

Hội nghị quốc tế lần thứ 9 về cáp điện cách điện

PHÁT TRIỂN CÁP ĐIỆN NGẦM MV-AC VỚI RUỘT DẪN NHÔM

XÂY DỰNG VẤN ĐỀ

Một cáp điện ngầm MV-AC bọc thép với dây dẫn bằng nhôm (theo tiêu chuẩn BS 7835) được phát triển [cho điện năng lượng tái tạo ngoài khơi](#), kết nối giữa các giàn khoan ngoài khơi, các đảo và bờ biển. Đối với quy trình thiết kế cáp, việc lắp đặt dự kiến ở độ sâu nước lên đến 300 m và áp dụng các phương pháp bảo vệ cáp bổ sung như đổ đá để ổn định đáy đã được đánh giá.

Một thử nghiệm điển hình đã được thực hiện thành công trên cáp điện ngầm XLPE 3x 800 mm² 19/33 (36) kV có ruột dẫn bằng nhôm. Chương trình đánh giá chất lượng được thực hiện theo các tiêu chuẩn IEC Electra 171, IEC TB 490, IEC 60502-2 và CENELEC HD620-10c.

TỪ KHÓA

cáp điện ngầm MV-AC, dưới đáy biển, ngoài khơi, ruột nhôm, cách điện XLPE, thử nghiệm điển hình, đủ tiêu chuẩn, độ sâu 300 m nước, tải trọng va đập.

GIỚI THIỆU

Giảm chi phí xây dựng là một trong những nhu cầu lớn nhất đối với lĩnh vực năng lượng tái tạo ngoài khơi hiện nay. Nhu cầu giảm chi phí không chỉ giới hạn ở bản thân hệ thống chuyển đổi năng lượng, nó bao gồm các kết nối giữa các cá thể đơn lẻ và với bờ. Do đó, chi phí cáp điện ngầm cần phải giảm thông qua việc giảm cả chi phí sản xuất và nguyên vật liệu. cả việc lựa chọn vật liệu làm ruột dẫn và thiết kế cáp điện ngầm đều đóng vai trò quan trọng và cần được xem xét lại khi có sự cân nhắc của tất cả các tiêu chuẩn công nghiệp liên quan như IEC và cenelec [1,2]. Ngoài ra, thiết kế cáp cần phải đủ tiêu chuẩn để chịu được [lực kéo căng](#) cao và lực giữ trong quá trình lắp đặt cáp cũng như lực tác động lớn trong quá trình vận hành.

Ngoài ra, thiết kế cáp phải phù hợp để lắp đặt ở độ sâu nước lên đến 300 m. các phần sau đây trình bày các cân nhắc phát triển và quy trình thẩm định cho cáp điện ngầm MV-AC với ruột nhôm. cáp được phát triển để kết nối giữa các giàn khoan ngoài khơi, các đảo và bờ biển.

LỰA CHỌN VẬT LIỆU

Dây dẫn bằng đồng thường được sử dụng làm cáp ngầm

do tính dẫn điện rất tốt. Tuy nhiên, nhu cầu cao về nguyên liệu đồng dẫn đến giá trị thị trường rất cao. Mức chi phí này đã vượt trên 6000 \$ / tấn vào đầu tháng 4 năm 2015.

Nhôm có độ dẫn điện thấp hơn so với đồng dẫn đến [tiết diện dây dẫn](#) lớn hơn. Mặc dù tiết diện dây dẫn lớn hơn, nhưng chi phí vẫn giảm do giá vật liệu của nhôm thấp hơn so với đồng. Vào đầu tháng 4 năm 2015, giá trị thị trường của nhôm dao động quanh mức 1770 \$ / tấn. Do sự khác biệt về giá trị thị trường mà nhôm là [vật liệu thay thế](#) hiệu quả về chi phí cho đồng khi làm vật liệu dẫn điện.

chi phí cáp điện ngầm chủ yếu phụ thuộc vào vật liệu làm dây dẫn. Tuy nhiên, các thành phần khác của cáp điện ngầm như lớp bọc, lớp đệm hoặc vỏ bọc bên ngoài cũng sẽ có tác động đáng kể đến giá sản xuất cáp.

Vật liệu làm áo giáp điển hình của cáp ngầm cần có đặc tính cơ học tốt. Đặc biệt là cần có môđun-e cao và độ bền kéo cao do thực tế là lớp áo giáp phải hỗ trợ một phần lực kéo căng cáp. Thép mạ kẽm là vật liệu làm áo giáp điển hình được sử dụng trong cáp ngầm. Đồng, niken hoặc titan là một số lựa chọn có thể thay thế mặc dù chúng có chung nhược điểm là tính chất cơ học hạn chế và chi phí thu mua nguyên liệu cao hơn so với thép.

Lớp đệm (bedding) và lớp vỏ bọc bên ngoài phải làm "mềm" các lực bên ngoài tác động lên cáp ngầm, chẳng hạn như lực tác động và lực ép trong quá trình xử lý và vận hành cáp.

Hai khái niệm lớp đệm và lớp vỏ bọc bên ngoài khác nhau được sử dụng cho cáp điện ngầm: vỏ bọc polyethylene ép đùn hoặc

lớp sợi polypropylene (PP) bện lại. Vỏ bọc PE ép đùn thể hiện chức năng cơ học cao hơn một chút so với sợi PP. Mặt khác, cả hai lớp sợi PP đều có thể được áp dụng trong quá trình gia công. Do đó, sợi PP sẽ là giải pháp hiệu quả về chi phí so với vỏ bọc PE ép đùn cho lớp đệm (bedding) và lớp vỏ bọc.

THIẾT KẾ CÁP

Bản vẽ sơ đồ của cáp điện ngầm được thể hiện trong Hình 1. cáp điện ngầm MV-AC có thiết kế ba lõi kết hợp với cáp quang và lớp đệm PE.



Hình 1: Bản vẽ sơ đồ thiết kế cáp điện ngầm.

được áp dụng xoắn ốc trên cụm để cố định hình dạng của cáp.

Lớp đệm áo giáp được làm từ một lớp sợi PP. Một lớp dây thép mạ kẽm được phủ trên lớp đệm và được lựa chọn theo tiêu chuẩn EN 10257-2 và EN10244-2 [3,4]. Vỏ bọc được tráng bằng hợp chất bitum để cải thiện khả năng chống ăn mòn. Để bảo vệ giáp, một lớp sợi polypropylene làm vỏ bọc bên ngoài.

Thiết kế lõi nguồn dựa trên tiêu chuẩn cenelec HD-620 10c và IEC 60502-2 [1,2].

Dây hợp kim nhôm được bện theo thiết kế dây dẫn loại 2 với hình dạng tròn theo IEC 60228 [5]. Một lớp bán dẫn bọc ruột dẫn để ngăn chặn sự xâm nhập của nước theo chiều dọc trong trường hợp làm hỏng cáp. Màn chắn dây dẫn bán dẫn, màn chắn cách điện polyethylene (XLPE) liên kết ngang và màn chắn cách điện bán dẫn được bọc xung quanh ruột dẫn bằng quy trình ép đùn ba lần. Màn chắn kim loại được làm từ các sợi đồng xoắn ốc và một băng đồng được xoắn ốc ngược chiều. Bên dưới và bên trên của màn chắn kim loại dạng băng bán dẫn có thể phồng lên và coi như một tấm chống nước theo chiều dọc. Màn chắn kim loại được bọc bởi một lá nhôm phủ dọc, được dán vào vỏ bọc polyethylene (HDPE) mật độ cao bên ngoài.

cáp điện ngầm XLPE 3x 800 mm² 19/33 (36) kV (để biết chi tiết xem Bảng 1) đã được sử dụng để xác minh hiệu suất của cáp bằng thử nghiệm và đủ tiêu chuẩn của cáp.

Phân tích tải trọng

Thử nghiệm nghiên cứu mô phỏng các lực áp lực tác động lên cáp trong quá trình vận chuyển hoặc lắp đặt cáp bởi sâu bướm. Để mô phỏng lực ép trong điều kiện thực tế, các tấm đệm theo dõi sâu bướm ban đầu đã được sử dụng. Để tránh biến dạng của miếng đệm theo dõi, mỗi phần tử được đặt ở dạng kim loại mô phỏng lại việc lắp đặt trên các thiết kế sâu bướm điển hình.

Hình 2 cho thấy tổng quan về thiết lập thử nghiệm nghiên cứu hoàn chỉnh bao gồm mẫu cáp được đặt giữa hai tấm đệm theo dõi và bên trong một máy ép thủy lực.



Hình 2: Kiểm tra độ bền với miếng đệm theo dõi sâu bướm ban đầu

Đầu tiên, các mẫu thử phải chịu các tải áp suất khác nhau, sau đó được kiểm tra và phân tích bằng điện.

Phân tích tác động của tải trọng

Mục tiêu của bài kiểm tra độ bền và đập là để xác nhận khả năng của cáp chịu được tải trọng và đập cao trong quá trình xử lý, lắp đặt và vận hành cáp. Thử nghiệm và đập được thực hiện bằng cách thả một vật nặng cụ thể m từ độ cao h xác định, do đó tải trọng và đập được xác định theo phương trình:

$$E=m.g.h \quad [1]$$

Trọng lượng trượt xuống trên một cái búa. Nó có hình dạng như một cái chêm (wedge), tức là hai mặt 90 ° được nối với nhau bằng một miếng phi lê bán kính 2mm (xem hình 3).

Đối với mỗi trọng lượng, tác động được thực hiện liên tiếp tại 3 điểm khác nhau dọc theo cáp.



Hình 3: Thử nghiệm Va đập, búa va đập có bán kính cong là 2 mm.

Cả thử nghiệm va đập và thử nghiệm điện được thực hiện sau đó và phân tích đều không có khuyết tật hoặc bất kỳ sai sót nào khác đối với bất kỳ tải tác động nào đã chọn lên lõi nguồn hoặc các phần tử sợi quang.

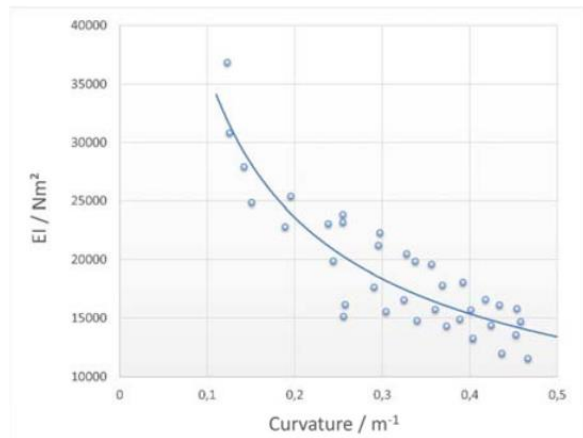
Phân tích tải trọng nghiền cả tải trọng Va đập đánh giá hiệu suất của sợi PP, cả làm vật liệu lót và lớp vỏ bọc bên ngoài.

Ước tính độ cứng cáp

Số lượng và quy mô lắp đặt cáp quang biển như các nghiên cứu Về độ ổn định trên đây tăng dần từ dự án này sang dự án khác. Do đó, số lượng và mức độ chi tiết của các thuộc tính cáp yêu cầu cũng tăng lên đều đặn. Ngoài các thuộc tính cáp được chỉ định trong Tab. Cần có thêm 1 số đặc tính cơ học chi tiết của cáp bao gồm độ cứng khi uốn của cáp. Một phương pháp thực nghiệm để xác định độ cứng uốn của cáp được Vac et al. [6]. Một mẫu cáp thẳng được uốn cong để tăng dần độ cong tối đa cần quan tâm. Sự uốn cong của cáp được gây ra bởi một pa lăng xích được gắn gần với cả hai đầu của



Hình 4: Bố trí thử nghiệm để đo mômen uốn và độ cong để khảo sát độ cứng uốn.



Hình 5: Độ cứng khi uốn so với độ cong của cáp điện ngầm XLPE 3x 800 mm² 19/33 (36) kV

mẫu thử cáp (xem Hình 4). Để đo lực uốn tác dụng, một thiết bị cảm biến lực được tích hợp trong pa lăng xích. Ngoài lực uốn, cấu hình hình học được đo thông qua tọa độ của các chuyển vị bên như được tóm tắt bởi được thực hiện liên tục theo cả hai hướng mà không có thời gian chờ giữa các bước trong nhiều lần.

Trong Hình 5, độ cứng uốn của cáp ước tính thực nghiệm (EI) của cáp điện ngầm XLPE 19/33 (36) kV 3x 800 mm² được biểu diễn dưới dạng hàm của độ cong cáp được áp dụng. Một hàm tiềm năng như là hàm trung bình được sử dụng để minh họa sự thay đổi của độ cứng uốn của cáp do sự thay đổi của độ cong của cáp.

TYPE TEST

Thử nghiệm điển hình đã được thực hiện trên cáp điện ngầm XLPE 3x 800 mm² 19/33 (36) kV được tóm tắt ở trên. Chương trình thử nghiệm điển hình được thực hiện dưới sự xem xét của tiêu chuẩn Cenelec HD620-10C và IEC 60502-2 phù hợp với CIGRE Electra 171 và CIGRE TB 490[1,2,7,8], được khuyến nghị bởi CIGRE Electra 171 và CIGRE TB 490 được chia thành ba phần: thử nghiệm kiểu cơ, điện và không điện [7,8].

Phần I: Thử nghiệm kiểu cơ khí

Trong quá trình thử nghiệm kiểu cơ học, tải trọng cơ học tác động lên cáp điện ngầm trong quá trình xử lý, lắp đặt và vận hành được mô phỏng.

Coiling test

Cáp điện ngầm MV-AC thường được lưu trữ trong bể chứa tĩnh trong các bước sản xuất đơn lẻ cũng như để vận chuyển và lắp đặt cáp. Thử nghiệm cuộn như một phần của thử nghiệm điển hình mô phỏng tải trọng xoắn tác dụng lên cáp cuộn và xác nhận khả năng cuộn của cáp điện ngầm.



Hình 6: Thử nghiệm cuộn dây cáp điện ngầm XLPE 3x 800mm² 19/33 (36) kV Vào bể tĩnh cố định

Cáp điện ngầm XLPE 3x 800 mm² 19/33 (36) kV được cuộn vào các bể chứa tĩnh cố định sau quá trình mắc cạn cũng như sau quá trình bóc thép. Một mẫu cáp dài khoảng 700 m đã được sử dụng để thử nghiệm cuộn dây. cáp thử nghiệm được quấn khò thiết bị lưu trữ bàn xoay và được cuộn vào thùng tĩnh (xem Hình 6). Đầu của nó được cố định trong lõi cuộn với tối thiểu 4 lớp ở đáy bể tĩnh. Sau đó, dây cáp được quấn lại qua một động cơ tuyến tính trở lại bàn quay. Quá trình cuộn và cuộn lại được thực hiện mười lần.

Sau khi thử nghiệm cuộn, các mẫu cho thử nghiệm uốn kéo sau đây và thử nghiệm kiểu điện được lấy ra từ mẫu cuộn.

Kiểm tra độ bền kéo uốn

Thử nghiệm uốn kéo mô phỏng tải trọng cơ học tác động lên cáp trong cả quá trình lắp đặt và sửa chữa cáp. Thử nghiệm được thực hiện trên mẫu cáp điện ngầm XLPE 19/33 (36) kV dài 30 m x 800 mm² được cắt ra từ mẫu thử nghiệm cuộn. Các đầu kéo cáp được lắp đặt ở cả hai đầu của mẫu cáp đảm bảo rằng các lực tạo ra tương đương với sự phân bố.



Hình 7: Thử nghiệm độ uốn khi kéo của cáp điện ngầm XLPE 3x 800 mm² 19/33 (36) kV xung quanh một pully 5,4 m.

Mẫu cáp được uốn quanh pully dưới tải trọng kéo như được chỉ định trong cigre Electra 171 [7] (xem Hình 7). Lực căng thử nghiệm được tính toán dựa trên khuyến nghị của cigre Electra 171 với giả định độ sâu nước lắp đặt tối đa là 300 m và điều kiện thời tiết khắc nghiệt [7].

Phần II: Thử nghiệm kiểu điện

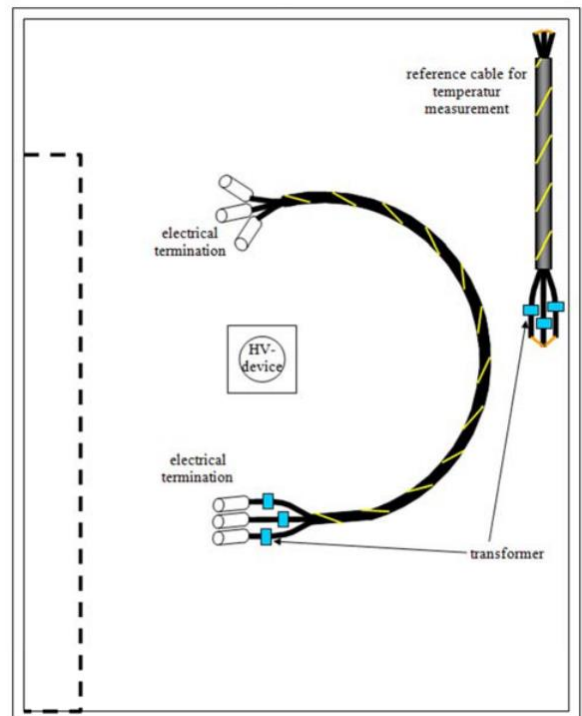
Trong phần thử nghiệm kiểu điện, thử nghiệm tính năng của cáp theo cả chu kỳ tải điện và tải nhiệt. Mức độ của thử nghiệm kiểu điện được tóm tắt trong cigre TB 490 [8]. Như quy định trong thử nghiệm cigre TB 490 được thực hiện trên mẫu cáp điện ngầm XLPE 19/33 (36) kV dài 30 m 3x 800mm² sau khi nó được thử nghiệm uốn kéo.

Mẫu được đặt trên sàn của phòng thí thử nghiệm và các máy biến áp gia nhiệt được đặt vào một đầu của cáp điện ngầm trên mỗi lõi trong số ba lõi nguồn. Mẫu đối chứng cũng được chuẩn bị chính xác theo cách sắp xếp tương tự để xác nhận nhiệt độ ruột dẫn trong tất cả các thử nghiệm yêu cầu gia nhiệt.

Mẫu cáp thử nghiệm được trang bị các đầu nối ngoài trời (bản vẽ sơ đồ thiết lập vòng lặp thử nghiệm được minh họa trong Hình 8).

Tất cả thử nghiệm kiểu điện được thực hiện theo các thông số thử nghiệm quy định trong Cenelec HD620 10C Và IEC 60502-2 [1,2]. Đối với mỗi thử nghiệm, các điều kiện thử nghiệm khắc nghiệt hơn được chỉ định trong cả hai tiêu chuẩn đã được chọn:

1. Thử nghiệm phóng điện cục bộ ở nhiệt độ môi trường: Điện áp thử nghiệm được nâng dần lên và giữ ở 2,4 x U₀ trong ≥ 60s và sau đó giảm từ từ xuống 2,0 U₀.



Bảng 2: Trình tự thử nghiệm kiểu không điện.

Mô tả thử nghiệm	IEC, DIN EN 60811
Kiểm tra trên lớp bán dẫn bên trong Độ dày	IEc 60811 - 201 IEc 60811 - 100
Bất thường	
Kiểm tra cách điện	IEc 60811 - 201
Đo độ dày của lớp cách nhiệt	IEc 60811 - 100
Bất thường	
Xác định các đặc tính cơ học của cách điện trước Và sau khi lão hóa	IEc 60811 - 401,501
Kiểm tra tập nóng	IEc 60811 - 507 IEc 60811 - 402
Kiểm tra độ hấp thụ nước trên Vật liệu cách nhiệt	IEc 60811 - 502 IEc 60811 - 503
Kiểm tra độ co ngót	
Kiểm tra khả năng chống thấm cho màn hình cách nhiệt	IEc 60811 - 201
Kiểm tra trên lớp bán dẫn bên ngoài Độ dày	IEc 60811 - 100
Bất thường	
Kiểm tra Vỏ bọc bên ngoài	
Đo độ dày của Vỏ bọc không chứa kim loại	IEc 60811 - 202
Xác định các đặc tính cơ học của Vỏ ngoài trước Và sau khi lão hóa Và HD 620	IEc 60811 - 401, 501
Kiểm tra độ co ngót đối Với Vỏ bọc PE	IEc 60811 - 503
Đo hàm lượng muối than của muối đen PE bọc ngoài	IEc 60811 - 605
Kiểm tra áp suất ở nhiệt độ cao Độ cứng bờ D	Điều khoản 2.2.1 IEc 60811 - 508 HD 605
Kiểm tra cấp hoàn chỉnh	
Kiểm tra độ lão hóa bổ sung trên các đoạn cáp đã hoàn thiện	EN 60811 - 401 Và HD 620 bảng 2a, 4B



Hình 9: Thiết lập kiểm tra độ thấm nước theo chiều dọc trên màn chắn kim loại, màn chắn cách điện cũng như lớp vỏ bọc bên ngoài [9].

Trong quá trình thử nghiệm đó, các chất lượng vật liệu khác nhau được phân tích bằng thử nghiệm nóng, thử nghiệm co ngót, thử nghiệm lão hóa, thử nghiệm áp suất Và thử nghiệm độ tinh khiết. Tất cả các thử nghiệm đều được thực hiện trên một mẫu cáp điện ngầm XLPE 19/33 (36) kV 3x 800 mm² bổ sung được lấy từ mẫu thử nghiệm cuộn dây.

- Tại một bài kiểm tra điện áp 2 x U0 mức phóng điện cục bộ lớn nhất phải là ≤ 2pc.
- Đo độ tan ở nhiệt độ môi trường: ≤ 0,004 ở điện áp thử nghiệm U0.
 - Đo Tan ở nhiệt độ ruột dẫn lớn nhất trong hoạt động bình thường: ≤ 0,008 ở điện áp thử nghiệm U0.
 - Thử nghiệm chu kỳ nhiệt tiếp theo là thử nghiệm phóng điện cục bộ: 20 chu kỳ gia nhiệt với thời gian gia nhiệt ít nhất 8h ở nhiệt độ ruột dẫn lớn nhất được thực hiện trên mẫu đó.
 - Thử nghiệm phóng điện cục bộ ở nhiệt độ ruột dẫn lớn nhất trong hoạt động bình thường: Điện áp thử nghiệm được tăng dần lên Và giữ ở 2,4 x U0 trong ≥ 60 s Và sau đó giảm từ từ xuống 2,0 U0. Ở điện áp thử nghiệm là 2 x U0 , mức phóng điện cục bộ lớn nhất phải là ≤ 2 pc.
 - Thử nghiệm khả năng chịu xung: Mẫu được làm nóng đến nhiệt độ ruột dẫn từ 95 đến 100°C. Đặt mười xung dương Và mười xung âm lên mẫu thử nghiệm với điện áp xung là 170 kV.
 - Thử nghiệm điện áp cao ở nhiệt độ môi trường: Điện áp thử nghiệm xoay chiều 4 x U0 được đặt trên mẫu thử nghiệm trong thời gian 4 h. Trong thời gian đó không có sự cố nào được quan sát thấy.

Sau khi hoàn thành tất cả các thử nghiệm điện, vòng thử nghiệm đã được tháo dỡ. Kết cấu của cáp đã được kiểm tra bằng mắt thường và không có bất kỳ dấu hiệu hư hỏng nào như rò rỉ, ăn mòn hoặc co ngót có hại và suy giảm điện có thể ảnh hưởng đến hệ thống đang Vận hành.

Một mẫu cáp dài khoảng 0,5 m đã được chọn để phân tích chi tiết hơn. Ruột dẫn đã được kiểm tra Và thực hiện phép đo độ cách điện, vỏ bọc

Cả Cigre Electra 171 và Cigre TB 490 đều khuyến nghị thực hiện thử nghiệm thấm nước theo chiều dọc trên ruột dẫn và trên màn chắn kim loại như một phần của trình tự thử nghiệm kiểu không dùng điện [7,8]. Với mục đích đó, các mẫu được chọn đã được xử lý trước bằng các thử nghiệm cơ học 1 theo điều 2.2 của CIGRE ELECTRA 171 và liên tiếp 3 chu kỳ gia nhiệt như quy định trong các khuyến nghị của Cigre [7,8]. Các mẫu thử nghiệm đã được xử lý trước được đặt bên trong các buồng thử nghiệm áp lực nước theo thiết lập thử nghiệm được quy định trong Cigre TB 490 (xem Hình 9) [8].

Thử nghiệm thấm nước trên ruột dẫn và màn chắn kim loại được thực hiện với áp suất thử nghiệm là 30 bar trong thời gian mười ngày. Áp suất thử nghiệm áp dụng tương ứng với độ sâu lắp đặt tối đa là 300 m đối cáp điện ngầm.

Mẫu cáp của thử nghiệm thấm nước trên mẫu thử nghiệm màn chắn kim loại được xử lý bằng 10 chu kỳ gia nhiệt trong khi áp suất thử nghiệm 30 bar được đặt lên mẫu và nhiệt độ nước bằng nhiệt độ môi trường.

bên ngoài và độ dày vỏ bọc kim loại mà không có bất kỳ dấu hiệu hư hỏng nào.

Phần III: Thử nghiệm kiểu không điện

Tiêu chuẩn quốc tế IEC 60811 và tiêu chuẩn quốc gia DIN EN 60811 quy định trình tự thử nghiệm không điện (xem Bảng 2) trên cách điện, ruột dẫn.

Thử nghiệm cho thấy độ sâu thấm nước dưới 0,3 m bên trong ruột nhôm của lõi nguồn XLPE 1x 800 mm² 19/33 (36) kV sau thời gian thử nghiệm là mười ngày.

Bên trong màn hình kim loại, độ sâu thấm nước dưới 1,5 m đã được đo sau cùng một khoảng thời gian.

BẢN TÓM TẮT

Việc giảm chi phí cáp điện ngầm đạt được nhờ sử dụng nhôm làm vật liệu dẫn thay vì đồng. Một thiết kế cáp điện ngầm MV-AC với một dây dẫn nhôm đã được phát triển và đủ tiêu chuẩn theo Cigre Electra 171 và Cigre TB 490 cho lượng nước tối đa.

1 Theo khuyến nghị trong cigre TB 490, việc xử lý trước cơ học không được thực hiện trên mẫu được sử dụng cho thử nghiệm thấm nước trên màn chắn kim loại.

NGƯỜI GIỚI THIỆU

- [1] cenelec, 2010, "cáp phân phối có cách điện ép đùn cho điện áp danh định từ 3,6 / 6 (7,2) kV đến Và bao gồm 20,8 / 36 (42) kV", cenelec HD620 10c / DIN VDE 0276-620 S2
- [2] IEC, 2014, "cáp điện có cách điện ép đùn Và các phụ kiện của chúng dùng cho điện áp danh định từ 1 kV (Um = 1,2 kV) đến 30 kV (Um = 36 kV) - Phần 2: cáp dùng cho điện áp danh định từ 6 kV (Um = 7,2 kV) đến 30 kV (Um = 36 kV) ", IEC 60502-2 phiên bản 3.0 [3] EN, 2012, " Dây thép không hợp kim được tráng kẽm hoặc hợp kim kẽm dùng để bọc cáp điện hoặc cáp Viễn thông - Phần 2: cáp tàu ngầm ", EN 10257-2: 2012-02
- [4] EN, 2009, "Dây Và sản phẩm dây thép - Lớp phủ kim loại màu trên dây thép - Phần 2: Lớp phủ hợp kim kẽm hoặc kẽm", EN 10244-2: 2009-08
- [5] IEC, 2004, "Dây dẫn của cáp cách điện" IEC 60228 phiên bản 3.0
- [6] MA Vac, LAD Agular, SF Estefen Và M. Brack, "Thực nghiệm xác định độ cứng dọc trục, xoắn Và uốn của cáp rỗng", được trình bày tại OMAE98, 1998.
- [7] cigre, 1997 "các khuyến nghị Về thử nghiệm cơ học trên cáp ngầm" Electra no. 171, 59-65 "
- [8] cigre, 2012 "Khuyến nghị thử nghiệm cáp quang biển Ac dài có cách điện ép đùn cho điện áp hệ thống trên 30 (36) đến 500 (550) kV", TB 490
- [9] IEC, 2012 "cáp điện Và cáp quang - Phương pháp thử nghiệm đối Với Vật liệu phi kim loại - Phần 100: chung ", IEC 60811.

