

**NGHIÊN CỨU, CHẾ TẠO THIẾT BỊ CẤP ĐIỆN ÁP CAO CHO BẦU LỌC TĨNH ĐIỆN
XỬ LÝ MUỘI TRONG KHÍ XẢ ĐỘNG CƠ DIESEL TÀU THỦY**
STUDY AND DESIGN HIGH VOLTAGE SUPPLY EQUIPMENT FOR
ELECTROSTATIC PRECIPITATOR TO TREAT PARTICULAR MATTER IN EXHAUST
GAS OF DIESEL ENGINE

PGS.TS. TRẦN HỒNG HÀ; PGS.TS. NGUYỄN HỒNG PHÚC

Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

ThS. NGUYỄN ĐỨC THỌ

Sở SGVT Hải Phòng

Tóm tắt

Bài báo giới thiệu kết quả nghiên cứu chế tạo thiết bị cấp điện áp cao tới - 70kV với mục đích làm bộ nguồn để cấp điện áp một chiều cho bộ lọc bụi tĩnh điện. Bộ lọc bụi này được lắp trên đường xả của động cơ diesel tàu thủy với mục đích xử lý bụi trong khí xả. Thiết bị cung cấp điện áp cao cấp điện áp âm một chiều ổn định từ (0-70) kV tùy theo tải của bầu lọc tĩnh điện. Hệ thống điều khiển tín hiệu điện áp đầu vào để duy trì điện áp cấp không đổi. Kết quả thử nghiệm cho thấy hệ thống làm việc ổn định, an toàn và có các mạch bảo vệ khi có hiện tượng ngắn mạch và phóng điện.

Abstract

This paper introduces a result of designed high voltage supply equipment up to 70kV. This equipment is used as a source to provide high voltage for electrostatic precipitator that used to treat particulate matter in exhaust gas of marine diesel engine. This equipment supply a stability negative high voltage in range 0-70 kV depending on the load of electrostatic precipitator. It could alter input voltage to maintain output voltage. The results show that the system operate stability, safety and it protects short circuits and spark.

Key words: High voltage supply, electrostatic precipitator.

1. Đặt vấn đề

Trong các phương pháp xử lý khí xả, phương pháp sử dụng bầu lọc tĩnh điện là phương pháp có hiệu quả xử lý bụi rất cao nhất là đối với các hạt bụi có kích thước nhỏ hơn 1 μ m. Bầu lọc tĩnh điện có ưu điểm nổi bật hơn so với tất cả các hệ thống khác do có có tổn thất áp suất khi lắp đặt trên đường xả thấp, công suất xử lý bụi lớn, làm việc tương đối ổn định với khí xả của tàu thủy ở nhiệt độ cao và có hiệu suất xử lý bụi cao hơn 99,5% đồng thời với chi phí bảo trì thấp. Trên tàu thủy sử dụng phương pháp xử lý bụi trong khí xả của động cơ diesel bằng bầu lọc tĩnh điện là phương pháp được lựa chọn thích hợp để lắp đặt. Trong bầu lọc tĩnh điện quá trình tách các hạt bụi trong khí xả theo nguyên lý lực hút tĩnh điện của điện cực trái dấu. Quá trình tách các hạt bụi trong khí xả có thể được chia thành năm bước như sau:

- Tạo ra luồng điện tử và ion;
- Nạp điện cho bụi;
- Thay đổi hướng và hút hạt bụi;
- Thu bụi trên các cực thu;
- Làm sạch bụi trên cực thu.

Ở điện thế cao, từ các cực phóng trong bầu lọc tĩnh điện sẽ tạo ra các thác điện tử và ion (điện hóa) trong đó phần lớn các phân tử khí được nạp điện mang điện trong pha khí, cường độ tới hạn của điện trường được tạo ra để tạo ra cường độ điện trường cao, áp dụng thiết kế điện cực đặc biệt điện áp cao để hạn chế điện áp vượt quá một giá trị xác định, tránh việc tạo ra dòng điện giữa hai điện cực có thể tạo ra hiện tượng phóng tia lửa điện. Đây là điện áp vàng quang khởi phát, một sự gia tăng hơn nữa điện áp sẽ dẫn đến một hiện tượng dẫn điện tích đến khi xảy ra phóng hồ quang. Các hồ quang đánh vào luồng khí, mất điện tích nạp điện cho bụi.

Nguồn điện áp cao có một sự đa dạng về cấu hình và khả năng. Kích thước, hình dáng, trọng lượng, đầu vào và đầu ra, nhiệt và nhiễu điện từ che chắn, phương pháp làm mát, kết nối, vv, có thể thay đổi theo từng ứng dụng. Tùy thuộc vào các thông số kỹ thuật, yêu cầu quy định, vị trí lắp đặt và điều kiện làm việc trên tàu thủy để thiết kế thiết bị tạo điện áp cao phù hợp.

2. Thiết kế thiết bị cấp điện áp cao cho bầu lọc tĩnh điện xử lý muối trong khí xả động cơ diesel tàu thủy

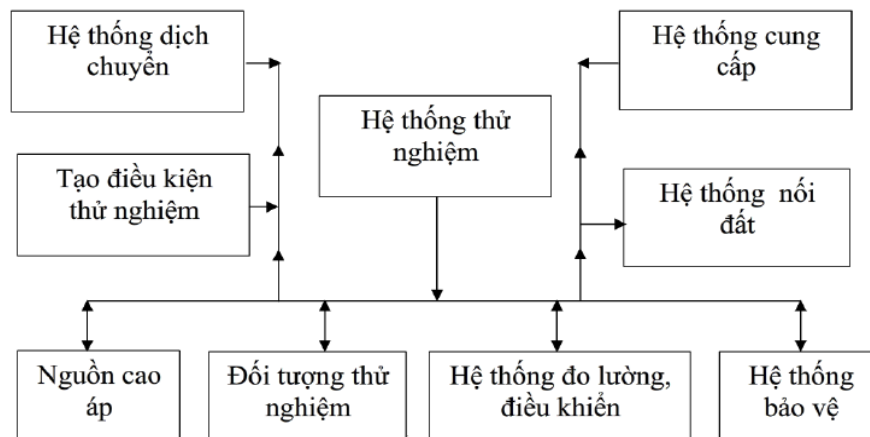
2.1. Cơ sở thiết kế

Một số thông số ở phụ tải định mức của động cơ diesel:

- Động cơ diesel: Weichai, 4 kỳ, tăng áp
- Công suất: 132 kW;
- Lượng khí xả: 3000-5000 l/giờ;
- Nhiệt độ khí xả: 300°C;
- Hàm lượng muối trong khí xả: 0.5 g/m³.

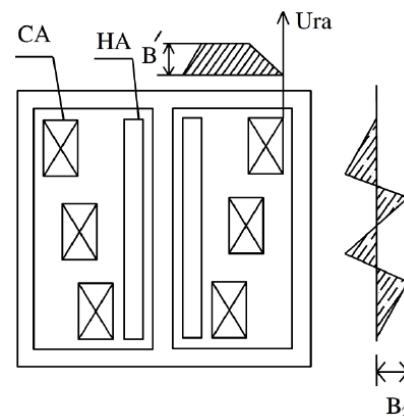
2.2. Thiết kế thiết bị cấp điện áp cao

Khi thiết kế thiết bị cấp điện áp cao (máy biến áp) tạo điện áp cao cần có hệ thống thử nghiệm với sơ đồ như sau:



Hình 1. Sơ đồ thử máy biến áp điện áp cao

Phương án quấn dây cho máy biến áp cao áp



Hình 2. Sơ đồ quấn dây biến áp điện áp cao

Trong máy biến áp, cuộn dây cao áp và thấp áp ở hai phía được quấn quanh hình trụ tròn và hai cuộn bố trí tách riêng trên hai trụ. Phương pháp quấn dây kiểu này cũng giống như kiểu quấn dây của máy biến áp thông thường. Trong các máy biến thế cao áp khi chế tạo phải chú ý đến sự tập trung của điện trường để đặt màn chắn hoặc tăng cường cách điện bên trong cuộn cao áp. Điện áp ra của máy biến áp được tính như sau:

$$U_{nx} = \frac{7,92 \cdot f \cdot S' \cdot \beta \cdot a_r \cdot k_r \cdot k_q \cdot 10^{-3}}{U_v^2} \quad (1.1)$$

Trong đó:

f: Tần số lưới, Hz;

β : Hệ số hình dáng, $\beta = 1.2$;

k_r : Hệ số Rogovski, $k = 0,95$;

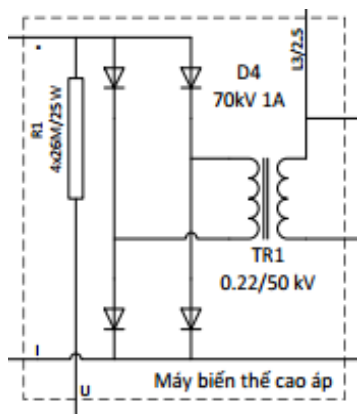
k_q : Hệ số qui đổi thực nghiệm;

a_r : Chiều rộng qui đổi rãnh từ tản nhiệt, m;

S' : Công suất máy biến áp, kVA.

U_v : Điện áp thực của mỗi vòng dây, V.

Trong máy biến áp cuộn dây sơ cấp và thứ cấp được quấn và xếp thành hình bậc thang. Ở phía đầu ra của cuộn cao áp cuộn dây có đường kính nhỏ dần. Từ trường tản của các cuộn dây phân bố như hình 2. Trong đó B_1, B_1' là từ thông tản chính, B_2 là từ thông tản do các cuộn dây nằm ở độ cao khác nhau tạo ra. Phương án quấn dây này có các ưu điểm do đầu cấp cao áp ra nằm ở cuộn dây được đặt phía trên gần với vị trí của sứ cách điện trên nóc máy biến áp do đó sẽ giảm được chiều dài của dây cao áp và đảm bảo được các vấn đề về cách điện.



Hình 3. Biến áp điện áp cao

Trong khi quấn dây do các cuộn dây được đặt cách nhau theo hình bậc thang tạo ra một khoảng cách giữa các đầu cuộn dây lớn hơn. Điện áp của cuộn dây càng lớn vị trí đặt các cuộn dây càng xa (khoảng cách giữa các cuộn nằm kế tiếp nhau) làm cho độ cách điện giữa cuộn dây có điện áp thấp và cuộn dây có điện áp cao tăng lên.

- Cách quấn này sẽ giảm được độ cách điện của các vòng dây nằm trong một cuộn dây.
- Giảm được chiều dài của đầu cấp ra điện áp cao trong máy biến áp tăng được độ an toàn và tin cậy trong khi biến áp hoạt động.
- Trong máy biến áp có dầu làm mát nên truyền nhiệt được tốt hơn.
- Máy biến áp có cấu tạo đơn giản nên vận hành, bảo dưỡng và sửa chữa thuận lợi.

Bộ chuyển đổi điện áp dùng cầu chỉnh lưu bằng Thyristor

Sơ đồ hình 3 là cấu trúc cơ bản của mạch chuyển đổi dùng cầu chỉnh lưu bằng Thyristor. Cầu chỉnh lưu cho phép dòng công suất đi từ xoay chiều (AC) sang phía 1 chiều (DC). Bộ chuyển đổi công suất có chế độ làm việc khác nhau phụ thuộc vào góc điều khiển α . Bộ chỉnh lưu làm việc với góc $0 < \alpha < 90$. Các van Thyristor làm nhiệm vụ đóng - mở, để dẫn dòng khi có xung kích hoạt vào cực điều khiển (Pulse gate). Đồng thời điện áp thuận được đặt lên 2 cực Anốt (+) và Katốt (-). Mỗi Thyristor chỉ dẫn dòng theo 1 chiều duy nhất, chỉ khóa khi đặt một điện áp ngược lên 2 cực Anốt (+) và Katốt (-) và dòng về 0.

Làm mát máy biến áp

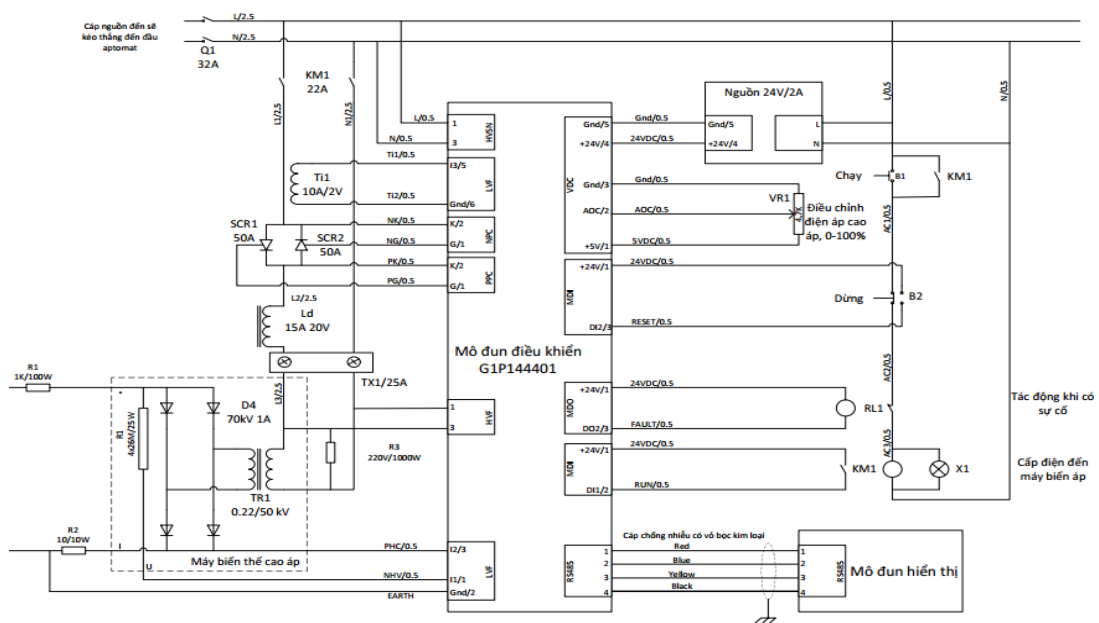
Trong máy biến áp có sử dụng dầu khoáng để làm mát và nó có tính cách điện. Dầu khoáng này khi nhận nhiệt từ các cuộn dây sẽ thay đổi thể tích do giãn nở do vậy thùng chứa có thể tích không gian máy biến áp phải có chỗ dư thừa để không làm tăng áp suất khi dầu giãn nở. Thường thể tích thừa này chính là các cánh bên hông thùng dầu, do thùng dầu là loại kín nên dầu trong thùng không bị ô xy hóa do vậy kéo dài tuổi thọ của dầu và không cần phải bảo dưỡng thường xuyên. Thường sau 10 năm mới cần kiểm tra tính chất của dầu trong thùng, dầu rò lọt cũng dễ dàng phát hiện và nước bên ngoài khó thâm nhập được vào thùng.

2.3. Thiết kế mạch điện hệ thống của thiết bị cấp điện áp cao

Việc cung cấp điện được thiết kế để cung cấp điện áp đầu ra lớn (DC), tại các dòng thấp. Các đầu ra có thể được điều chỉnh bằng các điện trở biến. Dưới đây là những thông số kỹ thuật quan trọng.

- Đầu ra phạm vi điện áp: (0÷50) kV DC;
- Tối đa sản lượng hiện tại: 20 mA;
- Điện áp vào: 220 V Ac;
- Đầu vào hiện tại: (0,5÷1) ampe;
- Công suất trung bình của thiết bị: (40 ÷ 60) watts.

Thiết bị điều khiển cấp điện nguồn áp cao áp gồm một biến áp cấp điện áp cao và một module được thiết kế điều khiển tự động. Trong module điều khiển tự động là bộ G1P144401 như trong hình 4, module điều khiển tự động này được kết hợp với một bộ lẳng, việc điều chỉnh tự động trong bộ lẳng được thông qua nhờ các góc mở của các thyristor. Biến áp cấp điện thế cao áp được lắp cùng với một cầu chỉnh lưu để thay đổi điện áp xoay chiều thành điện áp một chiều được cung cấp đến hệ thống điện cực ở đầu ra tạo ra công suất điện.



Hình 4. Sơ đồ mạch điện của thiết bị cấp điện áp cao

Trong hệ thống mạch điện hình 4 gồm có một bộ thyristor, bộ này được mắc song song ngược với mục đích điều chỉnh dòng điện trước khi nó được cấp tới cuộn sơ cấp của biến áp cao áp TR1 qua cuộn điện cảm. Ở phía cuộn thứ cấp, điện áp được cấp qua bộ cầu chỉnh lưu cao áp sau đó cấp tới trực tiếp các điện cực. Tín hiệu dòng điện được đo và được đưa về làm tín hiệu phản hồi, trong khi đó tại bộ lắng giá trị trung bình của nó là thông số mà thông số này được điều chỉnh ở trong một vòng lặp kín. Bộ G1P144401 là bộ điều khiển tự động theo nguyên lý PI (tích phân- tỉ lệ), trong đó tín hiệu đo được của dòng trung bình so sánh với tín hiệu của dòng danh định, giá trị độ lệch này là một hàm của thời gian, theo chương trình được lập, độ sai lệch đưa tới bộ G1P144401. Các thyristor tạo ra xung mở để thay đổi độ lệch này. Tín hiệu điện áp được đưa về module điều khiển để ngăn ngừa tia lửa điện tạo ra và phục hồi lại điện áp bị giảm.

Trong bầu lọc tĩnh điện hiệu quả xử lý muối có liên quan với năng lượng của điện hoá được tạo ra từ nguồn cấp điện thế cao, nồng độ muối trong khí xả sẽ giảm khi tăng công suất của quá trình điện hoá, điều đó làm cho hiệu suất xử lý muối tăng theo công suất điện hoá. Trong hệ thống này bộ chỉnh lưu hoạt động được chế độ kích một chiều truyền thống.

Bộ chỉnh lưu kích một chiều truyền thống: Trong hệ thống bộ điều khiển pha thyristor dùng để thay đổi điện áp sau đó cấp cho cuộn sơ cấp của máy biến thế cao áp với mục đích thay đổi công suất điện hoá. Trong thiết kế, hệ số phản hồi được chọn tương thích, do đó điện áp sơ cấp sẽ tăng tới giá trị yêu cầu, điện áp thứ cấp sẽ được chỉnh lưu nhờ cầu chỉnh lưu điện áp cao. Điện áp thứ cấp sau khi được chỉnh lưu thành một chiều được cấp tới bầu lọc tĩnh điện mà không cần qua bộ lọc. Đầu ra của bộ cấp điện áp ra cho điện áp âm.

Trong sơ đồ mạch có lắp thêm một điện cảm để hạn chế dòng, cuộn này được đấu nối tiếp với cuộn sơ cấp của máy biến thế cao áp và thêm mục đích tăng trở kháng ngăn mạch trong bầu lọc. Nguyên lý cơ bản của nó là thay đổi góc mở của các thyristor điều khiển mắc ở đầu vào của biến áp. Việc làm trễ góc mở thyristor, qua đó làm giảm giá trị dòng trung bình và điện áp trung bình của bộ lắng.

4. Chế tạo thiết bị cấp điện áp cao



Hình 5. Máy biến áp



Hình 6. Hộp điều khiển

Biến áp được chế tạo (hình 5) có thông số: Dài: 0.6 m; Rộng: 0.5 m; Cao: 0.5 m;
Điện áp vào: 220 V; Điện áp ra: 70000 V, khoảng điều chỉnh: 0-70000 V.

5. Kết luận

Thiết bị cấp điện áp cao được thiết kế và thử nghiệm. Quá trình thử nghiệm thiết bị nạp điện cho bầu lọc tĩnh điện để xử lý muối trong khí xả của với động cơ diesel Weichai, 4 kỳ, tăng áp tại trung tâm nghiên cứu cho thấy thiết bị có thể cấp được điện áp cao tới -70 kV. Điện áp một chiều với mạch điều khiển chỉnh lưu bằng Thyristor trong điều khiển dòng điện và điện áp. Kết quả thử nghiệm khi sử dụng mạch điều khiển chỉnh lưu 4 xung giá trị dòng điện và điện áp đầu ra của mạch điều khiển luôn bám theo các giá trị đặt, hệ thống làm việc đạt trạng thái ổn định.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Hoàng Kim Cơ, *Kỹ thuật lọc bụi và làm sạch khí*. NXB Giáo dục, 1999.

[2] Electrostatic Precipitator (manual for PIACS DC control unit for HV- Supply and rapping system)- FLS miljo, 1993.