

THIẾT KẾ CHẾ TẠO MÁY PHÁT TIA X SỬ DỤNG ĐỂ CHỤP ẢNH BỨC XẠ TRONG CÔNG NGHIỆP

ĐINH CHÍ HƯNG, NGUYỄN ĐỨC HUYỀN,
NGUYỄN VĂN SƠN, VŨ TIẾN HÀ

Trung tâm Đánh giá không phá hủy
Viện Năng lượng Nguyên tử Việt Nam

Trong khuôn khổ bài viết này, các tác giả đề cập đến việc thiết kế, chế tạo máy phát tia X sử dụng để chụp ảnh bức xạ trong công nghiệp với điện áp phát 130-260 kV, dòng không đổi 5 mA và thời gian chiếu tối đa 5 phút. Đây là loại máy thuộc thế hệ mới, sử dụng biến áp cao áp lõi ferit, làm nguội bằng khí SF₆. Tính toán lý thuyết cũng như thử nghiệm thực tế cho thấy, sản phẩm tạo ra có thể chụp ảnh bức xạ các mẫu thép thông thường có bề dày tối đa 40 mm.

Từ khóa: máy phát tia X.

THE DESIGN AND MANUFACTURE OF X-RAY GENERATOR USED FOR INDUSTRIAL RADIOGRAPHY

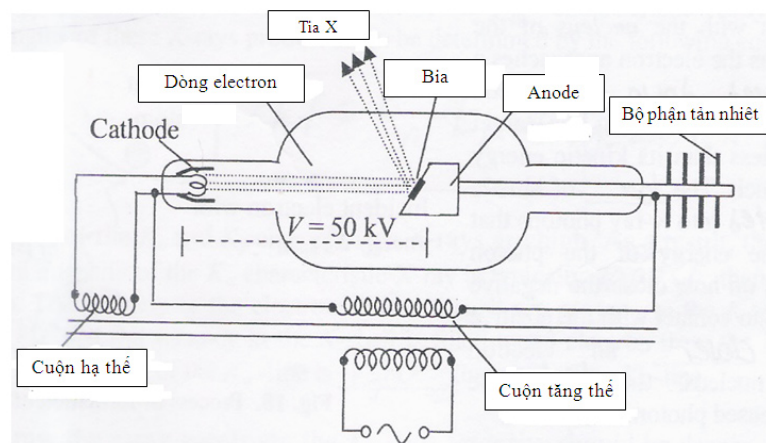
Summary

X-ray Generator used for industrial radiography is composed of a head of X-ray emission and a control unit. In the Vietnamese market, there are now many kinds of X-ray machine produced by different countries. However, in the scope of the paper, we would only focus on the machine with the main technical specification of 130-260 kV, 5 mA and exposure time upto 5 minutes and most popularly used in Vietnam. This is an upgrading generation of X-ray machine, using HV ferrite transformer and cooling by SF₆ gas. It allows to exposure a steel with the thickness of 40 mm.

Keywords: X-ray Generator.

Mở đầu

Tia X được Wilhelm Conrad Roentgen - Giáo sư tại Đại học Wuerzburg (Đức) khám phá năm 1895 trong quá trình lặp lại các thí nghiệm của Hertz và Lenard với ống Crookes, Roentgen đã phát hiện ra một loại tia mới, phát ra từ ống phát. Tia mới này có khả năng đi qua tờ giấy dày và kích thích các vật liệu lân quang trong phòng. Ông cũng thấy rằng, tia mới có thể đi qua hầu hết các vật liệu có mật độ cao, tạo ra các bóng chiếu của chúng lên kính ảnh, ông đã đặt tên cho tia mới này là tia X. Từ phát minh của Roentgen, các máy phát tia X đã ra đời và ngày càng được cải tiến, đóng góp rất nhiều lợi ích cho tất cả các lĩnh vực của đời sống - xã hội, từ y tế cho đến công nghiệp, quân sự, an ninh... Hình 1 mô tả nguyên lý hoạt động của máy phát tia X.

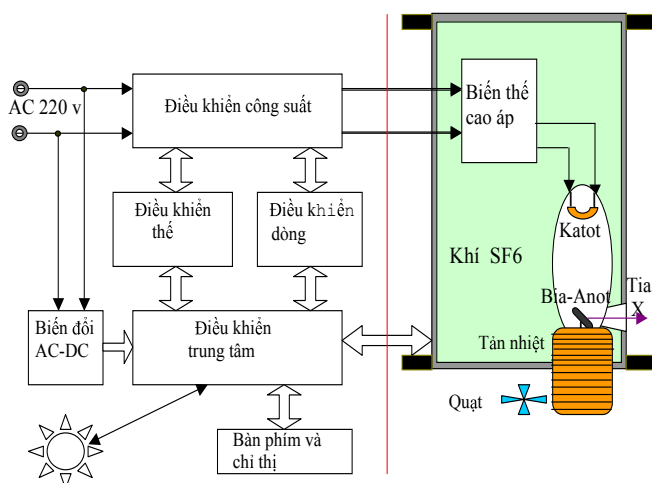


Hình 1: nguyên lý của máy phát tia X

Dựa trên nguyên lý hoạt động của máy phát tia X công nghiệp và trên cơ sở nghiên cứu, khảo sát một số thiết bị tương tự hiện có trên thị trường, chúng tôi đã nghiên cứu, thiết kế và chế tạo thành công mẫu máy phát tia X xách tay với các chỉ tiêu kỹ thuật đảm bảo yêu cầu hiệu chuẩn và kiểm định, được sử dụng ổn định tại công trường. Việc chế tạo thành công thiết bị này đã góp phần nâng cao hàm lượng nội địa hóa sản phẩm, giảm giá thành, thay thế nhập khẩu và giúp làm chủ công nghệ bảo trì, sửa chữa và kiểm định/hiệu chuẩn thiết bị vốn là vấn đề nan giải của Việt Nam.

Thiết kế, chế tạo máy phát tia X

Cấu tạo, nguyên lý hoạt động của thiết bị phát tia X chụp ảnh bức xạ trong công nghiệp



Hình 2: sơ đồ khối của thiết bị phát tia X

Về cơ bản, hệ thiết bị phát tia X gồm hai phần: đầu phát tia X và hệ điều khiển.

Đầu phát tia X: gồm hai phần chức năng chính: khối biến thế cao áp tạo điện áp gia tốc điện tử và điện áp đốt cho katot ống phát; bóng phát tia X. Hai bộ phận này được đặt trong ống hợp kim nhôm hình trụ kín chứa khí cách điện SF₆ áp suất 4,5-5 at. Bóng phát tia X thực chất là ống gia tốc điện tử thẳng, gồm các bộ phận chính: Katot, Anot, vỏ bóng. Vỏ bóng phát tia X có thể bằng thủy tinh hay bằng gốm, bên trong là Katot, Anot và được giữ ở độ chân không cao. Katot gồm có một điện cực (cực âm) của cao thế, sợi đốt, hệ góp electron. Anot

gồm có cực dương của cao thế gia tốc và bia W (Vonfram). Bia W được nối đất và nối với các cánh tản nhiệt phía ngoài vỏ bóng phát tia X. Khi có dòng điện qua sợi đốt, sẽ tạo ra đám mây điện tử xung quanh sợi đốt. Dưới tác dụng của cao áp UAK các điện tử này được gia tốc, đập vào bia W và phát ra bức xạ hãm, đó chính là chùm tia X.

Hệ điều khiển: gồm 6 khối chức năng.

- Bộ biến đổi AC-DC: cung cấp nguồn một chiều điện áp thấp 5 V cho mạch điều khiển trung tâm và 12 V cho mạch điều khiển thể, điều khiển dòng, bàn phím và chỉ thị.

- Bộ điều khiển trung tâm: kiểm tra các điều kiện hoạt động của hệ thiết bị như nhiệt độ, áp suất, dòng, thể và lệnh điều khiển của người sử dụng thông qua bàn phím điều khiển, đồng thời xuất ra các lệnh ON/OFF việc phát tia.

- Mạch điều khiển thể: nhận thể đặt từ người sử dụng và phát xung điều khiển mạch điều khiển công suất.

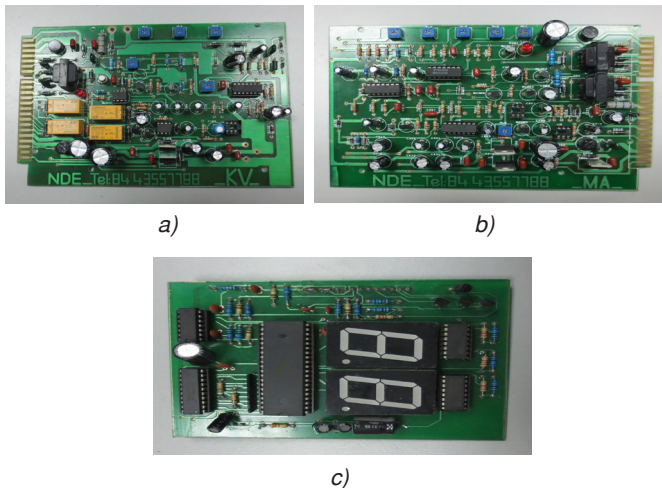
- Mạch điều khiển dòng: nhận tín hiệu phản hồi từ đầu phát tia để ổn định dòng phát tia X duy trì ổn định tại giá trị 5 mA (5%).

- Mạch điều khiển công suất: nhận tín hiệu từ các mạch điều khiển thể, điều khiển dòng để điều khiển biến thế cao áp tạo ra điện áp cao áp, dòng phát tia và dòng sợi đốt.

- Bàn phím và chỉ thị: nhận lệnh điều khiển từ người sử dụng như thời gian phát tia, giá trị cao áp (kVp) và ON/OFF; đồng thời hiển thị trạng thái phát tia như giá trị dòng phát, đếm lùi thời gian phát tia, các lỗi trạng thái hoạt động (quá dòng, quá áp, quá nhiệt...).

Thiết kế, chế tạo

Trong quá trình thiết kế, chế tạo, điều quan trọng nhất là chọn lựa mô hình thiết kế phù hợp, từ đó đặt mua các linh kiện mà Việt Nam chưa sản xuất được như bóng đèn phát tia X, biến thế cao áp, cũng như hình thành giải pháp gia công, chế tạo phù hợp với điều kiện của Việt Nam. Chẳng hạn, chúng tôi đã thiết kế và làm chủ công nghệ chế tạo các mạch điện tử như hình 3.



Hình 3: mạch điều khiển dòng (a), mạch điều khiển cao áp (b), mạch điều khiển trung tâm (c)

Để điều khiển được dòng, cao thế và toàn bộ quá trình hoạt động của máy phát theo mong muốn, chương trình điều khiển được viết trên ngôn ngữ lập trình KEIL C51 theo lưu đồ thuật toán như hình 4.

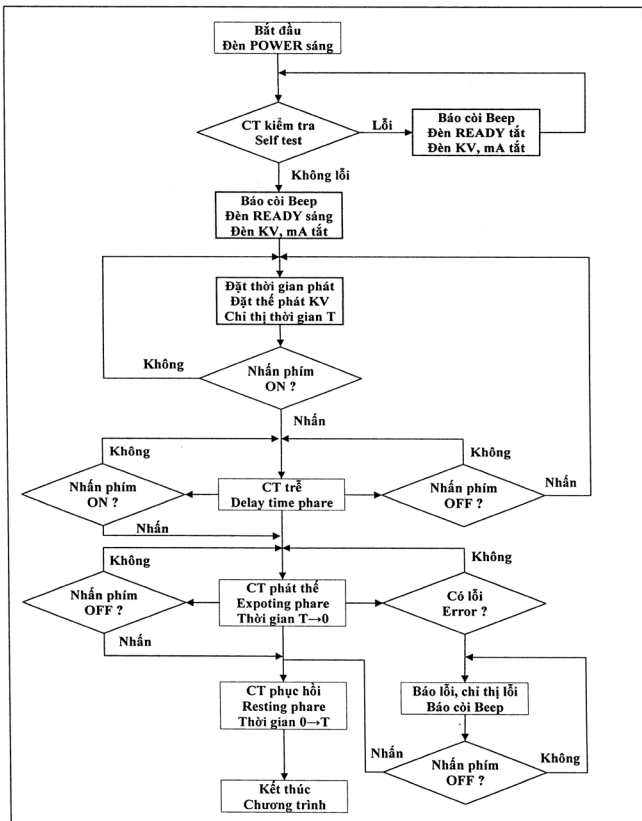


Figure 7: Thuật toán chương trình chính

Hình 4: lưu đồ thuật toán điều khiển hệ thiết bị phát tia X công nghiệp

Chế tạo và lắp ráp đầu phát tia X

Một trong các vấn đề quan trọng là độ kín của thân đầu phát, bên trong cần đảm bảo môi trường sạch, khô, đảm bảo độ cách điện để giảm thiểu hiện tượng phóng điện làm hư hỏng cuộn cao áp và các linh kiện bên trong đầu phát... Để giải quyết các vấn đề này, cần có một buồng sạch, thiết bị hút chân không, nạp khí argon làm khô và sạch môi trường trong đầu phát và nạp đầy khí SF6 tạo ra môi trường cách điện bảo vệ các bộ phận bên trong.

Thử nghiệm, kiểm định/hiệu chuẩn thiết bị

Bất cứ một sản phẩm công nghiệp nào từ khâu chế tạo đến khi đưa vào thương mại hóa đều cần phải qua các bước thử nghiệm, hiệu chuẩn và kiểm định để đảm bảo sự hoạt động tin cậy, ổn định. Hệ thiết bị phát tia X ngoài các tiêu chí đánh giá về chất lượng sản phẩm thông thường, còn một tiêu chí quan trọng nữa là phải đảm bảo về an toàn bức xạ theo quy định của Luật Năng lượng nguyên tử. Lô sản xuất đầu tiên gồm 3 máy đã được hiệu chuẩn, kiểm định và thử nghiệm tại phòng thí nghiệm, tại công trường với các chế độ làm việc khác nhau trong dải năng lượng cho phép... Kết quả cho thấy, hệ thiết bị được chế tạo, lắp ráp với quy trình công nghệ hoàn toàn đáp ứng tính ổn định về thông số kỹ thuật theo yêu cầu kỹ thuật của một thiết bị chụp ảnh bức xạ ion hóa.

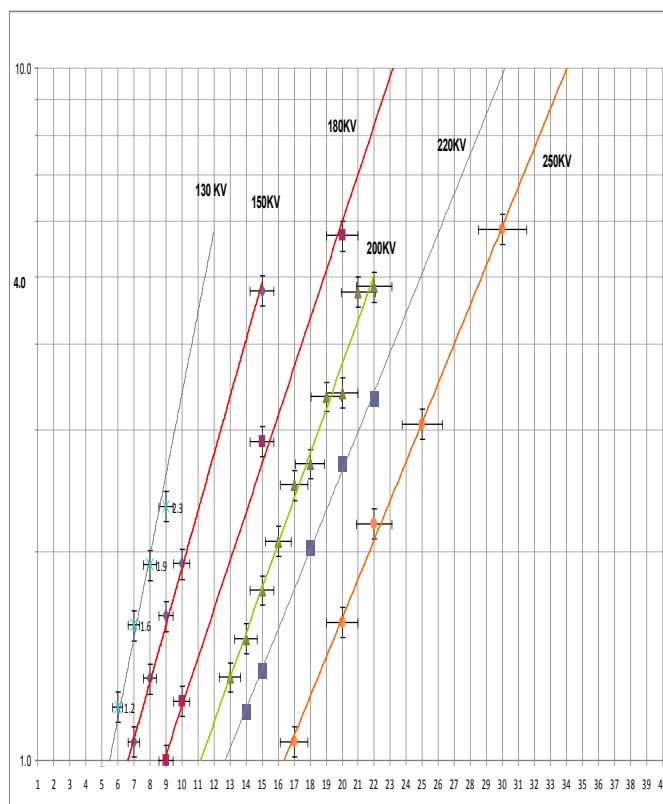


Hình 5: máy phát tia X hoàn chỉnh

Máy phát tia X sử dụng chụp ảnh bức xạ trong công nghiệp do chúng tôi thiết kế, chế tạo (hình 5) có các tính năng đáp ứng yêu cầu kỹ thuật và thực tế sử dụng tại hiện trường. Máy có model: X-ray Generator-NDE; số Serie: 001/NDE; cao thế (HV): 130-250 kV; dòng phát: 5 mA cố định.

Bảng 1: thông số kỹ thuật của máy X-Ray Generator-NDE

Chỉ tiêu	Thông số
Nguồn nuôi	AC20 ± 10%, 50 Hz
Công suất tiêu thụ	> 2,5 kW
Cao thế ống phóng	130 - 250 kV
Dòng ống phóng (cố định)	5 mA ± 5%
Tiêu điểm (mm)	2,0 x 2,0
Trọng lượng máy phát (kg)	35
Trọng lượng hộp điều khiển (kg)	12
Góc chùm tia bức xạ	40°
Độ dày xuyên tia cực đại thép A ₃ (mm)	40
Cách điện	Khí SF ₆
Nhiệt độ làm việc	10°C - 42°C
Độ ẩm	> 85%
Điều kiện làm việc	Khoảng cách FFD: 700 mm Thời gian chiếu tối đa: 5 phút
Áp lực an toàn của khí SF ₆	0,3 - 0,5 mPa



Hình 6: biểu đồ liều chiếu của máy phát X-Ray Generator-NDE

Kết luận

Sau hai năm nghiên cứu, trong khuôn khổ của dự án sản xuất thử nghiệm: Nghiên cứu chế tạo máy phát tia X chụp ảnh bức xạ trong công nghiệp thuộc đề án Phát triển ứng dụng bức xạ và đồng vị phóng xạ trong công nghiệp đến 2020, các nhà khoa học thuộc Trung tâm Đánh giá không phá huỷ đã thiết kế, chế tạo và lắp ráp thành công thế hệ máy phát tia X chụp ảnh bức xạ trong công nghiệp. Thiết bị đã qua thử nghiệm, hiệu chuẩn và kiểm định cho thấy, hệ máy hoạt động đáp ứng yêu cầu kỹ thuật, đảm bảo an toàn bức xạ và ổn định. Tính toán sơ bộ cho thấy, tỷ lệ nội địa hóa đạt 57% (tính theo giá thành sản phẩm bán ra). Việc chế tạo thành công thiết bị này đã giúp cho Trung tâm mở rộng được hướng dịch vụ mới trong lĩnh vực kiểm định/hiệu chuẩn thiết bị đánh giá không phá huỷ phù hợp với tiêu chuẩn ISO/IEC 17025:2005 (việc hiệu chuẩn và kiểm định máy phát tia X trong công nghiệp hiện chưa có đơn vị nào ở Việt Nam thực hiện một cách bài bản và nghiêm túc) ■

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Phúc, Nguyễn Văn Sĩ... *Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo thử nghiệm máy chụp X quang công nghiệp*, Hội nghị khoa học và công nghệ hạt nhân IX, 2011.
2. Nondestructive Testing Handbook, Vol.4 Radiographic Testing, ASNT.
3. X-ray Radiographic Film systems, GE sensing & inspection technologies, ©2008 General Electric Company.
4. Robert H. Bishop, The Mechatronics Handbook.