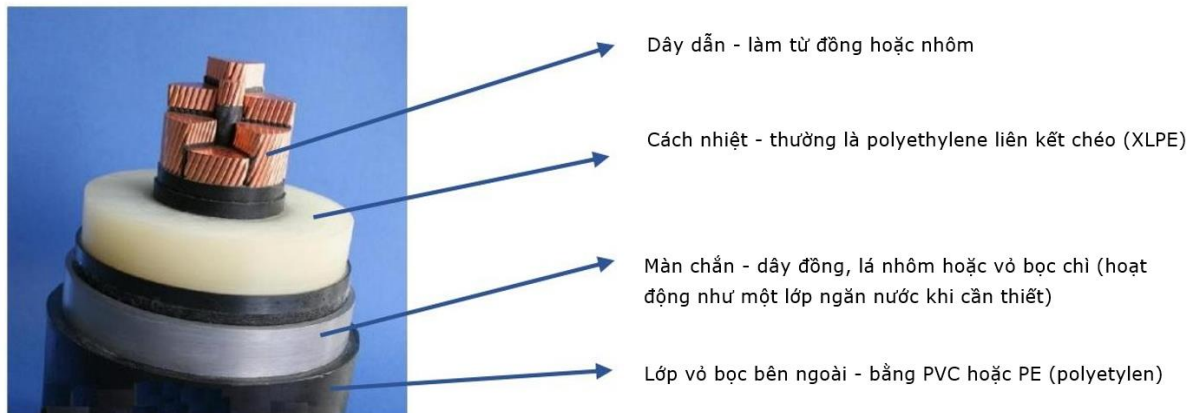
Cần lưu ý rằng trong nhiều trường hợp OHL có hai mạch điện trở lên trên cùng một tháp. Mỗi mạch có thể có 1-4 dây dẫn trong một [cum dây](#) tương ứng mỗi pha (và thậm chí nhiều hơn ở Đường dây điện áp siêu cao). Các OHL này có thể mang công suất gấp nhiều lần so với đường dây mạch đơn với dây dẫn đơn.

1. Yếu tố ảnh hưởng đường dây trên cao

- **Kích thước dây dẫn:** kích thước của dây dẫn phụ thuộc vào cường độ dòng điện tải. Tất nhiên, kích thước của dây dẫn cũng có tác động đến trọng lượng mà tháp phải chịu - hiện tại kích thước dây dẫn tiêu chuẩn tối đa được sử dụng là khoảng 800 mm².
- **Mặt bằng:** dây dẫn phải có khoảng cách an toàn so với mặt đất và bất kỳ tòa nhà nào có thể nằm bên dưới nó, tức là không được có khả năng phóng điện từ dây dẫn xuống đất, người hoặc chướng ngại vật.
- **Tác động của thời tiết:** gió rất mạnh có thể gây tải trọng cơ học đáng kể lên các dây dẫn và tháp; Ngoài ra, lượng băng lớn trên vật dẫn có thể tác động lên tháp. Tất nhiên, tải trọng tồi tệ nhất là sự kết hợp tiềm ẩn của gió và băng. Các đường được thiết kế cho các tải như vậy.
- **Hiệu ứng tĩnh điện / tích điện:** tác động lên các cấu trúc kim loại ở gần đường dây và được loại bỏ bằng cách nối đất cho các công trình bằng kim loại đó.
- **Hiệu ứng từ:** Dòng điện trong dây dẫn tạo ra từ trường và điện áp tạo ra điện trường, cả hai đều phải được xem xét trong quá trình thiết kế đường dây.

UGC: Cáp ngầm

Một mạch cáp ngầm bao gồm ba dây cáp (tương ứng ba pha) và thông thường một cáp thông tin được lắp đặt trong đất để tạo thành một mạch điện. Thiết kế điển hình của cáp nguồn được thể hiện trong hình dưới đây:



Nếu công suất cần truyền vượt quá khả năng của một mạch thì phải lắp thêm mạch cáp song song (hoặc nhiều cáp trên mỗi pha). Dây dẫn càng lớn thì càng có nhiều dòng điện và cách điện càng dày thì càng có thể chịu được nhiều điện áp hơn.

GIL: Đường dây cách điện bằng khí (Gas Insulated Lines)

GIL có thể có công suất truyền tải xấp xỉ bằng đường dây trên không và gấp đôi công suất của hệ thống dùng cáp XLPE, tùy thuộc vào tình huống thực tế. Hệ thống GIL hầu hết được sử dụng với điện áp EHV (> 245 kV) lên đến 1000 kV. Việc lắp đặt GIL được điều chỉnh phù hợp với công nghệ đặt đường ống và được tiến hành lắp ráp tại chỗ và lắp đặt tại công trường. Tất cả các bộ phận được chuyển đến công trường và việc lắp đặt tiếp tục diễn ra. Hiệu quả chi phí cho quá trình lắp đặt tại chỗ này tăng lên khi chiều dài đường truyền trên 1 km.

Đối với chiều dài ngắn hơn, quy trình đặt định hướng của nhà máy có thể hiệu quả hơn về chi phí. Quy trình lắp đặt tại chỗ này đã được xác minh trong nhiều dự án trên toàn thế giới và cung cấp việc lắp đặt GIL đáng tin cậy và an toàn. Khi đường kính ngoài của vỏ được mở rộng lên khoảng 750 mm, giải pháp không khí sạch GIL cũng có thể được cung cấp chỉ sử dụng Nitơ và Oxy với chỉ số GWP (Khả năng làm ấm toàn cầu) bằng không.



GIL thường được lắp đặt trên mặt đất, trong các đường hầm (các pha được sắp xếp theo chiều dọc hoặc chiều ngang) hoặc trong các phòng trung bày dưới lòng đất. Ngày nay, việc lắp đặt chôn trực tiếp không phổ biến, vì nó đòi hỏi các lớp phủ bổ sung để bảo vệ chống ăn mòn thụ động và chống ăn mòn catốt. Kinh nghiệm với GIL trên toàn thế giới đang không ngừng tăng lên với quy mô dự án ngày càng lớn (chiều dài tuyến 10-20 km), điện áp danh định cao hơn (chủ yếu là 400, 500 và 1000 kV) và cường độ dòng điện lớn (3000, 4000 và 5000 A). Việc lắp đặt dài nhất là Đường dây Tokai của Điện Chubu ở Nhật Bản với hai hệ thống ba pha 275 kV và 5000 A với chiều dài tuyến đường truyền 3,3 km trong một đường hầm.

Việc thiết kế mạch GIL phụ thuộc vào nhiều yếu tố đặc biệt bao gồm:

- Sự hiện diện và tác động của các dịch vụ khác có thể xung đột với lộ trình GIL hiện tại hoặc trong tương lai (ví dụ: dây cáp, đường ống sưởi ấm hoặc làm mát, cấp nước và nước thải).
- Đô thị hóa: nếu đường dây được định tuyến qua khu vực đô thị, việc phát triển xây dựng hoặc đường trong tương lai có thể ảnh hưởng đến mạch điện, đó là lý do tại sao các đường hầm riêng biệt cho đường dây tải điện có thể là giải pháp tốt nhất.
- Hiệu ứng điện từ: Mạch GIL có hiệu ứng điện từ không đáng kể vì điện trường được nối đất qua vỏ kim loại. Từ trường chủ yếu được chôn lên bởi dòng điện cảm ứng vào trong ống bao bọc được nối đất rắn.

Ưu điểm và nhược điểm của các phương pháp trên

Rất khó để so sánh ba phương pháp trên vì mỗi cách lắp đặt mạch là khác nhau về vị trí, tầm quan trọng của mạch, ảnh hưởng về uy tín và tài chính nếu có sự cố, phương pháp lắp đặt, các khía cạnh vận hành và bảo trì, tác động môi trường, quy hoạch / cấp phép, v.v ... Theo quan điểm của điều này, không có kết luận chung nào có thể được rút ra, và mỗi cài đặt phải được xử lý theo từng trường hợp cụ thể. Để so sánh GIL và UGC, xem CIGRE TB 639.

So sánh	Underground	Overheadline	Gas Insulated Line
Chi phí đầu tư	Cao	Không quá cao	Cao
	Không có quy tắc chung cho việc so sánh, vì chi phí của mỗi công nghệ sẽ phụ thuộc vào cách công nghệ đó xử lý với các yếu tố cụ thể áp dụng cho từng dự án cụ thể		
Mức độ khó khăn khi lắp đặt	Có	Không	Có
Công nghệ hoàn thiện	Đúng	Đúng	Đúng, đối với khoảng cách ngắn
Độ tin cậy	Cao	Cao	Cao
Thời gian sửa chữa	Cao	Thấp	Cao
Tuổi thọ	Trên 40 năm	Trên 80 năm	Trên 50 năm
Thời gian lắp đặt	Tùy thuộc vào điều kiện và yêu cầu của địa phương	Nhanh hơn UGC hoặc GIL	Tùy thuộc vào điều kiện và yêu cầu của địa phương

Mỗi yếu tố trên cần được xem xét cụ thể đối với dự án và có tính đến các phương pháp lắp đặt tiềm năng, dành cho UGC và GIL, ví dụ như chôn lắp trực tiếp, ống dẫn, khoan định hướng ngang, đào hầm. Chi phí trọn đời có thể đưa ra các yếu tố khác ngoài chi phí đầu tư. Chúng cũng phụ thuộc mạnh mẽ vào dự án và phải được tính toán theo từng trường hợp.

1. Các tiêu chí hoạt động

Các tiêu chí hoạt động	Underground	Overheadline	Gas Insulated Line
Giới hạn độ dài	Có (60-100 km tùy thuộc vào điện áp)	Không	Không có giới hạn kỹ thuật lý thuyết
Cần bù điện	Có, nếu dài hơn ở trên	Không	Không
Các hiệu ứng thời tiết khắc nghiệt như quá tải cơ học do băng / tuyết / gió	Không	Có khả năng	Không
Có thể được cấp điện lại nếu lỗi tạm thời	Không, vì lỗi xảy ra không phải là tạm thời	Có	Có, có thể tự động đóng lại
Dễ dàng tìm thấy lỗi	Không	Đúng	Đúng
Dễ sửa chữa lỗi	Không	Đúng	Không
Yêu cầu trình độ chuyên môn cao để sửa chữa	Đúng	Không (so với 2 phương pháp)	Đúng
Khó bảo quản vật liệu sửa chữa	Không	Không	Không
Thời gian sử dụng hạn chế của vật liệu sửa chữa	Đúng	Không	Đúng
Thời gian ngừng hoạt động cần thiết sau khi lỗi	Dài	Ngắn	Dài
Cần có đường vận chuyển để tiếp cận	Có, nếu được lắp đặt ở nhiều Quốc gia	Không	Không

Mỗi yếu tố trên cần được xem xét cụ thể đối với dự án đang được điều tra có tính đến các phương pháp lắp đặt tiềm năng như chôn trực tiếp, ống dẫn, khoan định hướng ngang, đào hầm, v.v.

Do các thông số điện của UGC rất khác nhau, việc áp dụng UGC dẫn đến một loạt các thách thức kỹ thuật phải được giải quyết trong các giai đoạn lập kế hoạch, thiết kế và vận hành của hệ thống UGC. Trong mạng xoay chiều thông thường có sự bù đắp giữa dòng điện và điện áp. Điều này là do các thành phần và tải khác nhau trong mạng. Dòng điện sẽ lấp đầy vật dẫn ở một mức độ nhất định, nhưng chỉ một phần của dòng điện có thể được sử dụng làm “công suất thực” vì sự bù đắp này. Phần còn lại là “công suất phản kháng”. Công suất phản kháng này phải được bù để giảm tổn thất trong mạng và điều khiển điện áp.

Sự trao đổi công suất phản kháng giữa UGC và hệ thống điện cao hơn đáng kể so với OHL tương đương. Công suất phản kháng này phải được bù và do đó một số thành phần bổ sung được đưa vào. Điều này làm tăng thêm sự phức tạp cho hệ thống cả về vận hành và bảo trì.

Một phức tạp khác phải được giải quyết là sự thay đổi tần số cộng hưởng của hệ thống do ứng dụng của UGC đưa vào. Kinh nghiệm từ một số quốc gia cho thấy sự khuếch đại của sóng hài nền (nhiều điện) xảy ra do sự tương tác giữa UGC và hệ thống điện. Hơn nữa, nguy cơ quá áp tạm thời cũng tăng lên vì những lý do tương tự. Cả chất lượng điện suy giảm (do nhiễu điện) và quá áp tạm thời là những thách thức nghiêm trọng mà các phương pháp giảm thiểu rất tốn kém. Một điều phức tạp nữa là việc nghiên cứu và thiết kế cho các vấn đề được đề cập vẫn còn non nớt và ít kinh nghiệm thực tế tồn tại trên toàn thế giới. Do đó, có thể khó định lượng rủi ro đối với hệ thống khi UGC dài hơn được thêm vào.

Tải điện dung GIL thấp hơn nhiều (hệ số 4-5) so với cáp cách điện rắn. Do đó, chỉ cần bù góc pha với đường truyền GIL dài 100-200 km.

Điều này tùy thuộc vào điều kiện mạng và cần được tính toán. Về nguyên tắc, GIL có thể hoạt động giống như một OHL bao gồm chức năng tự động đóng ngắt để ngắt trong thời gian ngắn mà không gây nguy hiểm cho xung quanh.

2. Vấn đề môi trường

Yếu tố môi trường	Underground	Overheadline	Gas Insulated Line
Phong cảnh và hình ảnh	Có thể, nếu đi ngang qua cảnh quan rộng mở và cần đường vào công trình	Đúng	Tác động hạn chế, vì địa điểm xây dựng GIL có thể được giữ lại trong thời gian ngắn (khoảng 100 m)
Hiệu ứng điện trường (điện áp)	Không	Đúng	Không
Hiệu ứng từ trường (dòng điện)	Có giới hạn	Đúng	Không, vì dòng điện trở lại cảm ứng.
Hiệu ứng tiếng ồn	Có trong quá trình xây dựng, Không trong quá trình hoạt động	Có trong quá trình xây dựng, Có thể trong quá trình hoạt động ở một số điều kiện thời tiết nhất định (corona)	Có trong quá trình xây dựng, Không trong quá trình vận hành
Hạn chế sử dụng đất	Nếu UGC đi ngang qua các cánh đồng, khu vực trên cấp có thể được sử dụng cho các loại cây trồng thông thường nhưng không được sử dụng cho cây cối. Không được phép đào hoặc cày sâu.	Giới hạn đối với khu vực chân tháp và các hạn chế có thể có liên quan đến cây cối và các tòa nhà bên dưới dây dẫn	Nếu GIL đi qua các trường hạn chế tương tự như cho UGC dự kiến - phụ thuộc vào phương pháp lắp đặt
Địa chất và đất Tài nguyên nước	Tác động có thể xảy ra trong quá trình thi công	Có thể có tác động hạn chế tại các khu vực thấp	Tác động có thể xảy ra trong quá trình thi công
Sinh thái và Thiên nhiên Tài nguyên văn hóa	Tác động có thể xảy ra trong quá trình thi công	Có thể có tác động hạn chế tại các khu vực thấp	Tác động có thể xảy ra trong quá trình thi công
Giải trí và Du lịch	Tác động hạn chế	Có thể một số tác động tùy thuộc vào vị trí	Tác động hạn chế
Chất lượng không khí	Tác động có thể xảy ra trong quá trình thi công	Tác động có thể xảy ra trong quá trình thi công	Tác động có thể xảy ra trong quá trình thi công
Giao thông và tiếng ồn	Tác động có thể xảy ra trong quá trình thi công	Tác động có thể xảy ra trong quá trình thi công	Tác động có thể xảy ra trong quá trình thi công
Yêu cầu đồ vật liệu ra khỏi công trường	Tác động có thể xảy ra trong quá trình thi công	Giới hạn	Tác động có thể xảy ra trong quá trình thi công
Sự chấp nhận của chủ đất	Đúng	Chấp nhận có giới hạn	Đúng
Sự chấp nhận của công chúng	Đúng	Chấp nhận có giới hạn	Đúng

3. Công nghệ mới

Về khía cạnh công nghệ có liên quan đến OHL, [vật liệu cách điện](#) composite đã được áp dụng rộng rãi. Ngoài ra, việc sử dụng [dây dẫn nhiệt độ cao](#) và các ứng dụng đánh giá thời gian thực đã trở thành cách sử dụng tiêu chuẩn.

Đối với UGC, đã có một số phát triển về vật liệu polymer để cách nhiệt khác với XLPE đang được sử dụng, nhưng vẫn chưa rõ khi nào chúng sẽ được sử dụng thương mại. Ngoài ra, các cảm biến đặt trong UGC giúp cải thiện việc sử dụng các hệ thống quản lý và giám sát theo thời gian thực.

Công nghệ GIL có rất ít sự phát triển, ngoại trừ có thể các tuyến đường có thể trở nên dài hơn. Các khí cách điện khác với hỗn hợp khí N₂ / SF₆ đang được phát triển để tạo ra không khí sạch (N₂ / O₂).

4. Tải dòng điện tốt hơn

Một trong những lĩnh vực được quan tâm là về “việc sử dụng tốt hơn các đường dây hiện có” tức là khả năng nhận được nhiều điện hơn qua các đường dây hiện có vì điều này có thể thay thế hoặc trì hoãn nhu cầu phát triển mới.

Trong trường hợp OHL hiện có, có thể thay thế các dây dẫn hiện có bằng dây dẫn nhiệt độ cao hoặc sử dụng các ứng dụng đánh giá thời gian thực hoặc để tăng điện áp. HVAC OHL hiện tại có thể được chuyển đổi thành [HVDC](#), nếu thiết kế của đường dây cho phép điều này. Có thể đạt được sự gia tăng đáng kể về năng lực vận tải.

Trong trường hợp của cả UGC và GIL, phương pháp ưu tiên để tăng công suất nguồn trên các đường dây hiện có bao gồm việc sử dụng các ứng dụng đánh giá thời gian thực và giảm thiểu các điểm nóng. Đối với các hệ thống chôn kín (thường là cho UGC), điều này liên quan đến quá độ nhiệt dài hơn có thể cho phép quá tải cấp.

Kết luận

Các nguyên tắc cơ bản của công nghệ UGC, OHL và GIL đã được nêu trong Phần 2. Rất khó để so sánh ba công nghệ vì mỗi phương pháp lắp đặt cáp lại khác nhau về vị trí, tầm quan trọng của mạch, chi phí, ảnh hưởng danh tiếng và tài chính nếu có ngừng hoạt động, phương pháp lắp đặt, các khía cạnh vận hành và bảo trì, tác động môi trường, quy hoạch / cấp phép, tuổi thọ, v.v.

Theo quan điểm này, không có kết luận chung nào có thể được rút ra và mỗi cài đặt phải được xử lý theo từng trường hợp bằng cách sử dụng các tiêu đề được nêu trong Phần 3, 4 và 5.

By M. MARELLI, P. ARGAUT, SC B1, H. LUGSCHITZ, SC B2, K. KAWAKITA, SC B3