

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG TRÍ TUỆ NHÂN TẠO CHẨN ĐOÁN SỰ CỐ TIỀM ẨN TRONG MÁY BIẾN ÁP THEO PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH KHÍ HÒA TAN

RESEARCH ON APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DIAGNOSIS OF POTENTIAL FAILURES IN TRANSFORMERS BY DISSOLVED GAS ANALYSIS METHOD

Nguyễn Văn Nga¹, Ngô Huy Chiến², Đào Trục¹, Trần Đình Thọ¹, Nguyễn Văn Lục², Trần Huy Vũ^{2*}

¹Công ty TNHH MTV Thí nghiệm Điện miền Trung, Việt Nam

²Trung tâm sản xuất thiết bị đo điện từ Điện lực miền Trung, Việt Nam

*Tác giả liên hệ / Corresponding author: vuth1@cpv.vn

(Nhận bài / Received: 10/8/2024; Sửa bài / Revised: 17/10/2024; Chấp nhận đăng / Accepted: 20/10/2024)

Tóm tắt - Phân tích khí hòa tan trong dầu cách điện là phương pháp phổ biến để theo dõi tình trạng máy biến áp (MBA) ngâm dầu. Các tổ chức tiêu chuẩn quốc tế và các nhà nghiên cứu đã phát triển nhiều phương pháp như: phương pháp tỷ lệ Doernenburg, tỷ lệ Roger, tỷ lệ IEC, tam giác Duval, và ngũ giác Duval để chẩn đoán lỗi dựa trên thành phần khí cháy sinh ra trong dầu cách điện: H₂, CH₄, C₂H₄, C₂H₆, C₂H₂, CO và CO₂ [1]. Tuy nhiên, các phương pháp này có những hạn chế nhất định, làm giảm độ tin cậy của kết quả chẩn đoán. Để khắc phục, nhóm tác giả đã ứng dụng mô hình máy học FastTreeOva, phát triển bởi Microsoft, để dự đoán sự cố tiềm ẩn trong MBA. Sử dụng ML.NET Framework và kỹ thuật hồi quy FastTree, mô hình này đạt độ chính xác dự đoán 99,5%. Kết hợp với cơ sở dữ liệu từ các MBA trên lưới điện miền Trung và Tây Nguyên từ năm 2002 đến nay, xây dựng phần mềm "DGA DIAGNOSTIC TOOL" để hỗ trợ phân tích và chẩn đoán.

Từ khóa - Máy biến áp; DGA; Trí tuệ nhân tạo; Mô hình máy học; FastTreeOva

1. Đặt vấn đề

MBA được xem là trái tim của hệ thống điện, đóng vai trò quan trọng trong việc chuyển đổi và phân phối điện năng. Các sự cố liên quan đến MBA đều ảnh hưởng lớn đến hoạt động sản xuất kinh doanh và đời sống người dân tại khu vực [2], [3].

Cách điện bên trong MBA bao gồm giấy cách điện và dầu cách điện [4], [5]. Cách điện chịu tác động của ứng suất nhiệt và điện trường liên tục có thể dẫn đến quá trình lão hoá tăng nhanh và hư hỏng tiềm ẩn bên trong [2]. Các lỗi trong máy biến áp tạo ra năng lượng để phá vỡ các liên kết hóa học trong dầu cách điện. Năng lượng thấp phá vỡ các liên kết C-H (338 kJ/mol). Năng lượng cao và/hoặc nhiệt độ cao phá vỡ các liên kết C-C đồng thời tái hợp chúng thành khí với liên kết đơn C-C (607 kJ/mol), liên kết đôi C=C (720 kJ/mol) hoặc liên kết ba C≡C (960 kJ/mol). Các loại khí được tạo ra bao gồm H₂, CH₄, C₂H₆, C₂H₄, C₂H₂, CO₂ và CO [6]. Dựa trên nồng độ và tỷ số các khí sinh ra, phương pháp phân tích khí hòa tan (DGA) giúp xác định lỗi nặng/nhẹ bên trong MBA, từ đó có hướng điều chỉnh chế độ vận hành hoặc xử lý khi cần thiết [7]. Để chẩn đoán sự cố MBA, các tổ chức tiêu chuẩn quốc tế và nhà nghiên cứu đã xây dựng một số phương pháp như: phương pháp

Abstract - Dissolved gas analysis in insulating oil is a popular method for monitoring the condition of oil-immersed transformers. International standards organizations and researchers have developed many methods such as Doernenburg ratio, Roger ratio, IEC ratio, Duval triangle, and Duval pentagon to diagnose faults based on the composition of combustible gases produced in insulating oil: H₂, CH₄, C₂H₄, C₂H₆, C₂H₂, CO, and CO₂ [1]. However, these methods have certain limitations, reducing the reliability of the diagnosis results. To overcome this, the authors applied the FastTreeOva machine learning model, developed by Microsoft, to predict potential failures in transformers. Using the ML.NET Framework and FastTree regression technique, this model achieved a prediction accuracy of 99.5%. Combined with the database from the transformers on the Central and Central Highlands power grids from 2002 to present, the software "DGA DIAGNOSTIC TOOL" was built to support analysis and diagnosis.

Key words - Transformer; DGA; Artificial intelligence; Machine learning; FastTreeOva

khí chính, phương pháp tỷ lệ Dornenburg [4], [6], phương pháp tỷ lệ Rogers [6], phương pháp tỷ lệ IEC [8], [9], phương pháp Duval [6], [10]. Các phương pháp trên dựa vào mối tương quan giữa nồng độ và tỷ lệ khí hòa tan để xác định hư hỏng bên trong MBA. Nhưng lại có nhược điểm như lỗi ranh giới mã hóa quá lớn, tiêu chí giá trị tới hạn và một số trường hợp không xác định được nguyên nhân ảnh hưởng lớn đến độ tin cậy của kết quả phân tích chẩn đoán [11].

Bảng 1. Các lỗi sự cố chính bên trong MBA

Tên lỗi	Mã lỗi
Phóng điện cục bộ	PD
Phóng điện năng lượng thấp	D1
Phóng điện năng lượng cao	D2
Quá nhiệt mức thấp <300°C	T1
Quá nhiệt mức trung bình 300÷700°C	T2
Quá nhiệt mức cao >700°C	T3
Bình thường	N

Ngoài các mã lỗi chính như Bảng 1 [8], [12], mã lỗi hỗn hợp DT [8], [13] (Phóng điện kèm quá nhiệt); và các lỗi bổ sung: S (Khí tán), R (Phản ứng xúc tác), O (Quá nhiệt giấy hoặc dầu cách điện), C (Carbon hoá giấy cách điện) [6].

¹ Central electrical testing company limited, Viet Nam (Nguyen Van Nga, Dao Truc, Tran Dinh Tho)

² Central power electronic measurement equipment manufacturing center, Viet Nam (Ngo Huy Chien, Nguyen Van Luc, Tran Huy Vu)

Vài năm gần đây, mô hình máy học (machine learning) phát triển một cách bùng nổ, được ứng dụng trong rất nhiều lĩnh vực khác nhau. Với thể mạnh có khả năng học hỏi, xử lý dữ liệu lớn, việc ứng dụng mô hình máy học để xây dựng công cụ hỗ trợ chẩn đoán sự cố tiềm ẩn bên trong MBA dựa trên kết quả DGA là cần thiết.

Nghiên cứu này đề xuất sử dụng thuật toán FastTreeOval để xây dựng một mô hình chẩn đoán hiệu quả hơn. FastTreeOval được lựa chọn nhờ khả năng xử lý dữ liệu đa biến, tạo mô hình dễ hiểu và độ chính xác cao. Mục tiêu của nghiên cứu là đánh giá khả năng của FastTreeOval trong việc phân loại các loại lỗi DGA phổ biến và xác định các biến DGA quan trọng. Kết quả nghiên cứu này sẽ đóng góp vào việc nâng cao độ tin cậy của hệ thống điện bằng cách phát hiện sớm các sự cố tiềm ẩn trong máy biến áp.

2. Giới thiệu về mô hình cây quyết định và FastTreeOva

Trong lĩnh vực khai phá dữ liệu, cây quyết định (Decision Tree – DT) là một mô hình dự đoán thuộc lớp các bài toán phân lớp dùng để xác định lớp của các đối tượng cần dự đoán. Bản chất cây quyết định dựa vào dãy các luật IF ... THEN để dự đoán lớp của đối tượng.

Mỗi nút trong (internal node) của DT tương ứng với một biến, đường nối giữa một nút trong với nút con của nó thể hiện một giá trị cụ thể biến đó. Mỗi nút lá (leaf) đại diện cho giá trị dự đoán. Cây quyết định học để dự đoán giá trị của các biến phân loại bằng cách dựa vào tập dữ liệu huấn luyện (training data) để chọn ra nút gốc (root node) để phân tách cây bằng cách tính độ tăng thông tin (Information Gain - IG), quá trình phân tách được thực hiện theo một quy trình lặp đi lặp lại cho đến khi không thể tiếp tục thực hiện việc phân tách cây được nữa [14], [15].

Cây quyết định được chia thành hai loại:

- Cây hồi quy dùng để dự đoán giá trị của biến phân loại có kiểu dữ liệu giá trị như dự đoán doanh thu, lợi nhuận và giá thành sản phẩm. Thuật toán phổ biến dùng để xây dựng cây phân loại và hồi quy là Classification and Regression Trees (CART).

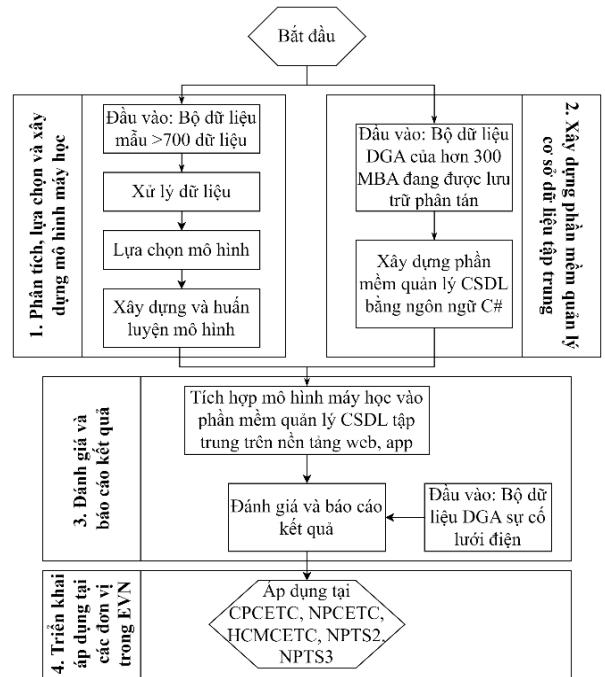
- Cây phân lớp dùng để dự đoán giá trị của biến phân loại có kiểu dữ liệu phi giá trị như dự đoán khả năng mua hàng, khả năng bị bệnh, kết quả học tập của sinh viên (xuất sắc, giỏi, khá, trung bình, yếu). Thuật toán phổ biến dùng để xây dựng cây phân lớp là ID3, J48, C4.5, C5.0 [15].

FastTreeOva (FastTree One-vs-All) là một biến thể của mô hình FastTree, được thiết kế đặc biệt cho các bài toán phân loại nhiều lớp. FastTreeOva mở rộng khả năng này để xử lý các tác vụ phân loại đa lớp thông qua cách tiếp cận One-vs-All (OVA) [14]. Trong phương pháp One-vs-All, một mô hình phân loại đa lớp được chia thành nhiều bài toán phân loại nhị phân. Với mỗi lớp, một mô hình riêng được huấn luyện để phân biệt lớp đó với tất cả các lớp còn lại. Điều này tạo ra tổng cộng n mô hình phân loại nhị phân, với n là số lượng lớp. Khi dự đoán, mỗi mô hình sẽ đưa ra dự đoán của mình, và lớp có điểm số cao nhất từ một trong các mô hình sẽ được chọn là lớp dự đoán cuối cùng. FastTreeOva sử dụng cây quyết định tăng cường gradient (Gradient Boosted Decision Trees - GBDT) làm cơ sở cho mỗi mô hình nhị phân. Cây GBDT là một phương pháp học máy mạnh mẽ, có khả năng xử lý dữ liệu không tuyến tính

và tương tác giữa các đặc trưng mà không cần phải chuyển đổi thủ công. Cách tiếp cận này giúp FastTreeOva không chỉ mạnh mẽ và linh hoạt mà còn khá hiệu quả về mặt tính toán. FastTreeOva thích hợp cho các bài toán có số lượng lớp lớn, với dữ liệu đầu vào có thể là dạng văn bản, số, hoặc các loại dữ liệu phức tạp khác. Điểm mạnh của FastTreeOva bao gồm khả năng tự động xử lý các đặc trưng, hiệu suất cao trong việc dự đoán, và khả năng mô hình hóa các mối quan hệ phức tạp giữa các đặc trưng. FastTreeOva là một công cụ mạnh mẽ trong việc giải quyết các bài toán phân loại đa lớp, đặc biệt là trong các tình huống đòi hỏi một mô hình có khả năng tự động hóa cao và hiệu suất dự đoán tốt [16].

3. Kết quả nghiên cứu và khảo sát

Sơ đồ khối các bước thực hiện nghiên cứu:



Hình 1. Sơ đồ khối thực hiện nghiên cứu

3.1. Phân tích, lựa chọn và xây dựng mô hình máy học

Quá trình phân tích, lựa chọn và xây dựng mô hình máy học gồm các bước như sau:

3.1.1. Bước 1: Thu thập dữ liệu mẫu phục vụ huấn luyện

Nhóm tác giả đã phân tích, đánh giá nguồn cơ sở dữ liệu của hơn 300 MBA trên lưới điện miền Trung và Tây Nguyên do Công ty TNHH MTV Thí nghiệm điện miền Trung (CPCETC) lưu giữ từ năm 2002 đến nay. Từ đó lựa chọn được 231 dữ liệu (116 dữ liệu sự cố và 115 dữ liệu bình thường). Ngoài ra thu thập thêm 240 dữ liệu của Công ty TNHH Thí nghiệm điện miền Nam (SPCETC), 201 dữ liệu từ Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) [1], và 50 dữ liệu từ một số bài báo quốc tế [2] [18], [19]. Chi tiết xem Bảng 2 và Phụ lục 1.

Bộ dữ liệu huấn luyện (DGA_Training) với 722 dữ liệu có độ tin cậy cao, số lượng lỗi dạng quá nhiệt chiếm khoảng 43%, lỗi dạng phóng điện chiếm 41% và bình thường 16%. Đây là cơ sở cốt lõi để lựa chọn mô hình phù hợp và chính xác.

Bảng 2. Dữ liệu huấn luyện

Nguồn dữ liệu	PD	D1	D2	T1	T2	T3	N	Tổng
CPCETC	13	2	24	1	29	47	115	231
SPCETC	23	32	63	76	18	28	0	240
IEEE	15	49	56	19	25	37	0	201
[18]	0	0	6	4	2	7	1	20
[19]	1	7	2	3	3	14	0	30
	52	90	151	103	77	133	116	722
Phần trăm	7%	13%	21%	14%	11%	18%	16%	

3.1.2. Bước 2: Xử lý dữ liệu

Dữ liệu thô ban đầu được tiền xử lý: chuẩn hoá, xử lý các giá trị ngoại lệ, phân tích dữ liệu,... để đạt định dạng phù hợp cho việc huấn luyện mô hình, chia thành 7 phân lớp được gán nhãn theo mã lỗi (PD, D1, D2, T1, T2, T3, N) [16].

3.1.3. Bước 3: Lựa chọn mô hình

Công cụ AutoML – một tính năng của nền tảng ML.NET được phát triển bởi Microsoft. Công cụ này có ưu điểm cho phép duyệt nhanh các mô hình có sẵn và độ chính xác có thể đạt được mà không cần viết lập trình [14]. AutoML tự động lựa chọn mô hình tối ưu phù hợp với bộ dữ liệu. Kết quả thu được 3 mô hình có độ chính xác tốt nhất như sau:

Bảng 3. Ba mô hình có độ chính xác tốt nhất được AutoML đề xuất

STT	Mô hình	Độ chính xác
1	FastTreeOva	99,5%
2	LightGbmMulti	98,4%
3	FastForestOva	95,5%

Với độ chính xác được AutoML đề xuất như Bảng 3, nhóm tác giả quyết định lựa chọn mô hình máy học FastTreeOva có độ chính xác cao nhất để xây dựng mô hình chẩn đoán.

3.1.4. Bước 4: Xây dựng và huấn luyện mô hình

Bộ dữ liệu DGA_Training được sử dụng để huấn luyện mô hình, được chia thành 2 nhóm: nhóm huấn luyện chiếm 80% số mẫu và nhóm kiểm tra chiếm 20% số mẫu [16]. Độ chính xác thu được khi sử dụng mô hình FastTreeOva là 99,5% trên các bộ dữ liệu cho nghiên cứu này.

Bảng 4. Kết quả kiểm tra đối với mô hình FastTreeOva trên bộ dữ liệu DGA_Evaluation

STT	Lỗi	Số mẫu kiểm tra	Số mẫu kiểm tra chính xác	Độ chính xác
1	T1	3	3	100%
2	T2	1	1	100%
3	T3	9	9	100%
4	PD	7	7	100%
5	D1	2	2	100%
6	D2	16	15	93,8%
7	N	501	500	99,8%
Tổng cộng		539	537	99,6%

Để đảm bảo độ chính xác đáng tin cậy (ví dụ không có sự phù hợp quá mức, dữ liệu thử nghiệm không giống dữ liệu huấn luyện). Bộ dữ liệu (DGA_Evaluation) 539 dữ liệu được sử dụng để kiểm tra mô hình, gồm có 38 dữ liệu sự cố và 501 dữ liệu bình thường. Bộ dữ liệu DGA_Evaluation

riêng biệt, chỉ dùng để kiểm tra sau khi hoàn thành quá trình máy học, không nằm trong bộ dữ liệu DGA_Training. Kết quả chẩn đoán của mô hình FastTreeOva đưa ra có độ chính xác như Bảng 4 và xem chi tiết Phụ lục 2.

Độ chính xác (α) được xác định bằng tỷ số giữa số mẫu kiểm tra chính xác (s) và số mẫu kiểm tra (Ω).

$$\alpha = \frac{s}{\Omega} = \frac{537}{539} \approx 99,6\%$$

Như vậy, kết quả huấn luyện cho thấy mô hình máy học FastTreeOva có độ chính xác 99,6% trên bộ dữ liệu DGA_Evaluation.

Kết quả đánh giá trên các tập dữ liệu DGA_Training và DGA_Evaluation cho thấy mô hình FastTreeOva đạt được độ chính xác cao. Điều này khẳng định tiềm năng ứng dụng của mô hình trong việc phân tích chẩn đoán tại CPCETC.

3.2. Xây dựng phần mềm quản lý cơ sở dữ liệu tập trung

Xây dựng phần mềm quản lý cơ sở dữ liệu DGA của CPCETC từ năm 2002 đến nay và kết hợp ứng dụng mô hình FastTreeOva thành công cụ chẩn đoán cùng với các phương pháp chẩn đoán truyền thống CPCETC đang áp dụng.

3.3. Đánh giá và báo cáo kết quả

Tích hợp mô hình máy học FastTreeOva đã huấn luyện vào phần mềm quản lý cơ sở dữ liệu, xây dựng giao diện trên nền tảng web, iOS, Android.



Hình 2. Giao diện phần mềm trên web

Trong thời gian áp dụng phần mềm, trên lưới điện miền Trung và Tây nguyên có 09 MBA xảy ra hiện tượng bất thường về DGA. Phụ lục 2 cho thấy, kết quả chẩn đoán của mô hình FastTreeOva đưa ra tương đồng với kết quả chẩn đoán của kỹ sư CPCETC. Mô hình FastTreeOva đã khắc phục được hạn chế của các phương pháp truyền thống. Đối với MBA T1A ĐMT miền Trung có 03 phương pháp truyền thống (IEC, Roger, NPT [20]) không đưa ra chẩn đoán. Tuy nhiên, mô hình máy học vẫn đưa ra chẩn đoán và kết quả tương đương kết luận của kỹ sư CPCETC. Ngoài ra, việc ứng dụng mô hình máy học giúp rút ngắn thời gian của người kỹ sư trong công tác chẩn đoán. Dữ liệu đầu vào được nhập và trích xuất tự động từ thiết bị thí nghiệm, giảm thiểu tối đa các thao tác của con người, nâng cao hiệu quả công việc và năng suất lao động.

Từ kết quả chẩn đoán của kỹ sư CPCETC, đơn vị quản lý vận hành phối hợp nhà chế tạo tách MBA ra khỏi vận hành để kiểm tra, sửa chữa. Trong quá trình rút ruột MBA kiểm tra, đã xác định chính xác hư hỏng, một số hình ảnh như Phụ lục 3.

3.4. Triển khai áp dụng tại các đơn vị trong EVN

Nghiên cứu này được triển khai áp dụng tại CPCETC và một số đơn vị thí nghiệm điện trong EVN như NPCETC, HCMCETC, NPTS2, NPTS3. Thông qua kiểm chứng thực tế, mô hình máy học chứng minh được sự tiện lợi, chính xác trong các kết quả chẩn đoán, được các đơn vị đánh giá cao và đề xuất mở rộng phạm vi ứng dụng để góp phần nâng cao hiệu quả quản lý và vận hành lưới điện.

Điều này còn chứng tỏ thêm mô hình được huấn luyện dựa trên bộ dữ liệu của CPCETC là một mô hình tiên tiến, một phương pháp chẩn đoán mới phù hợp với đặc điểm vận hành lưới điện tại Việt Nam, có thể được áp dụng rộng rãi trong EVN để hỗ trợ cho việc phân tích chẩn đoán tình trạng vận hành MBA.

4. Kết luận

Nghiên cứu này đề xuất mô hình FastTreeOva xây dựng công cụ hỗ trợ kỹ sư chẩn đoán sự cố tiềm ẩn bên trong MBA dựa trên kết quả phân tích sắc ký khí hoà tan. Độ chính xác cao dựa trên hai bộ dữ liệu DGA_Training và DGA_Evaluation. Trong quá trình áp dụng thực tế tại CPCETC từ tháng 12/2023, mô hình FastTreeOva đưa ra kết quả chẩn đoán chính xác đối với 180 MBA 110kV hiện đang vận hành trên lưới điện miền Trung và Tây Nguyên.

Phạm vi dữ liệu nguồn dữ liệu được tiếp cận là những lỗi điển hình như T1, T2, T3, PD, D1, D2, N. Song sự cố trong MBA phát sinh từ rất nhiều nguyên nhân khác nhau và phức tạp: quá tải, sự cố ngắn mạch, quá nhiệt, lão hoá cách điện,... Một số trường hợp khí cháy phát sinh do vật liệu cách điện không tương thích, hoặc khí cháy cao nhưng tốc độ sinh khí không tăng. Những trường hợp này ảnh hưởng đến kết quả của mô hình máy học đưa ra do thiếu dữ liệu đầu vào. Định hướng thu thập thêm dữ liệu MBA phát triển trong tương lai.

Với những hiệu quả thực tế to lớn như vậy, ứng dụng trí tuệ nhân tạo hỗ trợ kỹ sư phân tích chẩn đoán lỗi MBA dựa trên kết quả DGA là một hướng đi đúng đắn và cần thiết. Nghiên cứu này không chỉ cung cấp một công cụ chẩn đoán hiệu quả mà còn mở ra hướng mới trong việc ứng dụng công nghệ máy học vào lĩnh vực bảo dưỡng và quản lý máy biến áp. Kết quả nghiên cứu góp phần nâng cao độ tin cậy và an toàn của hệ thống điện, đồng thời giảm thiểu rủi ro và chi phí liên quan đến việc bảo trì và sửa chữa máy biến áp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] E. Li, L. Wang, and B. Song, "Fault diagnosis of power transformers with membership degree", *IEEE Access*, vol. 7, pp. 28791–28798, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2902299.
- [2] I. B. M. Taha, S. Ibrahim, and D. E. A. Mansour, "Power transformer fault diagnosis based on DGA using a convolutional neural network with noise in measurements", *IEEE Access*, vol. 9, pp. 111162–111170, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3102415.
- [3] H. Hu, X. Ma, and Y. Shang, "A novel method for transformer fault diagnosis based on refined deep residual shrinkage network", *IET Electr Power Appl*, vol. 16, no. 2, pp. 206–223, Feb. 2022, doi: 10.1049/elp2.12147.
- [4] Suwarno, H. Sutikno, R. A. Prasojo, and A. Abu-Siada, "Machine learning based multi-method interpretation to enhance dissolved gas analysis for power transformer fault diagnosis", *Heliyon*, vol. 10, no. 4, Feb. 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e25975.
- [5] Y. Benmahamed, O. Kherif, M. Tegar, A. Boubakeur, and S. S. M. Ghoneim, "Accuracy improvement of transformer faults diagnostic based on DGA data using SVM-BA classifier", *Energies (Basel)*, vol. 14, no. 10, May 2021, doi: 10.3390/en14102970.
- [6] *IEEE Guide for the Interpretation of Gases Generated in Mineral Oil-Immersed Transformers, C57.104-2019*, Transformers Committee of the IEEE Power and Energy Society, 2019.
- [7] B. A. Thango, "On the Application of Artificial Neural Network for Classification of Incipient Faults in Dissolved Gas Analysis of Power Transformers", *Mach Learn Knowl Extr*, vol. 4, no. 4, pp. 839–851, Dec. 2022, doi: 10.3390/make4040042.
- [8] *Mineral oil-filled electrical equipment in service – Guidance on the interpretation of dissolved and free gases analysis, IEC60599*, 4th ed. International electrotechnical commission, 2022.
- [9] M. Duval and A. dePablo, "Interpretation of Gas-In-Oil Analysis Using New IEC Publication 60599 and IEC TC 10 Databases", *IEEE Electrical Insulation Magazine*, vol. 17, no. 2, pp. 31–41, 2001.
- [10] M. Duval and L. Lamarre, "The duval pentagon-a new complementary tool for the interpretation of dissolved gas analysis in transformers", *IEEE Electrical Insulation Magazine*, vol. 30, no. 6, pp. 9–12, Nov. 2014, doi: 10.1109/MEI.2014.6943428.
- [11] N. Van Le, "Application of artificial intelligence in diagnosis of power transformer incipient faults", 2013 26th IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE). IEEE, Da Nang, 2013. doi: 10.1109/CCECE.2013.6567700.
- [12] S. Agrawal and A. K. Chandel, "Transformer incipient fault diagnosis based on probabilistic neural network", in *2012 Students Conference on Engineering and Systems, SCES 2012*, 2012. doi: 10.1109/SCES.2012.6199110.
- [13] O. E. Gouda, S. H. El-Hoshy, and H. H. E. L. Tamaly, "Condition assessment of power transformers based on dissolved gas analysis", *IET Generation, Transmission and Distribution*, vol. 13, no. 12, pp. 2299–2310, Jun. 2019, doi: 10.1049/iet-gtd.2018.6168.
- [14] R. Chalupnik, K. Bialas, I. Jozwiak, and M. Kedziora, *Acquiring and Processing Data Using Simplified EEG-based Brain-Computer Interface for the Purpose of Detecting Emotions*. 2021.
- [15] N. Van Hieu and D. T. T. Ha, "A system for diagnosing autism based on the decision tree", *The University of Danang - Journal of Science and Technology*, vol. 1, no. 11, pp. 101–104, 2015.
- [16] M. M. et al. Magaji, "Fast Tree Model for Predicting Network Security Incidents", in *2022 5th Information Technology for Education and Development (ITED)*. IEEE, 2022, pp. 1–6.
- [17] A. Nanfak, S. Eke, C. H. Kom, R. Mouangue, and I. Fofana, "Interpreting dissolved gases in transformer oil: A new method based on the analysis of labelled fault data", *IET Generation, Transmission and Distribution*, vol. 15, no. 21, pp. 3032–3047, Nov. 2021, doi: 10.1049/gtd2.12239.
- [18] G. Odongo, R. Musabe, and D. Hanyurwimfura, "A multinomial dga classifier for incipient fault detection in oil-impregnated power transformers", *Algorithms*, vol. 14, no. 4, Apr. 2021, doi: 10.3390/a14040128.
- [19] Y. Liu, B. Song, L. Wang, J. Gao, and R. Xu, "Power transformer fault diagnosis based on dissolved gas analysis by correlation coefficient-DBSCAN", *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 10, no. 13, Jul. 2020, doi: 10.3390/app10134440.
- [20] *Regulations for operation and repair*. National Power Transmission Corporation, 2018.
- [21] P. M. Hoang, "Power Transformer operation condition diagnosis using DGA and artificial intelligence on Python platform", Eng. Dissertation, Dept. Electrical and Electronic Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology, Ho Chi Minh, 2021.
- [22] N. Van Nga, "Report on the application of DGA Diagnostic Tool software at CPCETC", Central electrical testing company limited, Da Nang, Nov. 2023.
- [23] N. Q. Huy and V. K. Truong, "Report on the application of DGA Diagnostic Tool software at NPCETC", Northern Electrical Testing one member Company Limited, Northern Electrical Testing one member Company Limited, Ha Noi, Mar. 2024.
- [24] T. N. Tuan, "Report on the application of DGA Diagnostic Tool software at ETCHCM", Ho Chi Minh City Electrical Testing Company, Ho Chi Minh, Mar. 2024.

PHỤ LỤC 1: Bộ dữ liệu huấn luyện DGA_Training

STT	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂	Lỗi
1	117,0	17,0	1,0	3,0	1,0	PD
2	407,0	28,0	15,0	21,0	0,0	PD
3	183,0	6,0	0,0	5,0	0,0	PD
4	166,0	21,0	38,0	6,0	0,0	PD
5	105,0	23,0	13,0	4,0	3,0	PD
6	110,0	7,0	0,0	0,0	0,0	PD
7	111,7	19,4	104,1	6,4	3,8	T1
8	181,5	22,0	76,0	3,7	0,0	T1
9	230,0	15,9	16,3	1,9	2,4	PD
10	101,0	8,1	0,0	3,0	0,0	PD
11	134,0	13,0	156,0	0,0	0,0	T1
12	1.549,2	10,2	0,0	53,2	0,0	PD
13	1.458,0	9,0	1.812,0	0,0	0,0	T1
14	195,0	5,3	0,0	0,0	0,0	PD
15	197,0	12,0	6,6	15,0	0,0	PD
16	106,0	4,0	2,0	1,0	0,0	PD
17	109,0	4,0	11,0	9,0	0,0	PD
18	109,0	16,0	0,0	0,0	0,0	PD
19	116,0	14,0	134,0	5,3	0,0	T1
20	100,0	18,0	0,0	0,0	0,0	PD
21	113,0	21,0	48,0	0,0	4,0	PD
22	103,5	4,7	16,3	3,5	0,0	PD
23	160,0	24,7	38,5	0,0	0,0	PD
24	134,0	13,0	267,0	0,0	0,0	T1
25	235,0	16,0	0,0	35,0	0,0	PD
26	187,0	5,0	1,0	0,0	0,0	PD
27	121,0	3,0	1,0	0,0	0,0	PD
28	2.510,0	202,0	139,0	208,0	1.730,0	D1
29	109,0	19,0	5,0	12,0	59,0	D1
30	135,0	27,0	24,0	9,0	13,0	D1
31	174,0	27,0	6,0	12,0	29,0	D1
32	179,0	29,0	10,0	17,0	33,0	D1
33	142,0	17,0	4,0	7,0	38,0	D1
34	595,0	32,0	4,0	18,0	65,0	D1
35	720,0	7,0	0,0	15,0	101,0	D1
36	163,0	26,0	7,0	19,0	133,0	D1
37	153,0	18,0	9,0	0,0	278,0	D2
38	111,0	2,8	47,0	0,0	27,5	D1
39	124,0	14,0	4,0	0,0	13,0	D1
40	143,0	5,8	16,0	10,6	26,3	D1
41	137,0	6,0	11,4	6,4	16,5	D1
42	102,0	6,0	6,0	7,0	10,0	D1
43	115,0	25,5	110,0	12,2	8,6	D1
44	169,0	38,0	48,5	6,5	5,8	D1
45	186,0	38,3	13,0	37,0	85,9	D2
46	151,0	13,5	50,7	5,0	9,2	D1
47	716,0	7,1	3,3	20,0	6,8	PD
48	716,0	7,1	33,0	20,0	6,8	PD
49	476,0	28,0	27,0	36,0	148,0	D1
50	289,0	13,4	18,2	49,8	36,3	D1
51	3.559,0	187,0	22,0	230,0	1.140,0	D2
52	4.879,0	262,0	15,0	332,0	1.827,0	D2
53	4.127,0	267,0	18,0	355,0	2.060,0	D2
54	843,0	133,0	12,0	168,0	385,0	D2
55	137,0	33,0	8,0	29,0	111,0	D2
56	315,0	60,0	14,0	93,0	218,0	D2
57	818,0	94,0	49,0	121,0	978,0	D1
58	500,0	97,0	193,0	40,0	121,0	D1
59	119,0	8,0	20,0	0,0	21,0	D1
60	205,0	20,0	8,0	0,0	6,0	D1
61	119,0	8,0	23,3	7,9	12,3	D1
62	256,0	8,0	37,4	15,0	21,1	D1

STT	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂	Lỗi
63	153,0	18,0	9,0	0,0	11,0	D1
64	301,0	5,8	4,7	9,7	5,0	D1
65	208,0	7,6	27,5	9,7	14,4	D1
66	254,0	5,2	0,0	9,3	88,0	D1
67	385,0	28,8	50,0	82,3	171,0	D1
68	225,0	4,7	0,0	8,7	89,0	D2
69	179,0	39,3	64,0	654,0	168,0	D1
70	47,0	9,0	4,0	16,0	81,0	D2
71	84,0	6,0	1,0	14,0	86,0	D2
72	629,0	402,0	16,0	298,0	1.127,0	D2
73	35,0	11,0	0,0	7,0	146,0	D2
74	64,0	18,0	1,0	4,0	122,0	D2
75	63,0	22,0	15,0	11,0	76,0	D2
76	30,0	14,0	1,0	9,0	43,0	D2
77	323,0	115,0	7,0	130,0	446,0	D2
78	80,0	28,0	4,0	15,0	107,0	D2
79	19,0	12,0	2,0	8,0	63,0	D2
80	152,0	116,0	7,0	131,0	414,0	D2
81	25,0	9,0	6,0	5,0	44,0	D2
82	57,0	148,0	197,0	72,0	42,0	D2
83	156,0	55,0	103,0	13,0	16,0	D1
84	85,0	49,0	4,0	50,0	399,0	D2
85	392,0	153,0	82,0	45,0	236,0	D2
86	48,0	20,0	69,0	41,0	31,0	D2
87	88,0	21,8	79,2	41,2	41,5	D2
88	50,0	42,0	98,0	10,0	33,0	D2
89	43,0	19,0	3,0	0,0	40,0	D2
90	59,0	20,0	120,0	5,5	8,9	D2
91	292,0	346,0	32,0	313,0	196,0	D2
92	0,0	21,0	0,0	0,0	40,0	D2
93	26,6	4,0	0,0	8,0	50,0	D2
94	10,0	15,0	0,0	0,0	35,0	D2
95	41,0	16,0	19,0	58,0	106,0	D2
96	37,0	11,8	15,5	43,6	83,3	D2
97	14,3	92,6	83,9	16,7	26,8	D2
98	123,0	50,7	9,0	62,0	65,9	D2
99	2,0	41,0	133,0	9,0	21,0	D2
100	26,0	68,0	93,0	31,0	59,0	D2
101	77,0	36,0	27,0	18,0	76,0	D2
102	46,0	21,0	1,0	11,0	93,0	D2
103	25,0	28,0	27,0	15,0	80,0	D2
104	243,0	127,0	20,0	122,0	588,0	D2
105	88,0	45,0	57,0	15,0	39,0	D2
106	61,0	21,0	2,0	26,0	89,0	D2
107	151,0	51,0	16,0	12,0	19,0	D2
108	75,0	5,0	31,0	69,0	36,0	D2
109	71,0	151,0	9,0	89,0	412,0	D2
110	87,0	34,0	23,0	15,0	60,0	D2
111	114,0	41,0	27,0	15,0	42,0	D2
112	60,0	85,0	5,0	67,0	227,0	D2
113	46,0	20,0	14,0	10,0	42,0	D2
114	22,0	14,0	19,0	6,0	56,0	D2
115	70,0	4,0	91,0	0,0	34,0	D2
116	65,4	20,2	70,0	39,0	40,2	D2
117	155,0	49,0	69,3	42,0	10,7	D2
118	88,5	22,8	108,4	12,0	7,5	D2
119	0,0	0,0	10,0	5,0	35,0	D2
120	34,0	0,0	0,0	0,0	44,0	D2
121	12,4	6,5	15,3	69,0	15,0	D2
122	215,0	84,8	87,7	1.002,0	212,0	D2
123	17,0	42,0	192,0	12,0	20,0	D2
124	4,0	88,0	213,0	14,0	35,0	D2
125	42,0	124,0	1,0	8,0	0,0	T1

STT	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂	Lỗi
126	36,0	167,0	230,0	18,0	0,0	T1
127	10,0	56,0	72,0	70,0	0,0	T1
128	9,0	38,0	93,0	8,0	0,0	T1
129	36,0	21,0	65,0	2,0	0,0	T1
130	161,0	38,0	210,0	13,0	0,0	T1
131	38,0	38,0	296,0	14,0	0,0	T1
132	13,0	59,0	117,0	44,0	0,0	T1
133	10,0	44,0	106,0	28,0	0,0	T1
134	15,0	7,0	92,0	5,0	0,0	T1
135	85,0	98,0	315,0	30,0	0,0	T1
136	74,0	173,0	263,0	33,0	0,0	T1
137	122,0	161,0	271,0	35,0	0,0	T1
138	69,0	174,0	267,0	15,0	0,0	T1
139	113,0	137,0	173,0	34,0	0,0	T1
140	111,0	67,0	105,0	9,0	0,0	T1
141	18,0	30,0	146,0	8,0	0,0	T1
142	21,0	14,0	191,0	90,0	0,0	T1
143	31,2	8,9	119,0	4,4	0,0	T1
144	34,0	8,6	70,3	3,1	0,0	T1
145	10,0	24,0	80,0	5,0	0,0	T1
146	0,0	43,0	146,0	9,0	0,0	T1
147	0,0	215,0	555,0	18,4	0,0	T1
148	0,0	153,0	395,0	11,7	0,0	T1
149	0,0	187,0	609,0	13,0	0,0	T1
150	320,0	131,0	187,0	127,0	0,0	T1
151	13,2	18,7	97,4	79,5	4,7	T1
152	16,4	45,5	68,7	3,8	0,0	T1
153	0,0	116,0	70,0	0,0	0,0	T1
154	24,0	109,0	69,0	0,0	0,0	T1
155	0,0	33,7	136,0	11,4	0,0	T1
156	54,9	8,8	80,0	2,5	0,0	T1
157	93,5	131,9	39,0	11,7	0,0	T1
158	16,0	68,0	124,0	15,0	0,0	T1
159	11,0	46,0	155,0	18,0	0,0	T1
160	16,0	68,0	157,0	19,0	0,0	T1
161	29,0	71,0	158,0	20,0	0,0	T1
162	19,0	48,0	76,0	18,0	0,0	T1
163	8,0	16,0	88,0	7,0	0,0	T1
164	10,0	26,0	147,0	6,0	0,0	T1
165	9,0	56,0	135,0	7,0	1,0	T1
166	45,0	125,0	111,0	25,0	0,0	T1
167	16,0	105,0	224,0	15,0	0,0	T1
168	10,0	63,0	176,0	35,0	0,0	T1
169	6,0	38,0	93,0	32,0	0,0	T1
170	12,0	28,0	102,0	3,0	0,0	T1
171	27,0	28,0	136,0	8,0	0,0	T1
172	27,0	49,0	192,0	9,0	0,0	T1
173	24,0	47,0	113,0	10,0	0,0	T1
174	43,0	28,0	72,0	9,0	0,0	T1
175	25,0	29,0	137,0	8,0	0,0	T1
176	19,0	62,0	95,0	5,0	0,0	T1
177	157,0	46,0	76,0	12,0	0,0	T1
178	115,0	129,0	316,0	36,0	0,0	T1
179	112,0	68,0	136,0	9,0	0,0	T1
180	11,0	271,0	465,0	32,0	0,0	T1
181	121,0	73,0	179,0	11,0	0,0	T1
182	128,0	35,0	213,0	17,0	0,0	T1
183	16,0	80,0	134,0	10,0	0,0	T1
184	92,0	27,0	67,0	7,0	0,0	T1
185	17,0	21,0	118,0	0,0	4,0	T1
186	36,0	94,0	78,0	13,0	2,0	T1
187	6,0	197,0	476,9	16,9	0,0	T1
188	24,7	20,4	117,0	71,0	6,8	T1

STT	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂	Lỗi
189	820,0	1.740,0	951,0	867,0	128,0	T1
190	74,0	100,0	85,0	17,0	0,0	T1
191	39,4	65,2	103,9	8,1	0,0	T1
192	74,8	30,1	82,3	13,6	0,0	T1
193	79,0	40,0	264,0	10,0	0,0	T1
194	5,0	14,0	234,0	5,0	0,0	T1
195	15,0	139,0	160,0	343,0	0,0	T2
196	0,0	6,0	52,0	67,0	0,0	T2
197	26,0	398,0	85,0	319,0	0,0	T2
198	50,0	274,0	95,0	320,0	6,3	T2
199	31,0	63,0	246,0	714,0	7,0	T2
200	2,0	5,0	81,0	172,0	0,0	T2
201	3,0	5,0	90,0	185,0	3,0	T2
202	16,0	98,0	35,0	64,0	0,0	T2
203	2,0	123,0	7,0	18,0	0,0	T2
204	185,0	302,0	27,0	33,0	0,0	T2
205	14,0	15,0	42,0	73,0	0,0	T2
206	62,0	425,0	276,0	651,0	26,0	T2
207	88,7	460,8	94,9	184,6	18,3	T2
208	119,0	670,0	286,0	934,0	19,0	T2
209	109,0	102,0	28,0	91,0	0,0	T2
210	0,0	4,9	81,0	172,0	0,0	T2
211	24,0	78,0	266,0	779,0	7,0	T2
212	24,0	80,0	258,0	741,0	6,0	T2
213	18,0	35,0	2,0	110,0	0,0	T3
214	10,0	4,0	1,0	87,0	0,0	T3
215	8,0	1,0	0,0	60,0	0,0	T3
216	24,0	20,0	4,0	87,0	0,0	T3
217	21,0	42,0	4,0	92,0	0,0	T3
218	35,0	29,0	7,0	78,0	0,0	T3
219	8,0	88,0	45,0	252,0	0,0	T3
220	0,0	28,0	64,0	408,0	6,0	T3
221	0,0	100,0	309,0	1.365,0	7,0	T3
222	0,0	106,0	170,0	871,0	6,0	T3
223	86,0	480,0	155,0	644,0	9,0	T3
224	121,0	450,0	146,0	898,0	116,0	T3
225	0,0	3,4	0,0	54,0	0,0	T3
226	11,0	13,0	2,0	127,0	0,0	T3
227	4,0	2,0	1,0	63,0	0,0	T3
228	20,0	26,0	6,0	55,0	0,0	T3
229	34,0	174,0	52,0	361,0	0,0	T3
230	7,0	31,0	23,0	148,0	0,0	T3
231	0,0	0,0	0,0	142,0	0,0	T3
232	89,0	281,0	145,0	1.216,0	22,0	T3
233	0,0	10,0	17,0	68,0	5,0	T3
234	39,0	525,0	538,0	2.925,0	16,0	T3
235	9,0	47,0	144,0	628,0	0,0	T3
236	53,0	189,0	25,0	295,0	5,0	T3
237	12,0	270,0	0,0	275,0	0,0	T3
238	0,0	153,0	130,0	677,0	13,0	T3
239	27,0	51,0	0,0	153,0	0,0	T3
240	0,0	0,0	9,0	57,0	0,0	T3
241	847,2	224,7	22,1	286,1	148,8	D2
242	594,6	109,1	19,5	221,1	107,1	D2
243	64,1	29,4	10,2	118,2	52,8	D2
244	72,6	32,7	11,4	120,1	57,1	D2
245	114,2	288,2	150,0	771,6	0,5	T3
246	29,0	46,2	17,5	136,9	0,5	T3
247	24,1	36,9	17,7	102,6	0,2	T3
248	25,2	45,0	25,7	83,5	0,0	T2
249	26,5	56,9	81,0	183,3	0,0	T2
250	26,0	56,0	79,0	176,3	0,0	T2
251	320,9	744,2	301,1	1.597,4	5,4	T3

STT	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂	Lỗi
252	308,8	652,7	251,1	1.350,3	5,3	T3
253	7,2	45,0	26,0	152,8	1,5	T3
254	8,8	47,5	19,9	143,1	1,5	T3
255	597,3	116,7	32,7	134,2	247,7	D2
256	42,1	259,9	92,2	379,9	0,7	T3
257	29,0	327,6	165,3	576,3	0,0	T3
258	48,0	351,6	158,4	584,8	0,0	T3
259	47,6	309,0	160,1	571,2	0,0	T3
260	47,2	312,2	159,4	563,1	0,0	T3
261	42,5	286,1	164,3	562,8	0,0	T3
262	70,3	91,6	36,0	113,2	6,9	T3
263	95,4	195,5	79,9	216,1	3,9	T3
264	26,0	287,2	161,6	371,9	0,0	T3
265	9,0	163,1	177,1	263,1	0,0	T2
266	7,5	212,3	176,1	290,6	0,0	T2
267	7,5	269,9	192,4	322,2	0,0	T2
268	14,5	20,0	3,8	39,2	0,2	T3
269	15,9	19,5	3,9	35,8	0,2	T3
270	85,2	19,7	2,6	34,0	32,1	D2
271	10,1	27,0	23,1	92,6	0,0	T3
272	16,7	20,5	25,8	143,4	0,0	T3
273	20,5	16,6	21,4	114,2	8,9	T3
274	344,6	166,2	34,1	528,9	793,9	D2
275	1.051,4	134,4	70,5	318,6	0,0	T3
276	975,7	133,7	69,5	307,6	0,0	PD
277	451,3	31,9	8,9	48,3	0,0	PD
278	857,0	30,8	10,1	45,5	0,0	PD
279	851,4	50,5	9,4	9,6	0,0	PD
280	10,7	369,3	115,9	615,6	0,0	T3
281	33,1	321,4	115,9	675,2	0,0	T3
282	123,8	645,8	320,1	1.299,9	61,9	T3
283	162,3	751,8	489,4	1.144,5	0,0	T2
284	161,5	930,2	597,1	1.444,5	0,0	T2
285	1.091,4	165,8	76,9	163,1	0,0	T2
286	1.500,7	616,2	166,5	282,6	0,0	T2
287	882,2	544,8	187,1	271,6	0,0	T2
288	979,3	430,4	162,3	268,0	0,0	T2
289	18,6	82,8	52,5	392,7	0,4	T3
290	40,8	95,1	57,7	434,9	2,5	T3
291	72,7	46,0	13,8	135,9	62,2	D2
292	3.081,5	659,9	490,9	3,1	0,0	PD
293	2.064,9	205,6	118,7	3,2	0,0	PD
294	1.415,3	228,6	24,4	314,3	449,2	PD
295	374,9	89,4	13,4	146,1	183,9	PD
296	116,7	151,9	59,3	227,3	1,7	T2
297	151,2	318,5	148,3	491,3	0,8	T2
298	188,1	375,5	174,1	626,6	4,6	T2
299	190,8	485,9	229,4	753,8	3,5	T2
300	189,5	479,7	242,5	744,4	3,0	T2
301	141,5	235,1	137,7	243,9	0,0	T2
302	51,7	182,6	179,6	294,0	0,0	T2
303	222,2	518,0	317,1	605,4	0,0	T2
304	87,4	105,1	40,4	308,4	2,4	T3
305	42,1	259,9	92,2	379,9	0,7	T3
306	29,0	327,6	165,3	576,3	0,0	T3
307	21,2	53,0	35,5	153,9	0,0	T3
308	47,7	6,5	1,7	12,3	13,5	D2
309	67,5	15,5	2,6	20,6	19,3	D1
310	978,7	35,1	3,5	7,4	3,2	PD
311	1.168,3	400,2	80,9	1.090,4	83,8	T3
312	998,7	337,6	74,8	967,5	56,6	T3
313	208,6	39,3	13,6	79,8	210,6	D2
314	43,9	92,2	55,3	159,8	3,2	T2

STT	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂	Lỗi
315	37,2	78,3	47,6	136,2	2,8	T2
316	847,2	224,7	22,1	286,1	148,8	D2
317	64,1	29,4	10,2	118,2	52,8	D2
318	215,8	28,5	8,8	23,8	28,9	D2
319	61,7	100,3	43,2	318,3	6,3	T3
320	78,3	154,3	63,0	459,7	7,3	T3
321	24,9	68,3	49,9	355,8	0,4	T3
322	19.321,9	1.481,4	206,9	2,1	0,0	PD
323	15.883,7	1.578,9	193,7	2,4	0,0	PD
324	4.541,5	338,1	72,8	2,6	0,0	PD
325	1.064,3	152,1	39,8	2,1	0,7	PD
326	64,5	13,5	1,9	19,6	39,4	D2
327	62,6	11,1	2,5	20,0	41,1	D2
328	57,8	10,9	2,3	18,9	38,9	D2
329	70,2	307,7	259,6	1.685,2	6,6	T3
330	268,3	621,2	476,6	3.172,9	10,5	T3
331	99,6	688,9	764,0	4.854,6	17,6	T3
332	45,5	40,1	23,4	115,9	1,6	T3
333	16,0	73,3	113,5	194,8	0,0	T2
334	4,8	8,4	18,8	102,0	0,5	T3
335	4,7	9,3	13,2	97,2	0,9	T3
336	7,8	144,8	433,1	2.426,9	2,9	T3
337	535,0	1.709,9	1.283,6	9.433,7	56,1	T3
338	54,1	70,1	28,2	195,2	2,2	T3
339	11,9	22,5	97,9	18,9	16,4	D2
340	7,4	19,8	66,1	2,7	4,0	D1
341	44,4	13,8	3,1	23,9	25,6	D2
342	81,1	26,5	4,3	32,1	44,7	D2
343	226,0	72,1	10,2	83,4	102,1	D2
344	3.507,1	1.935,3	421,2	3.277,1	2.909,0	D2
345	5,7	36,4	141,1	4,6	3,9	D2
346	19,6	28,1	46,2	21,4	1,1	T1
347	663,1	154,2	67,0	253,9	567,3	D2
348	9,0	35,2	19,1	65,2	2,7	T2
349	14,8	59,6	36,0	106,9	2,2	T2
350	6,7	5,7	8,1	30,9	1,1	T3
351	3,9	114,9	98,7	202,2	6,8	T2
352	7,8	131,7	110,6	239,0	13,5	T2
353	111,0	253,1	116,7	401,3	0,0	T2
354	165,2	508,9	252,5	860,8	4,0	T2
355	55,2	102,6	38,6	160,9	0,6	T3
356	1.302,2	488,3	35,0	545,7	444,3	D2
357	3.930,0	2.397,0	157,0	0,0	0,0	PD
358	37.800,0	1.740,0	249,0	8,1	8,0	PD
359	92.600,0	10.200,0	0,0	0,0	0,0	PD
360	8.266,0	1.061,0	22,0	0,0	0,0	PD
361	9.340,0	995,0	60,0	6,0	7,0	PD
362	36.036,0	4.704,0	554,0	5,0	10,0	PD
363	33.046,0	619,0	58,0	2,0	0,0	PD
364	40.280,0	1.069,0	1.060,0	1,0	1,0	PD
365	26.788,0	18.342,0	2.111,0	27,0	0,0	D1
366	78,0	20,0	11,0	13,0	28,0	D1
367	305,0	100,0	33,0	161,0	541,0	D1
368	35,0	6,0	3,0	26,0	482,0	D1
369	543,0	120,0	41,0	411,0	1.880,0	D1
370	1.230,0	163,0	27,0	233,0	692,0	D1
371	645,0	86,0	13,0	110,0	317,0	D1
372	60,0	10,0	4,0	4,0	4,0	D1
373	95,0	10,0	0,0	11,0	39,0	D1
374	6.870,0	1.028,0	79,0	900,0	5.500,0	D1
375	10.092,0	5.399,0	530,0	6.500,0	37.565,0	D1
376	650,0	81,0	170,0	51,0	270,0	D1
377	210,0	22,0	6,0	6,0	7,0	D1

STT	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂	Lỗi
378	385,0	60,0	8,0	53,0	159,0	D1
379	4.230,0	690,0	5,0	196,0	1.180,0	D1
380	7.600,0	1.230,0	318,0	836,0	1.560,0	D1
381	595,0	80,0	9,0	89,0	244,0	D1
382	120,0	25,0	1,0	8,0	40,0	D1
383	8,0	0,0	0,0	43,0	101,0	D1
384	6.454,0	2.313,0	121,0	2.159,0	6.432,0	D1
385	2.177,0	1.049,0	207,0	440,0	705,0	D1
386	1.790,0	580,0	321,0	336,0	619,0	D1
387	1.330,0	10,0	20,0	66,0	182,0	D1
388	4,0	1,0	2,0	7,0	52,0	D1
389	1.900,0	285,0	31,0	957,0	7.730,0	D1
390	57,0	24,0	2,0	27,0	30,0	D1
391	1.000,0	500,0	1,0	400,0	500,0	D2
392	440,0	89,0	19,0	304,0	757,0	D2
393	210,0	43,0	12,0	102,0	187,0	D2
394	2.850,0	1.115,0	138,0	1.987,0	3.675,0	D2
395	7.020,0	1.850,0	0,0	2.960,0	4.410,0	D2
396	545,0	130,0	16,0	153,0	239,0	D2
397	7.150,0	1.440,0	97,0	1.210,0	1.760,0	D2
398	620,0	325,0	38,0	181,0	244,0	D2
399	120,0	31,0	0,0	66,0	94,0	D2
400	755,0	229,0	32,0	404,0	460,0	D2
401	5.100,0	1.430,0	0,0	1.140,0	1.010,0	D2
402	13.500,0	6.110,0	212,0	4.510,0	4.040,0	D2
403	1.570,0	1.110,0	175,0	1.780,0	1.830,0	D2
404	3.090,0	5.020,0	323,0	3.800,0	2.540,0	D2
405	1.820,0	405,0	35,0	365,0	634,0	D2
406	535,0	160,0	16,0	305,0	680,0	D2
407	13,0	3,0	1,0	3,0	6,0	D2
408	137,0	67,0	7,0	53,0	104,0	D2
409	1.084,0	188,0	8,0	166,0	769,0	D2
410	34,0	21,0	4,0	49,0	56,0	D2
411	7.940,0	2.000,0	355,0	3.120,0	5.390,0	D2
412	150,0	130,0	9,0	55,0	30,0	D2
413	8.200,0	3.790,0	250,0	4.620,0	5.830,0	D2
414	260,0	215,0	35,0	334,0	277,0	D2
415	75,0	15,0	7,0	14,0	26,0	D2
416	530,0	345,0	85,0	266,0	250,0	D2
417	60,0	5,0	2,0	21,0	21,0	D2
418	90,0	28,0	8,0	31,0	32,0	D2
419	220,0	77,0	22,0	170,0	240,0	D2
420	5.900,0	1.500,0	68,0	1.200,0	2.300,0	D2
421	420,0	250,0	41,0	530,0	800,0	D2
422	2.800,0	2.800,0	234,0	3.500,0	3.600,0	D2
423	99,0	170,0	20,0	200,0	190,0	D2
424	310,0	230,0	54,0	610,0	760,0	D2
425	800,0	160,0	23,0	260,0	600,0	D2
426	1.500,0	395,0	28,0	395,0	323,0	D2
427	20.000,0	13.000,0	1.850,0	29.000,0	57.000,0	D2
428	305,0	85,0	25,0	197,0	130,0	D2
429	1.900,0	530,0	35,0	383,0	434,0	D2
430	110,0	62,0	90,0	140,0	250,0	D2
431	3.700,0	1.690,0	128,0	2.810,0	3.270,0	D2
432	2.770,0	660,0	54,0	712,0	763,0	D2
433	245,0	120,0	18,0	131,0	167,0	D2
434	1.170,0	255,0	18,0	312,0	325,0	D2
435	4.419,0	3.564,0	668,0	2.861,0	2.025,0	D2
436	810,0	280,0	111,0	570,0	490,0	D2
437	5.000,0	1.200,0	83,0	1.000,0	1.100,0	D2
438	10.000,0	6.730,0	345,0	7.330,0	10.400,0	D2
439	1.570,0	735,0	87,0	1.330,0	1.740,0	D2
440	8.800,0	64.064,0	72.128,0	95.650,0	0,0	T3

STT	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂	Lỗi
441	6.709,0	10.500,0	1.400,0	17.700,0	750,0	T3
442	1.100,0	1.600,0	221,0	2.010,0	26,0	T3
443	290,0	966,0	299,0	1.810,0	57,0	T3
444	2.500,0	10.500,0	4.790,0	13.500,0	6,0	T3
445	1.860,0	4.980,0	0,0	10.700,0	1.600,0	T3
446	860,0	1.670,0	30,0	2.050,0	40,0	T3
447	150,0	22,0	9,0	60,0	11,0	T3
448	400,0	940,0	210,0	820,0	24,0	T3
449	6,0	2.990,0	29.990,0	26.076,0	67,0	T3
450	100,0	200,0	110,0	670,0	11,0	T3
451	290,0	1.260,0	231,0	820,0	8,0	T3
452	1.550,0	2.740,0	816,0	5.450,0	184,0	T3
453	3.910,0	4.290,0	626,0	6.040,0	1.230,0	T3
454	12.705,0	23.498,0	6.047,0	34.257,0	5.188,0	T3
455	1,0	8,0	8,0	100,0	6,0	T3
456	300,0	700,0	280,0	1.700,0	36,0	T3
457	107,0	143,0	34,0	222,0	2,0	T3
458	54,5	71,9	9,7	97,4	6,6	T3
459	116,2	180,8	52,5	278,2	5,4	T3
460	5.760,0	540,0	40,5	1.000,0	2.760,0	D2
461	50,2	171,1	74,7	148,7	0,0	T2
462	20,0	80,2	24,6	68,6	0,0	T2
463	29,0	10,9	1,6	7,0	4,4	D2
464	15,9	56,0	22,3	137,3	0,2	T3
465	47,6	19,1	4,2	27,0	0,7	T1
466	40,0	102,6	32,3	183,3	0,2	D2
467	50,4	65,6	21,1	99,1	1,0	T3
468	2,4	119,7	21,9	20,2	0,0	T1
469	120,5	210,9	35,7	285,4	15,9	T3
470	87,2	17,3	3,9	12,9	32,8	D1
471	5,5	48,8	96,8	489,6	0,3	T3
472	605,0	1.586,0	655,0	1.901,0	2,3	T3
473	2,0	2,1	0,5	0,7	1,6	D1
474	462,0	212,4	31,6	0,0	0,0	PD
475	25,4	55,0	8,7	77,8	10,5	T3
476	131,7	116,6	19,4	184,0	0,3	T3
477	7.911,9	947,4	96,9	907,2	4.844,5	D1
478	21,0	2,0	0,5	1,5	5,6	D1
479	676,7	969,6	570,6	2.483,3	17,5	T3
480	7.239,0	695,2	231,6	2.394,3	2.308,9	D2
481	101,5	24,5	9,0	128,4	0,0	T3
482	73,8	148,0	38,9	181,0	1,8	T3
483	34,8	5,5	2,1	5,0	10,4	D1
484	18,2	22,0	6,6	46,9	4,0	T3
485	1,6	1,0	0,1	0,9	1,6	D1
486	22.400,0	22.400,0	2.690,0	13.440,0	1.570,0	T3
487	670,0	224,0	45,0	67,0	2,0	T2
488	224,0	4,5	2,0	0,0	0,0	T1
489	900,0	9.180,0	0,0	900,0	22,0	T1
490	0,0	224,0	0,0	45,0	0,0	T1
491	470,0	4.637,0	1.300,0	448,0	0,0	T1
492	65,0	20,0	10,0	5,0	0,0	T1
493	53,0	39,0	3,0	4,5	0,0	T1
494	219,0	44,0	3,0	3,0	0,0	T1
495	37,0	47,0	10,0	5,5	0,0	T1
496	34,0	30,0	34,0	2,5	0,0	T1
497	14,0	62,0	16,0	3,0	0,0	T1
498	65,0	34,0	16,0	112,0	0,0	T3
499	0,7	1,5	0,3	1,8	0,0	T2
500	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	T2
501	48,0	40,0	11,0	0,5	0,0	T1
502	130,0	140,0	24,0	120,0	0,0	T1
503	86,0	8,0	2,5	2,5	0,0	T1

STT	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂	Lỗi
504	6,0	3,0	0,8	0,7	0,0	T1
505	50,0	3,0	1,0	0,0	0,0	T1
506	55,0	22,0	0,5	2,6	0,0	T1
507	78,0	66,0	62,0	2,6	0,0	T1
508	1.600,0	3.600,0	670,0	14,0	0,0	PD
509	6.600,0	1.000,0	38,0	2,0	19,0	PD
510	88,0	9,0	0,0	0,0	0,0	PD
511	2.240,0	168,0	25,0	0,0	0,0	PD
512	1.950,0	123,0	38,0	2,0	2,0	PD
513	2.240,0	157,0	90,0	45,0	45,0	PD
514	73,0	8,0	4,0	2,0	12,0	D1
515	5.000,0	4.000,0	2.000,0	2.000,0	8.000,0	D1
516	24,3	15,7	6,4	11,2	29,8	D1
517	2.240,0	360,0	25,0	169,0	828,0	D1
518	4.480,0	560,0	380,0	403,0	896,0	D1
519	2.240,0	560,0	380,0	450,0	940,0	D1
520	200,0	230,0	2,0	170,0	480,0	D1
521	60,0	5,0	1,0	6,0	29,0	D1
522	890,0	110,0	3,0	84,0	700,0	D1
523	41,0	112,0	0,0	254,0	4.536,0	D1
524	16.000,0	4.000,0	500,0	8.500,0	16.000,0	D2
525	21,0	75,0	24,0	126,0	0,0	T3
526	111,0	559,0	243,0	707,0	0,0	T2
527	23,0	59,9	18,6	56,9	0,1	T2
528	740,0	2.227,0	567,0	4.258,0	42,0	T3
529	388,0	860,0	230,0	1.833,0	18,3	T3
530	84,0	126,0	28,9	132,2	0,4	T2
531	362,0	533,0	91,0	553,0	10,0	T2
532	103,0	221,7	47,2	422,0	0,9	T3
533	1.769,7	554,2	145,2	1.066,7	885,7	D2
534	38,0	3,7	0,0	4,1	19,4	D1
535	700,0	137,4	14,9	194,8	936,6	D1
536	253,0	21,5	5,9	16,1	72,4	D1
537	131,0	32,0	7,3	18,8	38,7	D1
538	116,0	20,0	7,0	27,0	54,0	D1
539	70,0	3,8	0,6	3,2	31,1	D1
540	34,0	18,9	3,7	9,4	5,6	D1
541	390,0	62,6	12,8	65,3	133,6	D2
542	1.270,0	3.450,0	520,0	1.390,0	8,0	T2
543	3.420,0	7.870,0	1.500,0	6.990,0	33,0	T2
544	360,0	610,0	259,0	260,0	9,0	T2
545	1,0	27,0	49,0	4,0	1,0	T2
546	3.675,0	6.392,0	2.500,0	7.691,0	5,0	T2
547	48,0	610,0	29,0	10,0	0,0	T2
548	12,0	18,0	4,0	4,0	0,0	T2
549	66,0	60,0	2,0	7,0	0,0	T2
550	1.450,0	940,0	211,0	322,0	61,0	T2
551	0,0	18.900,0	410,0	540,0	330,0	T2
552	960,0	4.000,0	1.290,0	1.560,0	6,0	T2
553	24.700,0	61.000,0	26.300,0	42.100,0	1.560,0	T2
554	14,0	44,0	124,0	7,0	1,0	T2
555	2.031,0	149,0	20,0	3,0	0,0	T2
556	480,0	1.075,0	298,0	1.132,0	0,0	T2
557	40.000,0	400,0	70,0	600,0	6,0	T2
558	112,0	29,0	20,0	27,0	62,0	D2
559	1,0	23,0	90,0	141,0	1,0	T3
560	59,0	609,0	731,0	1.649,0	0,3	T3
561	7,0	147,0	240,0	15,0	0,2	T1
562	131,0	77,0	32,0	21,0	50,0	D2
563	243,0	39,0	21,0	61,0	222,0	D2
564	374,0	900,0	932,0	5.759,0	55,0	T3
565	59,0	29,0	18,0	9,0	1,6	ND
566	653,0	47,0	0,6	50,0	333,0	D2

STT	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂	Lỗi
567	2,0	605,0	439,0	1.593,0	59,0	T3
568	1.446,0	3.902,0	1.111,0	599,0	111,0	T3
569	2,0	7,0	15,0	24,0	3,0	T3
570	1.073,0	2.813,0	673,0	319,0	1,0	T1
571	75,0	281,0	291,0	631,0	0,8	T2
572	109,0	27,0	9,0	30,0	66,0	D2
573	0,3	113,0	149,0	15,0	0,9	T1
574	19,0	17,0	20,0	80,0	33,0	D2
575	9,0	11,0	4,0	10,0	0,4	T2
576	2,0	114,0	233,0	6,0	0,1	T1
577	12,0	103,0	113,0	0,7	0,9	T3
578	54,5	71,9	9,7	93,4	6,6	T3
579	5.760,0	540,0	40,5	1.000,0	2.760,0	D2
580	20,0	80,2	24,6	68,6	0,0	T2
581	15,9	56,0	22,3	137,3	0,2	T3
582	40,0	102,6	32,3	183,3	0,2	T3
583	2,4	119,7	21,9	20,2	0,0	T1
584	87,2	17,3	3,9	12,9	32,8	D1
585	605,0	1.586,0	655,0	1.901,0	2,3	D1
586	462,0	212,4	31,6	0,0	0,0	PD
587	131,7	116,6	19,4	184,0	0,3	T3
588	21,0	2,0	0,5	1,5	5,6	D1
589	73,8	148,0	38,9	181,0	1,8	T3
590	18,2	22,0	6,6	46,9	4,0	T3
591	1,6	1,0	0,1	0,9	1,6	D1
592	116,2	180,8	52,5	278,2	5,4	T3
593	50,2	171,1	74,7	148,7	0,0	T2
594	29,0	10,9	1,6	7,0	4,4	T3
595	7.239,0	695,2	231,6	2.394,3	2.308,9	D2
596	47,6	19,1	4,2	27,0	0,7	T1
597	50,4	65,6	21,1	99,1	1,0	T3
598	120,5	210,9	35,7	285,4	15,9	T3
599	5,5	48,8	96,8	489,6	0,3	T3
600	2,0	2,1	0,5	0,7	1,6	D1
601	25,4	55,0	8,7	77,8	10,5	T3
602	7.911,9	947,4	96,9	907,2	4.844,5	D1
603	676,7	696,6	570,6	2.483,3	17,5	T3
604	101,5	24,5	9,0	128,4	0,0	T3
605	34,8	5,5	2,1	5,0	10,4	D1
606	20,4	59,8	45,2	80,5	0,0	T2
607	110,4	112,0	32,5	80,8	0,0	T1
608	11,9	7,7	1,8	5,0	0,0	N
609	10,1	6,8	1,8	4,9	0,0	N
610	10,6	8,2	2,6	4,3	0,0	N
611	9,5	9,0	8,8	4,2	0,0	N
612	10,2	10,3	9,7	3,9	0,0	N
613	10,3	9,4	10,8	3,2	0,0	N
614	12,2	1,6	0,3	0,2	0,0	N
615	12,8	4,6	0,7	0,6	0,0	N
616	10,1	4,5	0,9	0,7	0,0	N
617	8,1	4,4	0,7	0,8	0,0	N
618	8,9	5,4	1,0	0,8	0,0	N
619	5,2	3,7	1,9	1,8	0,0	N
620	7,5	4,1	2,1	2,9	0,0	N
621	8,4	5,1	2,2	5,1	0,0	N
622	8,5	6,4	2,3	8,0	0,0	N
623	9,3	5,7	2,5	8,8	0,0	N
624	7,9	7,7	2,7	10,2	0,0	N
625	10,0	8,8	2,8	8,3	0,0	N
626	8,1	7,7	3,1	10,6	0,0	N
627	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	N
628	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	N
629	7,5	1,6	0,0	2,3	0,0	N

STT	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂	Lỗi
630	7,5	2,0	0,9	2,5	0,0	N
631	6,0	1,9	0,7	2,2	0,0	N
632	8,7	1,9	0,8	1,8	0,0	N
633	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	N
634	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	N
635	11,6	1,4	0,4	0,5	0,0	N
636	18,9	2,9	0,4	2,3	0,0	N
637	20,6	2,7	0,5	2,4	0,0	N
638	13,5	2,0	0,5	2,1	0,0	N
639	19,8	3,5	0,7	2,5	0,0	N
640	17,0	3,9	0,7	2,6	0,0	N
641	15,6	4,0	0,6	2,6	0,0	N
642	11,7	3,6	0,7	2,2	0,0	N
643	13,3	3,3	0,8	2,8	0,0	N
644	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	N
645	19,7	7,2	2,8	1,3	0,0	N
646	16,2	9,4	2,7	1,9	0,0	N
647	10,1	6,9	2,0	1,1	0,0	N
648	10,4	8,1	2,8	2,2	0,0	N
649	8,1	8,0	3,1	1,5	0,0	N
650	13,2	11,0	3,9	1,9	0,0	N
651	6,4	7,6	3,3	1,5	0,0	N
652	8,9	7,1	2,9	1,3	0,0	N
653	5,1	11,6	6,2	2,8	0,0	N
654	7,4	10,8	5,5	3,0	0,0	N
655	9,5	10,2	5,2	4,0	0,0	N
656	9,8	9,5	5,6	4,0	0,0	N
657	8,6	8,1	5,2	3,9	0,0	N
658	7,4	8,4	6,3	3,8	0,0	N
659	12,0	10,7	6,9	3,7	0,0	N
660	10,5	9,5	6,6	4,1	0,0	N
661	9,1	2,8	0,6	3,2	0,0	N
662	7,9	3,5	0,8	3,6	0,0	N
663	8,3	4,2	0,9	4,0	0,0	N
664	7,9	5,2	2,4	3,3	0,0	N
665	10,4	4,2	2,0	3,0	0,0	N
666	8,1	4,3	1,7	3,8	0,0	N
667	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	N
668	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	N
669	8,4	0,9	0,8	0,7	0,0	N
670	10,7	2,1	0,9	0,9	0,0	N
671	11,4	2,7	0,8	2,2	0,0	N
672	12,5	3,1	0,8	2,7	0,0	N
673	12,2	2,3	0,9	3,0	0,0	N
674	10,6	2,5	1,1	3,3	0,0	N
675	9,7	3,9	2,7	2,5	0,0	N
676	7,4	4,2	2,8	2,6	0,0	N
677	11,2	5,8	2,9	3,0	0,0	N
678	0,0	1,0	0,0	0,2	0,0	N

STT	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂	Lỗi
679	15,3	1,4	0,0	2,1	0,0	N
680	12,6	1,8	0,0	2,3	0,0	N
681	12,1	2,6	0,9	1,8	0,0	N
682	10,6	2,4	0,9	2,2	0,0	N
683	9,9	2,6	0,6	3,4	0,0	N
684	7,7	2,6	0,0	3,4	0,0	N
685	16,6	2,7	0,0	3,6	0,0	N
686	13,3	2,5	0,6	8,0	0,0	N
687	12,2	3,0	2,3	10,0	0,0	N
688	13,0	3,7	2,2	12,5	0,0	N
689	11,4	3,2	2,3	11,9	0,0	N
690	21,4	5,9	1,4	0,7	0,0	N
691	9,8	4,2	0,5	0,7	0,0	N
692	8,5	4,5	0,0	1,0	0,0	N
693	3,1	6,4	0,6	0,6	0,0	N
694	6,7	6,4	0,6	0,6	0,0	N
695	5,4	4,9	1,1	0,6	0,0	N
696	4,6	6,2	0,7	1,1	0,0	N
697	5,2	8,9	2,0	1,4	0,0	N
698	9,4	9,8	1,0	1,4	0,0	N
699	9,7	8,1	0,8	1,5	0,0	N
700	7,0	8,5	1,3	2,5	0,0	N
701	7,5	7,1	1,3	3,9	0,0	N
702	7,4	7,9	1,6	3,7	0,0	N
703	8,2	5,0	1,6	4,1	0,0	N
704	7,8	6,9	1,9	4,5	0,0	N
705	6,4	9,6	1,6	3,4	0,0	N
706	7,3	7,5	1,8	5,3	0,0	N
707	11,7	8,2	1,9	4,8	0,0	N
708	7,2	3,9	0,4	0,6	0,0	N
709	7,9	3,7	0,4	0,7	0,0	N
710	7,2	4,4	0,4	0,9	0,0	N
711	6,5	7,2	0,8	1,6	0,0	N
712	4,4	7,3	0,8	1,6	0,0	N
713	6,5	6,0	0,6	1,7	0,0	N
714	8,6	8,4	1,1	1,7	0,0	N
715	7,2	9,5	1,8	2,8	0,0	N
716	7,3	8,1	1,8	3,7	0,0	N
717	8,8	9,4	1,8	3,7	0,0	N
718	8,1	11,5	1,8	3,9	0,0	N
719	7,4	11,4	1,8	3,7	0,0	N
720	6,7	11,1	2,8	4,0	0,0	N
721	7,5	11,7	2,8	3,9	0,0	N
722	7,9	9,5	2,8	4,1	0,0	N

Ghi chú: 1÷240 tham khảo từ [21]

241÷356, 608÷722 tham khảo từ [21]

357÷557 tham khảo từ [1]

558÷577 tham khảo từ [18]

578÷607 tham khảo từ [19].

PHỤ LỤC 2: Các dữ liệu sự cố trong bộ dữ liệu DGA_Evaluation

TT	Tên MBA	Thành phần khí (ppm)					Kết quả chẩn đoán theo từng phương pháp					Kết luận CPCETC	Mô hình MH
		H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂	IEC	Roger	NPT	Duval Triangle	Duval Pentagon		
1	T1 Hội An	34,9	102,3	53,2	215,9	0,0	T3	T3	T3	T3	T3	T3	T3
2	T1 Thăng Bình	556,0	11,6	3,6	2,1	0,0	ND	ND	PD	T1	PD	PD	PD
3	T2 NMTĐ KaNak	185,7	222,4	106,5	862,1	18,3	T3	T3	T3	T3	T3	T3	T3
4	T1A ĐMT miền Trung	365,5	27,3	14,3	25,1	35,3	ND	ND	ND	D2	D1	D2	D2
5	064733-41 Đăk Rlấp	597,3	116,7	32,7	134,2	247,7	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2
6	VN1334 Tam Thăng	47,7	6,5	1,7	12,3	13,5	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2
7	TD41 Đăk Hà	10055	960,4	829,8	7,92	0,0	PD	D1	PD	PD	S	PD	PD
8	T03 NMĐG Đăk Hoà	34,5	10,2	4,6	67,5	129,3	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2
9	T1 NMTĐ Trà Linh 3	27,1	484,4	678,6	2809,4	0,0	T3	T3	T3	T3	T3	T3	T3

TT	Tên MBA	Thành phần khí (ppm)					Kết quả chẩn đoán theo từng phương pháp					Kết luận CPCETC	Mô hình MH
		H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂	IEC	Roger	NPT	Duval Triangle	Duval Pentagon		
10	MBA T1 № 1590022T	22456	4470	40	1698	6368	D1	ND	ND	D2	D1	D2	D1
11	MBA T1 № VN00305	205	81	7	78	61	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2
12	MBA T1 № 40M060939	1197	1168	212	2661	31	ND	ND	ND	T3	T3	T3	T3
13	MBA T1 № 154735-204	3855	895	3	306	1110	D1	ND	ND	D1	D1	D1	D1
14	MBAT2 № 054335-01	949	637	34	760	1135	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2
15	MBA T1 № 201210220	479	100	4	107	133	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2
16	MBAT2 Vỏ Cường cũ	4726	1621	26	543	1247	D2	D2	D2	D1	D2	D2	D2
17	MBA T2 № 054733-40	10360	4148	269	3357	4915	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2
18	MBA T1 N° 40M070979	7346	10328	2371	27297	517	ND	ND	ND	T3	T3	T3	T3
19	MBA T2 № 104733-54	1776	236	24	278	722	D1	D2	D2	D1	D1	D2	D2
20	MBA T1 № 084734-63	337	136	19	196	238	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2
21	MBA T2 № 094735-81	1087	417	12	225	360	D2	D2	D2	D1	D2	D2	D2
22	MBA T1 № 094734-68	2804	483	40	88	201	D2	ND	D1	D1	D1	D2	D2
23	MBA T2 № 064735-55	3925	795	44	722	1888	D1	D2	D2	D1	D1	D2	D2
24	TĐB_T1	3	75	127	5	0	T1	ND	T1	T1	T1	T1	T1
25	HL_T1	15	109	68	218	0	T2	T3	T3	T3	T3	T3	T3
26	BC_T1	25	43	7	4	0	T1	ND	T1	T1	T1	T1	T1
27	GĐ_T2	386	153	168	5	0	ND	N	N	T1	S	PD	PD
28	HK_T1	729	127	13	3	0	ND	ND	N	T1	S	PD	PD
29	TH_T2	207	70	5	1	0	ND	ND	N	PD	S	PD	PD
30	AX_T1	52	18	6	25	14	ND	D2	D2	DT	D2	D2	D2
31	NG_T2	246	7	0	0	0	ND	ND	ND	PD	ND	PD	PD
32	PT_T1	255	161	18	44	0	ND	T1	ND	T2	T1	T2	T2
33	TH_T1	703	4936	1641	8207	0	T3	T3	T3	T3	T3	T3	T3
34	PM_T2	9	83	24	173	0.2	T3	T3	T3	T3	T3	T3	T3
35	MXA_T2	6	95	102	4	0	T1	ND	T1	T1	T1	T1	T1
36	VT_T2	14	79	23	88	0	T2	T3	T3	T3	T3	T3	T3
37	An Khánh T2	5	288	61	212	0	T2	T3	T3	T2	T2	T3	T3
38	PC Sài Gòn	15965	2193	352	0	0	ND	ND	ND	PD	PD	PD	PD

Ghi chú: ND (Không chẩn đoán)

1÷9 tham khảo từ [22]




10÷23 tham khảo từ [23]

24÷36 tham khảo từ [21]

37÷38 tham khảo từ [24]

Số thứ tự	Nguồn dữ liệu	Ghi chú
1÷9	Nguồn dữ liệu sẵn có từ Công ty TNHH MTV Thí nghiệm điện miền Trung (CPCETC)	
10÷23	Nguồn dữ liệu tham khảo từ Công ty TNHH MTV Thí nghiệm điện miền Bắc (NPCETC)	
24÷36	Nguồn dữ liệu tham khảo từ Công ty Thí nghiệm điện miền Nam (SPCETC)	
37÷38	Nguồn dữ liệu tham khảo từ Công ty Thí nghiệm điện lực TP Hồ Chí Minh (HCMCETC)	

PHỤ LỤC 3: Một số hình ảnh sự cố MBA

Tên MBA	Kết quả chẩn đoán	Hình ảnh	Tên MBA	Kết quả chẩn đoán	Hình ảnh
MBA T2 NMTĐ KaNak sau khi mở máy phát hiện quá nhiệt tại điểm đo nấc phân áp	T3 (Quá nhiệt >700°C)		MBA T1A NMTĐMT Điện lực miền Trung sau khi mở máy phát hiện phóng điện bên trong MBA	D2 (Phóng điện năng lượng cao)	
MBA № VN1334 110kV Tam Thăng sau khi mở máy phát hiện cuộn dây bị cháy xém do phóng điện	D2 (Phóng điện năng lượng cao)		MBA T1 NMTĐ Trà Linh 3 sau khi mở máy phát hiện quá nhiệt	T3 (Quá nhiệt >700°C)	