

SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP NỘI SUY HỖ TRỢ ĐO DÒNG KHÔNG TẢI CỦA BIẾN ÁP

Từ Viết Hoàng^{1*}, Vũ Tất Điệp¹

**Tác giả liên hệ, Email: tvhoang9@hou.edu.vn*

Ngày tòa soạn nhận được bài báo: 02/06/2025

Ngày phản biện đánh giá: 08/09/2025

Ngày bài báo được duyệt đăng: 15/10/2025

DOI: 10.59266/houjs.2025.735

Tóm tắt: Đặc tuyến từ hóa không tải là một thông số vận hành thiết yếu, phản ánh mối quan hệ phi tuyến giữa điện áp và dòng điện trong máy biến áp, có vai trò quan trọng trong việc đánh giá tổn hao và hiệu suất. Tuy nhiên, việc xác định đặc tuyến này qua thực nghiệm thường chỉ cho ra một bộ các điểm dữ liệu không liên tục, hạn chế khả năng phân tích và ứng dụng trong các mô hình mô phỏng. Bài báo này đề xuất một giải pháp toán học nhằm khắc phục hạn chế trên bằng cách áp dụng phương pháp nội suy đa thức Lagrange. Dữ liệu được thu thập từ thí nghiệm không tải trên ba máy biến áp sắt từ cách ly một pha với sự hỗ trợ của bộ kit Nvis 7004. Từ các điểm dữ liệu thực nghiệm rời rạc, một hàm giải tích liên tục $I_0=f(V_{in})$ đã được xây dựng. Mô hình toán học thu được không chỉ khớp chính xác với các điểm đo đặc mà còn mô tả thành công hiện tượng bão hòa từ của lõi thép. Cách tiếp cận này chứng tỏ hiệu quả trong việc biến đổi dữ liệu thực nghiệm thành một công cụ phân tích liên tục, hữu ích cho việc dự báo, tính toán và mô phỏng trong kỹ thuật điện.

Từ khóa: mô hình hóa máy biến áp, đặc tuyến V-I không tải, nội suy Lagrange, dữ liệu thực nghiệm, bão hòa từ, Nvis 7004

I. Đặt vấn đề

Máy biến áp là thiết bị điện từ tĩnh, đóng vai trò không thể thiếu trong các hệ thống năng lượng hiện đại, thực hiện chức năng biến đổi điện áp của dòng điện xoay chiều mà không làm thay đổi tần số[1]. Sự vận hành hiệu quả, ổn định và tin cậy của toàn bộ lưới điện phụ thuộc rất lớn vào hiệu suất và các đặc tính của từng máy

biến áp trong hệ thống. Do đó, việc kiểm tra và xác định chính xác các tham số vận hành của máy biến áp là một nhiệm vụ cơ bản và tối quan trọng trong kỹ thuật điện.

Trong các quy trình thử nghiệm tiêu chuẩn, thí nghiệm không tải (Open-Circuit Test) là một trong những phép đo cơ bản nhất, được thực hiện nhằm xác định các tham số quan trọng của mạch từ

¹ Khoa Điện - Điện Tử, Trường Đại học Mở Hà Nội

hóa, bao gồm tổn hao lõi sắt (tổn hao từ trễ và tổn hao dòng xoáy) và đặc tuyến từ hóa của máy biến áp[2]. Đặc tuyến từ hóa, biểu diễn mối quan hệ giữa điện áp đặt vào cuộn sơ cấp và dòng điện không tải (I_0) chạy qua nó, có bản chất phi tuyến và là một đặc trưng vận hành cốt lõi của máy biến áp.

Thách thức khoa học chính phát sinh từ bản chất của các phép đo thực nghiệm. Dữ liệu thu được từ phòng thí nghiệm, chẳng hạn như các bộ dữ liệu được sử dụng trong nghiên cứu này, chỉ là một tập hợp hữu hạn các điểm dữ liệu rời rạc. Mỗi điểm tương ứng với một giá trị dòng điện đo được tại một cấp điện áp cụ thể. Cách biểu diễn rời rạc này không cung cấp thông tin về trạng thái của máy biến áp tại các điểm vận hành trung gian và không thể được tích hợp trực tiếp vào các mô hình mô phỏng hệ thống điện yêu cầu các hàm giải tích liên tục.

Để giải quyết vấn đề này, nghiên cứu đề xuất ứng dụng phương pháp nội suy số (numerical interpolation) như một công cụ toán học mạnh mẽ để xây dựng một mô hình liên tục từ các dữ liệu rời rạc. Mục tiêu cụ thể của bài báo là sử dụng phương pháp nội suy đa thức Lagrange để xây dựng một hàm giải tích $I_0=f(V_{in})$ mô tả chính xác đặc tuyến không tải của máy biến áp. Quá trình thực nghiệm được tiến hành trên bộ kit thực hành Nvis 7004, một hệ thống tích hợp và được chuẩn hóa, đảm bảo tính chính xác và lặp lại của dữ liệu cùng với các đồng hồ đo có độ chính xác cao. Việc xây dựng thành công mô hình này không chỉ có ý nghĩa trong công tác giảng dạy và nghiên cứu mà còn cung cấp

một phương pháp hiệu quả để phân tích và dự báo hoạt động của máy biến áp trong thực tế.

II. Cơ sở lý thuyết

2.1. Nguyên lý máy biến áp và Thí nghiệm không tải

Máy biến áp hoạt động dựa trên nguyên lý cảm ứng điện từ do Michael Faraday khám phá[3]. Khi một điện áp xoay chiều được đặt vào cuộn dây sơ cấp, nó tạo ra một dòng điện gây nên một từ thông biến thiên trong lõi thép. Từ thông này móc vòng qua cuộn dây thứ cấp và cảm ứng trong đó một sức điện động xoay chiều, từ đó truyền năng lượng từ phía sơ cấp sang thứ cấp. Cấu tạo cơ bản của máy biến áp gồm cuộn dây sơ cấp, cuộn dây thứ cấp và lõi thép kỹ thuật điện. Lõi thép được ghép từ nhiều lá thép mỏng, có phủ lớp cách điện, nhằm mục đích giảm thiểu tổn hao do dòng điện xoáy (eddy current) gây ra.

Trong chế độ không tải, phía thứ cấp của máy biến áp được để hở mạch. Dòng điện chạy trong cuộn sơ cấp, gọi là dòng điện không tải (I_0), có giá trị nhỏ (thường từ 2% đến 10% dòng định mức) nhưng lại mang thông tin quan trọng về mạch từ. Dòng điện I_0 có thể được phân tích thành hai thành phần vuông pha với nhau[2]:

Thành phần từ hóa (I_m): Là thành phần phản kháng, có vai trò tạo ra từ thông chính trong lõi thép.

Thành phần tổn hao lõi (I_w): Là thành phần phản tác dụng, cung cấp công suất cho các tổn hao xảy ra trong lõi thép, bao gồm tổn hao từ trễ (hysteresis loss) và tổn hao dòng xoáy (eddy current loss).

Mối quan hệ giữa điện áp vào (V_{in}) và dòng điện không tải (I_0) không phải là tuyến tính. Sự phi tuyến này có nguồn gốc sâu xa từ đặc tính vật lý của vật liệu làm lõi thép. Theo định luật Faraday, điện áp vào tỷ lệ với tốc độ biến thiên của từ thông ($V \propto d\Phi/dt$) [4]. Từ thông này lại phụ thuộc vào cường độ từ trường (H), vốn tỷ lệ với dòng điện từ hóa (I_m). Mối quan hệ giữa mật độ từ thông (B) và cường độ từ trường (H) được mô tả qua đường cong từ hóa B-H của vật liệu. Đối với vật liệu sắt từ, đường cong này là phi tuyến. Khi điện áp thấp, lõi thép hoạt động trong vùng tuyến tính, B gần như tỷ lệ thuận với H , do đó I_m cũng gần như tỷ lệ thuận với V_{in} . Tuy nhiên, khi điện áp tăng lên đến một ngưỡng nhất định, lõi thép bắt đầu đi vào vùng bão hòa từ (magnetic saturation). Trong vùng này, một sự gia tăng nhỏ của B đòi hỏi một sự gia tăng rất lớn của H , dẫn đến dòng điện từ hóa I_m tăng vọt một cách đột ngột. Chính hiện tượng vật lý này là nguyên nhân gây ra dạng cong và dốc đứng của đặc tuyến V-I không tải quan sát được trong thực nghiệm, và do đó, đòi hỏi một phương pháp mô hình hóa phi tuyến như nội suy đa thức để biểu diễn chính xác[5].

2.2. Phương pháp nội suy trong phân tích dữ liệu kỹ thuật

nội suy là một phương pháp toán học cơ bản dùng để ước tính các giá trị chưa biết nằm trong phạm vi của một tập hợp các điểm dữ liệu đã biết. Trong khoa học và kỹ thuật, nội suy đóng vai trò then chốt trong việc chuyển đổi các kết quả thực nghiệm rời rạc thành các mô hình hàm số liên tục, phục vụ cho việc phân tích, dự đoán và mô phỏng[6]. Có nhiều phương pháp nội suy phổ biến như nội suy

tuyến tính, nội suy Spline, và nội suy đa thức[7]. Việc lựa chọn phương pháp nội suy phù hợp phụ thuộc vào bản chất của dữ liệu và mục tiêu của bài toán.

Nội suy tuyến tính: Là phương pháp đơn giản nhất, nối các điểm dữ liệu bằng các đoạn thẳng. Tuy nhiên, phương pháp này không thể mô tả được độ cong mượt của đặc tuyến từ hóa và sẽ gây ra sai số lớn, đặc biệt là ở vùng “đầu gối” (knee point) của đường cong, nơi bắt đầu xảy ra hiện tượng bão hòa.

Nội suy Spline: Sử dụng các đa thức bậc thấp (thường là bậc ba) trên từng khoảng nhỏ giữa các điểm dữ liệu và đảm bảo sự trơn tru tại các điểm nối. Phương pháp này tạo ra một đường cong mượt và tránh được các dao động mạnh của đa thức bậc cao. Tuy nhiên, kết quả là một hàm chập vá (piecewise function), không phải là một biểu thức giải tích duy nhất cho toàn bộ dải đo, điều này không phù hợp với mục tiêu của nghiên cứu là tìm ra một hàm toàn cục $I_0=f(V_{in})$.

Nội suy đa thức Lagrange: Phương pháp này cung cấp một giải pháp tối ưu cho bài toán. Với một tập hợp $n+1$ điểm dữ liệu $(x_0, y_0), \dots, (x_n, y_n)$, tồn tại duy nhất một đa thức nội suy $P(x)$ có bậc không quá n đi qua tất cả các điểm này. Đa thức này được xác định bởi công thức Lagrange[8]:

$$P(x) = \sum_{i=0}^n y_i L_i(x)$$

trong đó $L_i(x)$ là các đa thức cơ sở Lagrange:

$$L_i(x) = \prod_{j=0, j \neq i}^n \frac{x - x_j}{x_i - x_j}$$

Phương pháp Lagrange cung cấp một biểu thức giải tích duy nhất, toàn cục cho toàn bộ tập dữ liệu. Hàm đa thức này có thể dễ dàng được lấy đạo hàm, tích phân hoặc tích hợp vào các phần mềm mô phỏng phức tạp. Mặc dù đa thức bậc cao có thể gây ra hiện tượng dao động ở các biên (hiện tượng Runge), nhưng với số lượng điểm dữ liệu vừa phải (26-28 điểm trong mỗi bộ dữ liệu của nghiên cứu này) và một hệ thống vật lý có tính đơn điệu, nguy cơ này được giảm thiểu[9]. Lợi ích của việc có được một hàm giải tích toàn cục vượt trội hơn so với nhược điểm tiềm tàng này.

III. Phương pháp, vật liệu nghiên cứu

3.1. Thiết bị và vật liệu

Nền tảng thực nghiệm chính của nghiên cứu là bộ thí nghiệm máy biến áp một pha Nvis 7004 Single Phase Transformer Lab[10]. Việc sử dụng một bộ kit tích hợp đảm bảo một môi trường thí nghiệm được tiêu chuẩn hóa và có khả năng lặp lại cao, do nguồn xoay chiều thay đổi (biến áp tự ngẫu), máy biến áp cần đo, và các thiết bị đo lường đều là một phần của một hệ thống duy nhất, đã được hiệu chuẩn.

Các thông số kỹ thuật chính của bộ thí nghiệm Nvis 7004 được sử dụng trong nghiên cứu bao gồm :

Công suất định mức biến áp: 1 KVA

Điện áp cuộn dây: Sơ cấp 0-125V, 0-125V; Thứ cấp 0-125V, 0-125V

Dòng điện định mức: 4 A

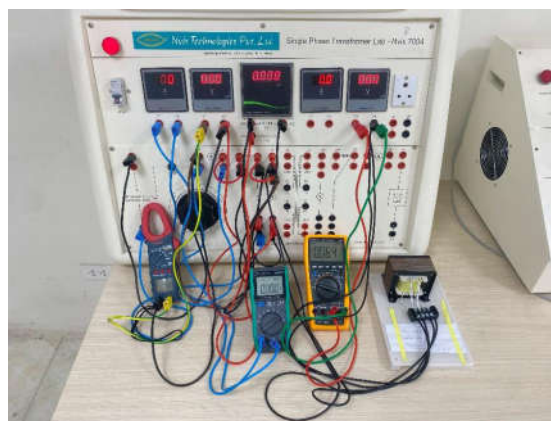
Thiết bị đo tích hợp: Vôn kế (dải đo

450V AC), Ampe kế (dải đo 1A AC, 5A AC), Oát kế (dải đo 100W, 1000W)

Biến áp tự ngẫu: 270V, 5A

Cùng với 3 đồng hồ đo các giá trị điện áp đầu vào, đầu ra và dòng của biến áp.

Đối tượng nghiên cứu là ba máy biến áp sắt từ cách ly, một pha, riêng biệt với các điện áp thứ cấp danh định là 12V, 15V và 35V.



Hình 1. Các thành phần thiết bị và đối tượng nghiên cứu trong thực nghiệm.

3.2. Quy trình thực nghiệm

Quy trình thực hiện thí nghiệm không tải tuân thủ nghiêm ngặt các bước an toàn theo kit thực hành Nvis 7004[10]. Sơ đồ mạch được thiết lập như sau: cuộn dây hạ áp của máy biến áp được nối với đầu ra của biến áp tự ngẫu, trong khi cuộn dây cao áp được để hở mạch. Các thiết bị đo gồm Vôn kế, Ampe kế và Oát kế được mắc ở phía hạ áp để đo tương ứng điện áp đầu vào (V_{in}), dòng điện không tải (I_0) và tổn hao sắt (P_{fe}). Do các thiết bị của NVIS có thể sai lệch nên sử dụng thêm các đồng hồ đo bên ngoài mắc vào các phần điện áp vào, ra và dòng của thiết bị để đo.

Quá trình thu thập dữ liệu được tiến hành bằng cách điều chỉnh từ từ biến áp

tự ngẫu để tăng điện áp đầu vào từ 0V đến khoảng 230V. Tại mỗi cấp điện áp ổn định, giá trị dòng điện không tải tương ứng được ghi lại cẩn thận. Quá trình này được lặp lại cho cả ba máy biến áp. Trong quy trình đo đặc dễ nhận thấy giá trị dòng điện khi quá nhỏ thì đồng hồ không thể đo được.

3.3. Phương pháp xử lý số liệu

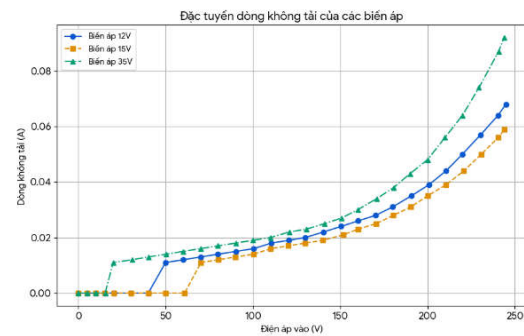
Các cặp dữ liệu thô (Điện áp vào, Dòng đo được) được trích xuất từ các tệp dữ liệu nguồn. Mỗi cặp dữ liệu này được xem như một mốc nội suy (x_i, y_i) , trong đó x_i là điện áp vào và y_i là dòng điện không tải.

Thuật toán nội suy Lagrange sau đó được triển khai bằng phần mềm tính toán chuyên dụng (ví dụ: MATLAB hoặc Python với các thư viện SciPy/NumPy) để tính toán đa thức nội suy duy nhất $P(x)$ cho từng bộ dữ liệu của ba máy biến áp.

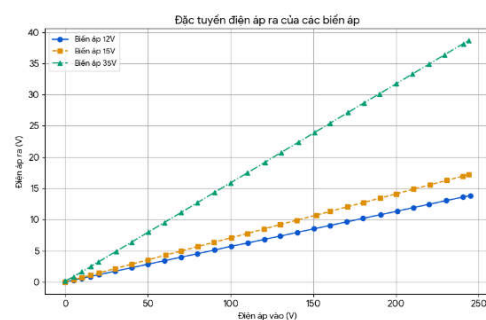
IV. Kết quả và thảo luận

4.1. Kết quả đo đặc thực nghiệm

Số liệu đo đặc dòng điện không tải (I_0) theo điện áp vào (V_{in}) của ba máy biến áp sắt từ cách ly một pha được tổng hợp và trình bày trong hình 1 với giá trị về dòng không tải và điện áp vào. Việc hợp nhất dữ liệu từ ba tệp riêng lẻ vào một bảng duy nhất cho phép so sánh trực quan và hiệu quả hơn về mặt khoa học. Đối với các giá trị dòng quá nhỏ dưới ngưỡng 0.01A thường sẽ gặp tình trạng không thể đo được do độ nhạy của đồng hồ đo điều này khiến cho dữ liệu khởi nguồn trong hình 2 sẽ thiếu logic. Việc dùng phương pháp nội suy sẽ giúp phục hồi các giá trị đó về chuẩn.



Hình 2. Dữ liệu thu được về dòng không tải khi đo đặc 3 biến áp 12V, 15V và 35V.

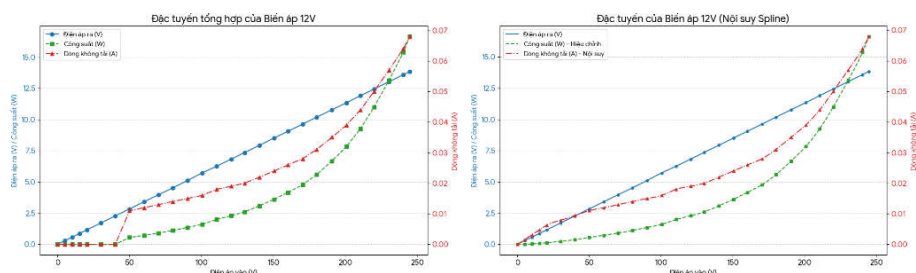


Hình 3. Dữ liệu thu được về quan hệ giữa điện áp vào và ra biến áp 12V, 15V và 35V.

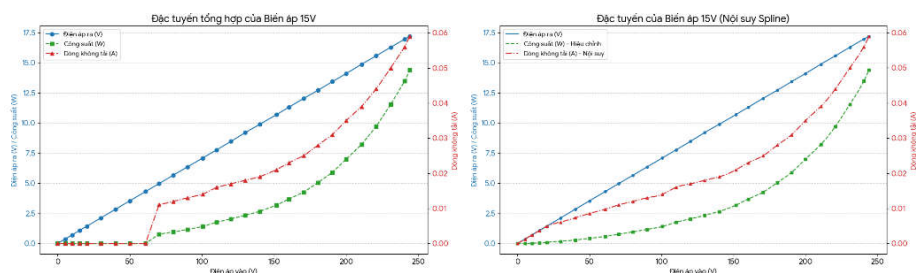
4.1. Xây dựng và kiểm chứng mô hình nội suy

Từ các bộ dữ liệu trong Bảng 1, ba đa thức nội suy Lagrange $P_{12V}(V)$, $P_{15V}(V)$, và $P_{35V}(V)$ đã được xây dựng. Các đa thức này có bậc cao (bằng số điểm dữ liệu trừ đi một) và có thể biểu diễn chính xác mối quan hệ $I_0 = f(V_{in})$.

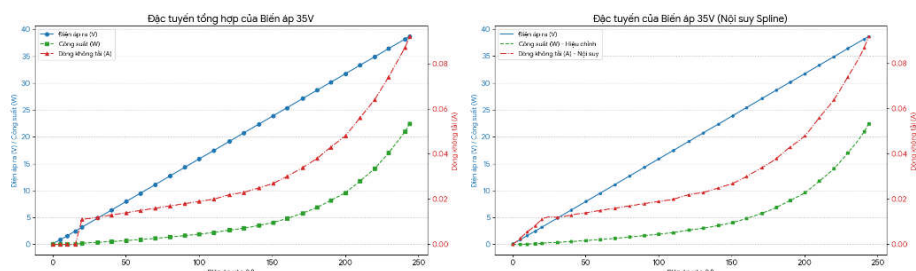
Để kiểm chứng độ chính xác của mô hình, các đường cong nội suy được vẽ chồng lên các điểm dữ liệu thực nghiệm tương ứng (Hình 2, 3). Các hình vẽ cho thấy sự trùng khớp gần như hoàn hảo giữa đường cong lý thuyết và các điểm đo đặc, khẳng định rằng phương pháp nội suy Lagrange đã mô hình hóa thành công đặc tính của máy biến áp.



Hình 4. Đặc tuyến không tải của máy biến áp sắt từ cách ly 12V trước và sau nội suy.



Hình 5. Đặc tuyến không tải của máy biến áp sắt từ cách ly 15V trước và sau nội suy.



Hình 6. Đặc tuyến không tải của máy biến áp sắt từ cách ly 35V trước và sau nội suy.

4.3. Phân tích và thảo luận

Phân tích hình dạng đặc tuyến: Các đường cong nội suy trên Hình 2, 3 và 4 đã định lượng hóa một cách trực quan các lý thuyết đã nêu ở Mục II. Vùng “đầu gối” của mỗi đường cong, nơi độ dốc bắt đầu tăng mạnh, đánh dấu chính xác điểm bắt đầu của hiện tượng bão hòa từ [5]. Độ dốc ngày càng tăng của đường cong ở điện áp cao hơn là một thước đo định lượng về mức độ bão hòa của lõi thép. Điều này cho thấy mô hình nội suy không chỉ khớp với dữ liệu mà còn phản ánh đúng bản chất vật lý của máy biến áp.

Phân tích so sánh: So sánh ba đặc tuyến cho thấy sự khác biệt trong hoạt

động của chúng. Ví dụ, máy biến áp 12V và 15V có đặc tuyến tương đối giống nhau, trong khi máy biến áp 35V có dòng không tải cao hơn đáng kể ở cùng một mức điện áp đầu vào. Điều này có thể suy ra sự khác biệt về vật liệu lõi, số vòng dây, hoặc chất lượng thiết kế và chế tạo giữa các máy biến áp.

Ý nghĩa thực tiễn và ưu điểm của mô hình nội suy: Việc xây dựng thành công hàm liên tục $I_0=f(V_{in})$ mang lại nhiều lợi ích thực tiễn to lớn:

Khả năng dự báo: Mô hình cho phép ước tính chính xác giá trị dòng điện không tải tại bất kỳ cấp điện áp nào trong dải đo, một thông tin không thể có được từ dữ liệu thô.

Tiện ích phân tích: Đa thức nội suy có thể được lấy đạo hàm giải tích để nghiên cứu các tham số động như điện kháng từ hóa của máy biến áp.

Ứng dụng mô phỏng: Hàm số thu được có thể được sử dụng như một khối chức năng (block) có độ chính xác cao trong các phần mềm mô phỏng hệ thống điện như MATLAB/Simulink, cho phép thực hiện các nghiên cứu ở cấp độ hệ thống một cách chính xác hơn.

Phân tích sai số và các yếu tố ảnh hưởng: Cần nhìn nhận rằng kết quả nghiên cứu có thể bị ảnh hưởng bởi một số nguồn sai số. Các thiết bị đo tích hợp trong bộ Nvis 7004 có cấp chính xác nhất định, có thể gây ra sai lệch trong các giá trị đo. Ngoài ra, sai số do người thực hiện đọc giá trị trên đồng hồ (nếu là đồng hồ kim) và sai số cố hữu của bản thân phương pháp nội suy cũng là những yếu tố cần được xem xét. Tuy nhiên, với sự trùng khớp cao giữa mô hình và dữ liệu, có thể khẳng định rằng các nguồn sai số này không ảnh hưởng lớn đến kết luận chính của nghiên cứu.

IV. Kết luận

Nghiên cứu đã trình bày và áp dụng thành công phương pháp nội suy đa thức Lagrange để mô hình hóa đặc tuyến từ hóa phi tuyến của máy biến áp một pha dựa trên dữ liệu thu thập từ thí nghiệm không tải. Bằng cách sử dụng bộ kit thực hành Nvis 7004, các phép đo đã được thực hiện một cách có hệ thống và chuẩn hóa.

Kết luận quan trọng nhất của nghiên cứu là phương pháp nội suy đã chứng tỏ được khả năng chuyển đổi một cách hiệu quả tập hợp các điểm dữ liệu thực nghiệm

rời rạc, hạn chế thành một mô hình toán học giải tích, liên tục và có độ chính xác cao. Mô hình này không chỉ tái tạo hoàn hảo các điểm đo mà còn phản ánh đúng các hiện tượng vật lý bên trong máy biến áp, đặc biệt là sự bão hòa từ.

Giá trị thực tiễn của phương pháp này là rất lớn, cung cấp một công cụ mạnh mẽ cho cả công tác giảng dạy, nghiên cứu trong các phòng thí nghiệm kỹ thuật điện và các ứng dụng phân tích, mô phỏng trong công nghiệp. Hướng phát triển trong tương lai có thể bao gồm việc so sánh hiệu quả của nội suy Lagrange với các phương pháp khác như nội suy Spline, áp dụng kỹ thuật này để phân tích các chế độ vận hành có tải, hoặc sử dụng mô hình đã xây dựng để nghiên cứu thành phần sóng hài trong dòng điện không tải.

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Kallaste, A., Vaimann, T., Rassõlkin, A., & Janson, K. (2026). *Fundamentals of Electrical Machines* (1st ed.). CRC Press. (eBook published 2025). <https://doi.org/10.1201/9781003404088>.
- [2]. nadmoodley. (2025, April 18). *No Load Loss Test of a Power Transformer*. Power Transformer Health..
- [3]. Kinsler, P. (2020). Faraday's Law and Magnetic Induction: cause and effect, experiment and theory. *Physics*, 2(2), 150-163. <https://doi.org/10.3390/physics2020009>.
- [4]. Rodriguez-Sotelo, I., Prado-Olivarez, J., Barranco-Gutiérrez, A.-I., & Perez-Pinal, F. J. , D., Rodriguez-Licea, M. A., Araujo-Vargas (2022). Power Losses Models for Magnetic Cores: A Review. *Micromachines*, 13(3), 418. <https://doi.org/10.3390/mi13030418>.

- [5]. Sergey Zirka, Dennis Albert, Alexander Fröhlich march 2025. Accurate no-load behavior prediction of large five-legged transformers using topological transient models. <https://doi.org/10.1108/COMPEL-09-2024-0391>.
- [6]. Rehan, M., Ibtasam, T. A., & Faraz, R. (2025). *COMPARATIVE ANALYSIS OF NUMERICAL INTERPOLATION METHODS FOR MISSING THERMAL DATA RECOVERY IN MATLAB*. ResearchGate. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10815.42401>.
- [7]. Aliprantis, D., & Wasynczuk, O. (2022). *Electric Machines Theory and Analysis Using the Finite Element Method*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108529280>.
- [8]. Nguyễn Thu Thủy, & Lê Thị Hà. (2022). MỘT SỐ ỨNG DỤNG CỦA ĐA THỨC NỘI SUY LAGRANGE TRONG THỰC TẾ. *Tạp chí Khoa học - Trường Đại học Sư phạm Hà Nội: Khoa học Tự nhiên*, 1(67), 10-18. <https://doi.org/10.18173/2354-1059.2022-0002>.
- [9]. Poggiali, D ,F., Perracchione, S., Marchetti, E., & De Marchi. (2020). Polynomial interpolation via mapped bases without resampling. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 364, 112347. <https://doi.org/10.1016/j.cam.2019.112347>.
- [10]. Nvis Technologies Pvt. Ltd. (n.d.). *Single Phase Transformer Lab Trainer – Nvis 7004*. NvisTech. Retrieved from <https://www.nvistech.com/product/transformer-study-system-with-pc-interface/>.

APPLICATION OF INTERPOLATION METHOD TO SUPPORT THE MEASUREMENT OF TRANSFORMER NO-LOAD CURRENT

Tu Viet Hoang², Vu Tat Diep²

Abstract: *The no-load magnetization curve, an essential operating parameter reflecting the nonlinear relationship between voltage and current in a transformer, plays a critical role in assessing losses and performance. However, its experimental determination typically yields only a set of discontinuous data points, limiting its utility in analytical studies and simulation models. This paper proposes a mathematical solution to overcome this limitation by applying the Lagrange polynomial interpolation method. Data were collected from open-circuit tests on three single-phase transformers using the Nvis 7004 kit. From these discrete experimental data points, a continuous analytical function, $I_0=f(V_{in})$, was constructed. The resulting mathematical model not only accurately fits the measured data but also successfully captures the magnetic saturation phenomenon of the steel core. This approach proves effective in transforming empirical data into a continuous analytical tool, valuable for prediction, calculation, and simulation in electrical engineering.*

Keywords: *transformer modeling, no-load V-I characteristic, Lagrange interpolation, experimental data, magnetic saturation, Nvis 7004*

² Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Hanoi Open University