



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년05월14일
(11) 등록번호 10-1842831
(24) 등록일자 2018년03월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 31/02 (2006.01) G06N 99/00 (2010.01)
(52) CPC특허분류
G01R 31/027 (2013.01)
G06N 99/005 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0058286
(22) 출원일자 2017년05월10일
심사청구일자 2017년05월10일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020130074674 A*
KR1020090027921 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌
기술이전 희망 : 기술양도

(73) 특허권자
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)
(72) 발명자
김중면
경상남도 양산시 삼호로 74, 101동 303호 (삼호동, 웅상신도시푸르지오아파트)
김재영
부산광역시 수영구 과정로73번길 30, 2층 (망미동)
조윤정
부산광역시 금정구 팔송로39번길 6-4 (남산동)
(74) 대리인
김중선, 이형석

전체 청구항 수 : 총 10 항

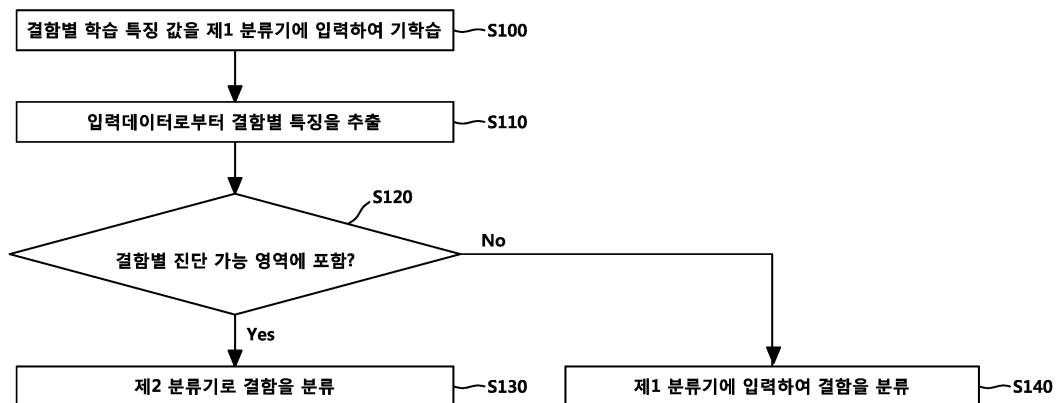
심사관 : 정중한

(54) 발명의 명칭 기계학습 알고리즘을 이용한 변압기 유증가스 분석방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 기계학습 알고리즘을 이용한 변압기 유증가스 분석방법에 관한 것으로, 유증가스 결함별 학습데이터로부터 결함별 학습 특징값을 추출하고, 제1 분류기에 입력하여 기학습하는 단계, 유증가스 입력데이터로부터 결함별 특징을 추출하는 단계, 상기 추출된 결함별 특징을 제2 분류기에 입력하여 결함별 진단 가능 영역에 포함되는지를 판단하는 단계 및 상기 결함별 진단 가능 영역에 포함되는지 판단에 따라, 상기 결함별 특징을 상기 제2 분류기 또는 상기 학습된 제1 분류기에 입력하여 결함을 분류하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415150552

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국에너지기술평가원

연구사업명 청정화력핵심기술개발

연구과제명 순환유동층 보일러 furnace 음향방출 고장예측 진단시스템 개발

기 여 율 1/2

주관기관 영진(주)

연구기간 2016.11.01 ~ 2017.09.30

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415151173

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국에너지기술평가원

연구사업명 에너지안전기술개발

연구과제명 산업설비 압력용기/탱크 음향방출 진단장비 및 모니터링 시스템 개발

기 여 율 1/2

주관기관 울산대학교 산학협력단

연구기간 2017.05.01 ~ 2018.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

유증가스 결함별 학습데이터로부터 결함별 학습 특징값을 추출하고, 제1 분류기에 입력하여 기학습하는 단계;

유증가스 입력데이터로부터 결함별 특징을 추출하는 단계;

상기 추출된 결함별 특징을 제2 분류기에 입력하여 결함별 진단 가능 영역에 포함되는지를 판단하는 단계; 및

상기 결함별 진단 가능 영역에 포함되는지 판단에 따라, 상기 결함별 특징을 상기 제2 분류기 또는 상기 학습된 제1 분류기에 입력하여 결함을 분류하는 단계;

를 포함하고,

상기 결함을 분류하는 단계는,

상기 결함별 진단 가능 영역에 포함되는 경우, 상기 제2 분류기를 이용하여 결함을 분류하고, 상기 결함별 진단 가능 영역에 포함되지 않는 경우, 상기 입력데이터와 상기 학습데이터 중 K개의 이웃한 데이터 사이의 거리 값을 이용하여 상기 제1 분류기를 이용하여 결함을 분류하는 기계학습 알고리즘을 이용한 변압기 유증가스 분석 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 제1 분류기는 KNN(K Nearest Neighbors) 분류기이고, 제2 분류기는 IEC(International Electrotechnical Commission) 분류기인 기계학습 알고리즘을 이용한 변압기 유증가스 분석방법.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 기학습하는 단계는,

상기 결함별 학습데이터로부터 복수의 특징벡터를 생성하고, 각 클래스 별로 상기 복수의 특징벡터 사이의 각각의 유클리디안 거리(Euclidean distance)를 산출하고, 상기 산출된 거리를 기반으로 K개의 최소 거리들의 평균 값을 산출하여 제 1분류기를 학습시키는 기계학습 알고리즘을 이용한 변압기 유증가스 분석방법.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 결함별 특징은

결함별 유증가스의 조성비이며, 상기 유증가스는 CH₄/H₂, C₂H₂/CH₄, C₂H₂/C₂H₆, C₂H₄/C₂H₆, C₂H₆/CH₄, H₂, CO, CO₂, CH₄, C₂H₂, C₂H₄ 및 C₂H₆중 적어도 어느 하나 이상인 기계학습 알고리즘을 이용한 변압기 유증가스 분석 방법.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 결함을 분류하는 단계는,

상기 추출된 결함별 특징으로부터 복수의 특징벡터를 생성하고, 상기 복수의 특징벡터와 상기 결함별 학습데이터 중 K개의 이웃한 특징벡터들 간의 유클라디안 거리를 산출하는 단계;

상기 산출된 유클라디안 거리 값과 상기 이웃한 특징벡터들이 속해있는 클래스의 거리의 평균값의 차이 값을 구하고, 상기 차이 값의 역수의 합들을 산출하는 단계; 및

상기 결함별 특징을 상기 산출된 역수의 합들 중 각 클래스별로 가장 큰 값을 갖는 클래스로 분류하는 단계;를 포함하는 기계학습 알고리즘을 이용한 변압기 유중가스 분석방법.

청구항 7

유중가스 결함별 학습데이터로부터 추출된 결함별 학습 특징값을 제1 분류기에 입력하여 학습 및 분류하는 기학습부;

유중가스 입력데이터로부터 결함별 특징을 추출하는 추출부;

상기 추출된 결함별 특징을 제2 분류기에 입력하여 결함별 진단 가능 영역에 포함되는지를 판단하는 판단부; 및

상기 판단부의 판단에 따라, 상기 결함별 특징을 상기 제2 분류기 또는 상기 학습된 제1 분류기에 입력하여 결함을 분류하는 결함 분류부;를 포함하고,

상기 결함 분류부는,

상기 결함별 진단 가능 영역에 포함되는 경우, 상기 제2 분류기를 이용하여 결함을 분류하고, 상기 결함별 진단 가능 영역에 포함되지 않는 경우, 상기 입력데이터와 상기 학습데이터 중 K개의 이웃한 데이터 사이의 거리 값들을 이용하여 상기 제1 분류기를 이용하여 결함을 분류하는 기계학습 알고리즘을 이용한 변압기 유중가스 분석장치.

청구항 8

삭제

청구항 9

제 7항에 있어서,

상기 제1 분류기는 KNN 분류기이고, 제2 분류기는 IEC 분류기인 기계학습 알고리즘을 이용한 변압기 유중가스 분석장치.

청구항 10

제 7항에 있어서,

상기 기학습부는,

상기 결함별 학습데이터로부터 복수의 특징벡터를 생성하고, 각 클래스 별로 상기 복수의 특징벡터 사이의 각각의 유클라디안 거리를 산출하고, 상기 산출된 거리를 기반으로 K개의 최소 거리들의 평균값을 산출하여 제 1분류기를 학습시키는 기계학습 알고리즘을 이용한 변압기 유중가스 분석장치.

청구항 11

제 7항에 있어서,

상기 결함별 특징은

결함별 유증가스의 조성비이며, 상기 유증가스는 CH_4/H_2 , $\text{C}_2\text{H}_2/\text{CH}_4$, $\text{C}_2\text{H}_2/\text{C}_2\text{H}_6$, $\text{C}_2\text{H}_4/\text{C}_2\text{H}_6$, $\text{C}_2\text{H}_6/\text{CH}_4$, H_2 , CO , CO_2 , CH_4 , C_2H_2 , C_2H_4 및 C_2H_6 중 적어도 어느 하나 이상인 기계학습 알고리즘을 이용한 변압기 유증가스 분석장치.

청구항 12

제 7항에 있어서,

상기 결함 분류부는,

상기 추출된 결함별 특징으로부터 복수의 특징벡터를 생성하고, 상기 복수의 특징벡터와 상기 결함별 학습데이터 중 K개의 이웃한 특징벡터들 간의 유클리디안 거리를 산출하는 거리산출부;

상기 거리산출부에서 산출된 거리 값과 상기 이웃한 특징벡터들이 속해있는 클래스의 거리의 평균값의 차이 값을 구하고, 상기 차이 값의 역수의 합들을 산출하는 역수 산출부; 및

상기 결함별 특징을 상기 역수 산출부에서 산출된 역수의 합들 중 각 클래스별로 가장 큰 값을 갖는 클래스로 분류하는 분류부;를 포함하는 기계학습 알고리즘을 이용한 변압기 유증가스 분석장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 기계학습 알고리즘을 이용한 변압기 유증가스 분석방법 및 장치에 관한 것으로, 유입변압기의 내부결함 시 발생하는 유증가스의 조성비를 기계학습 알고리즘을 이용하여 유입변압기의 내부결함을 진단하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 변전소나 전력회사 등에 설치되는 유입변압기는 전력공급 시스템의 주요설비 중 하나이고 높은 신뢰성 유지가 요구된다. 이러한 유입변압기는 운전중에 열화 등으로 전기, 기계적인 성능이 저하되어 이상이 발생하는 경우가 있는데 그러한 현상을 사전에 감지하여 적절한 조치를 취하지 않으면 중대한 사고를 일으킬 수 있다.

[0004] 유입변압기 내부에 절연파괴, 국부과열 등의 이상현상이 발생하면 반드시 열 발생을 수반하며 이러한 열 발생원에 접촉한 절연유, 절연지, 프레스 보드 등의 절연재료가 열의 영향을 받아 화학반응에 의해 분해되어 가스들이 발생한다. 이 대부분의 가스들은 절연유에 용해된다. 그러므로 유입변압기의 절연유를 채취하여 가스를 추출 및 분석하면 내부에 발생한 결함 및 그 정도를 진단할 수 있다.

[0005] 그 중 유입변압기의 내부결함의 종류 및 유증가스에 의한 진단방법 중 하나로 IEC 코드법이 있다. 상기 IEC 코드법은 이상원인의 진단종류가 다른 분석법보다 세분화되어 있고 신뢰성이 높아 국제적으로 널리 적용되고 있다.

[0006] 도 1은 종래의 IEC 진단방법에 따른 진단 영역의 예시를 설명하기 위한 도면이다.

[0007] 그러나 가스조성법에 의거한 IEC 코드법은 도 1에 도시된 바와 같이 가스 비율이 규정치에 존재하지 않거나(A), 경계조건에 있을 경우(B) 및 진단 영역이 겹치는 부분(C)이 존재하기 때문에 정확한 원인분석을 하는 데는 한계가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제10-2013-0002469

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 본 발명은 기계학습 알고리즘을 이용하여 변압기 유중가스를 분석함으로써 내부 결함을 정확하게 진단하도록 하는 변압기 유중가스 분석방법 및 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0012] 상기 과제를 해결하기 위한 수단으로서, 본 발명의 일 실시 형태에 따른 기계학습 알고리즘을 이용한 변압기 유중가스 분석방법은 유중가스 결함별 학습데이터로부터 결함별 학습 특징값을 추출하고, 제1 분류기에 입력하여 기학습하는 단계, 유중가스 입력데이터로부터 결함별 특징을 추출하는 단계, 상기 추출된 결함별 특징을 제2 분류기에 입력하여 결함별 진단 가능 영역에 포함되는지를 판단하는 단계 및 상기 결함별 진단 가능 영역에 포함되는지 판단에 따라, 상기 결함별 특징을 상기 제2 분류기 또는 상기 학습된 제1 분류기에 입력하여 결함을 분류하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0013] 상기 결함을 분류하는 단계는, 상기 결함별 진단 가능 영역에 포함되는 경우, 상기 제2 분류기를 이용하여 결함을 분류하고, 상기 결함별 진단 가능 영역에 포함되지 않는 경우, 상기 입력데이터와 상기 학습데이터 중 K개의 이웃한 데이터 사이의 거리 값들을 이용하여 상기 제1 분류기를 이용하여 결함을 분류할 수 있다.
- [0014] 상기 제1 분류기는 KNN(K Nearest Neighbors) 분류기이고, 제2 분류기는 IEC(International Electrotechnical Commission) 분류기일 수 있다.
- [0015] 상기 기학습하는 단계는, 상기 결함별 학습데이터로부터 복수의 특징벡터를 생성하고, 각 클래스 별로 상기 복수의 특징벡터 사이의 각각의 유클리디안 거리(Euclidean distance)를 산출하고, 상기 산출된 거리를 기반으로 K개의 최소 거리들의 평균값을 산출하여 제1분류기를 학습시킬 수 있다.
- [0016] 상기 결함별 특징은 결함별 유중가스의 조성비이며, 상기 유중가스는 CH₄/H₂, C₂H₂/CH₄, C₂H₂/C₂H₆, C₂H₄/C₂H₆, C₂H₆/CH₄, H₂, CO, CO₂, CH₄, C₂H₂, C₂H₄ 및 C₂H₆중 적어도 어느 하나 이상일 수 있다.
- [0017] 상기 결함을 분류하는 단계는, 상기 추출된 결함별 특징으로부터 복수의 특징벡터를 생성하고, 상기 복수의 특징벡터들과 상기 결함별 학습데이터 중 K개의 이웃한 특징벡터들 간의 유클리디안 거리를 산출하는 단계, 상기 산출된 유클리디안 거리 값과 상기 이웃한 특징벡터가 속해있는 클래스의 거리의 평균값의 차이 값을 구하고, 상기 차이 값의 역수의 합들을 산출하는 단계 및 상기 결함별 특징을 상기 산출된 역수의 합들 중 각 클래스별로 가장 큰 값을 갖는 클래스로 분류하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0019] 상기 과제를 해결하기 위한 수단으로서, 본 발명의 다른 실시 형태에 따른 기계학습 알고리즘을 이용한 변압기 유중가스 분석방법장치는, 유중가스 결함별 학습데이터로부터 추출된 결함별 학습 특징값을 제1 분류기에 입력하여 학습 및 분류하는 기학습부, 유중가스 입력데이터로부터 결함별 특징을 추출하는 추출부, 상기 추출된 결함별 특징을 제2 분류기에 입력하여 결함별 진단 가능 영역에 포함되는지를 판단하는 판단부 및 상기 판단부의 판단에 따라, 상기 결함별 특징을 상기 제2 분류기 또는 상기 학습된 제1 분류기에 입력하여 결함을 분류하는 결함 분류부를 포함할 수 있다.
- [0020] 상기 결함 분류부는, 상기 결함별 진단 가능 영역에 포함되는 경우, 상기 제2 분류기를 이용하여 결함을 분류하고, 상기 결함별 진단 가능 영역에 포함되지 않는 경우, 상기 입력데이터와 상기 학습데이터 중 K개의 이웃한 데이터 사이의 거리 값들을 이용하여 상기 제1 분류기를 이용하여 결함을 분류할 수 있다.
- [0021] 상기 제1 분류기는 KNN 분류기이고, 제2 분류기는 IEC 분류기일 수 있다.
- [0022] 상기 기학습부는, 상기 결함별 학습데이터로부터 복수의 특징벡터를 생성하고, 각 클래스 별로 상기 복수의 특징벡터 사이의 각각의 유클리디안 거리를 산출하고, 상기 산출된 거리를 기반으로 K개의 최소 거리들의 평균값을 산출하여 제1분류기를 학습시킬 수 있다.
- [0023] 상기 결함별 특징은 결함별 유중가스의 조성비이며, 상기 유중가스는 CH₄/H₂, C₂H₂/CH₄, C₂H₂/C₂H₆, C₂H₄/C₂H₆, C₂H₆/CH₄, H₂, CO, CO₂, CH₄, C₂H₂, C₂H₄ 및 C₂H₆중 적어도 어느 하나 이상일 수 있다.
- [0024] 상기 결함 분류부는, 상기 추출된 결함별 특징으로부터 복수의 특징벡터를 생성하고, 상기 복수의 특징벡터들과 상기 결함별 학습데이터 중 K개의 이웃한 특징벡터들 간의 유클리디안 거리를 산출하는 거리산출부, 상기 거리

산출부에서 산출된 거리 값과 상기 이웃한 특징벡터가 속해있는 클래스의 거리의 평균값의 차이 값을 구하고, 상기 차이 값의 역수의 합들을 산출하는 역수 산출부 및 상기 결함별 특징을 상기 역수 산출부에서 산출된 역수의 합들 중 각 클래스별로 가장 큰 값을 갖는 클래스로 분류하는 분류부를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0026] 본 발명의 기계학습 알고리즘을 이용한 변압기 유증가스 분석방법 및 장치는 IEC 진단기준으로 판단이 어려운 경우에도 유입변압기의 내부 결함을 정확하게 진단할 수 있는 효과가 있다.

[0027] 본 발명의 기계학습 알고리즘을 이용한 변압기 유증가스 분석방법 및 장치는 유입변압기의 내부 결함을 정확하게 진단함으로써 중대한 사고를 예방할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 종래의 IEC 진단방법에 따른 진단 영역의 예시를 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 기계학습 알고리즘을 이용한 변압기 유증가스 분석방법을 나타낸 순서도이다.

도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 기계학습 알고리즘의 분류방법 및 학습방법의 예시를 나타낸 도면이다.

도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 기계학습 알고리즘을 이용한 변압기 유증가스 분석장치의 구성도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 본 발명에서 사용되는 기술적 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아님을 유의해야 한다. 또한, 본 발명에서 사용되는 기술적 용어는 본 발명에서 특별히 다른 의미로 정의되지 않는 한, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 의미로 해석되어야 하며, 과도하게 포괄적인 의미로 해석되거나, 과도하게 축소된 의미로 해석되지 않아야 한다. 또한, 본 발명에서 사용되는 기술적인 용어가 본 발명의 사상을 정확하게 표현하지 못하는 잘못된 기술적 용어일 때에는, 당업자가 올바르게 이해할 수 있는 기술적 용어로 대체되어 이해되어야 할 것이다. 또한, 본 발명에서 사용되는 일반적인 용어는 사전에 정의되어 있는 바에 따라, 또는 전후 문맥상에 따라 해석되어야 하며, 과도하게 축소된 의미로 해석되지 않아야 한다.

[0031] 또한, 본 발명에서 사용되는 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한 복수의 표현을 포함한다. 본 발명에서, "구성된다" 또는 "포함한다" 등의 용어는 발명에 기재된 여러 구성 요소들, 또는 여러 단계를 반드시 모두 포함하는 것으로 해석되지 않아야 하며, 그 중 일부 구성 요소들 또는 일부 단계들은 포함되지 않을 수도 있고, 또는 추가적인 구성 요소 또는 단계들을 더 포함할 수 있는 것으로 해석되어야 한다.

[0032] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시 예를 상세히 설명하되, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 유사한 구성 요소는 동일한 참조 번호를 부여하고 이에 대한 중복된 설명은 생략하기로 한다.

[0033] 또한, 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 발명의 사상을 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 발명의 사상이 제한되는 것으로 해석되어서는 아니 됨을 유의해야 한다.

[0035] 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 기계학습 알고리즘을 이용한 변압기 유증가스 분석방법을 나타낸 순서도이다.

[0036] 도 2에 도시된 바와 같이 기계학습 알고리즘을 이용한 변압기 유증가스 분석방법은, 유증가스 결함별 학습데이터로부터 결함별 학습 특징값을 추출하고, 이를 제1 분류기에 입력하여 기학습한다(S100).

[0037] 이때 상기 제1 분류기는 KNN(K Nearest Neighbors) 분류기이다.

[0038] 일반적으로 KNN분류기는 이미 클래스(계급, 범주)를 갖는 데이터와 새로운 데이터가 들어왔을 때 유사도 거리를 기반으로 근접한 K개의 데이터를 이용해 범주를 지정해주는 알고리즘이다.

[0039] 상기 KNN알고리즘은 단순하며 효율적이며, 모수(parameter) 및 데이터에 대한 가정이 거의 없다. 또한 거리의 변형이나 가중치 적용이 용이하므로 유클리디언, 코사인유사도, 가중치, 정규화 적용이 용이하다. 또한 데이터에 대한 가정을 반영하여 변형하기가 간편하다. 또한, 변형한 데이터의 학습데이터 세트 기반의 분류기 검증이 용이하며, 사례 기반(instance based)로 높은 정확성을 가지고 있다는 장점이 있다.

[0040] S100 과정을 구체적으로 설명하면, 상기 결함별 학습데이터로부터 복수의 특징벡터를 생성한다. 그리고 각 클레

스 별로 상기 복수의 특징벡터 사이의 각각의 유클리디안 거리(Euclidean distance)를 산출한다.

이때 상기 유클리디안 거리는 하기의 식으로 도출이 가능하다.

$$\text{Euclidean: } \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

그리고 상기 산출된 거리를 기반으로 K개의 최소 거리들의 평균값을 산출함으로써 제 1분류기를 학습시킨다.

S100 과정 이후, 유증가스 입력데이터로부터 결합별 특징을 추출한다(S110).

상기 결합별 특징은 결합별 유증가스의 조성비이며, 상기 유증가스는 CH₄/H₂, C₂H₂/CH₄, C₂H₂/C₂H₆, C₂H₄/C₂H₆, C₂H₆/CH₄, H₂, CO, CO₂, CH₄, C₂H₂, C₂H₄ 및 C₂H₆중 적어도 어느 하나 이상을 포함할 수 있다.

상기 추출된 결합별 특징을 제2 분류기에 입력하여 결합별 진단 가능 영역에 포함되는지를 판단한다(S120).

상기 제2 분류기는 IEC(International Electrotechnical Commission) 분류기이다.

따라서 S120 과정에서는 상기 추출된 결합별 특징이 제2 분류기의 기설정된 결합별 진단 가능 영역에 포함되는지를 판단한다.

만약, 기설정된 결합별 진단 가능 영역에 포함되는 것으로 판단되는 경우, 상기 추출된 결합별 특징을 제2 분류기로 분류한다(S130).

IEC 분류기는 가스 조성비에 의거하여 결함을 진단하는 방법 중 하나로, 이상원인의 진단종류가 다른 분석법보다 세분화되어 있고, 신뢰성이 높다. IEC 분류기에 대한 예시는 하기의 [표 1]과 같다.

표 1

Case	Characteristic fault	C ₂ H ₂ /C ₂ H ₄	CH ₄ /H ₂	C ₂ H ₄ /C ₂ H ₆
PD	Partial discharges	NS	<0.1	<0.2
D1	Discharges of low energy	>1	0.1-0.5	>1
D2	Discharges of high energy	0.6-2.5	0.1-1	>2
T1	Thermal fault (t<300(°C))	NS	NS	<1
T2	Thermal fault (300(°C)<t<700(°C))	<0.1	>1	1-4
T3	thermal fault (t>700(°C))	<0.2	>1	<4

상기 예시와 같은 기설정된 기준에 의해 제2 분류기는 상기 추출된 특징을 결합별로 분류할 수 있게 된다.

만약, S120 과정에서, 기설정된 결합별 진단 가능 영역에 포함되지 않는 것으로 판단되는 경우 제1 분류기에 상기 추출된 결합별 특징을 입력하여 결함을 분류하게 된다.

상기 결합별 진단 가능 영역에 포함되지 않는 경우의 예시로는 1) 상기 추출된 결합별 특징이 제2 분류기 진단 가능 영역에 존재하지 않는 경우, 2) 결합별 진단 가능 영역의 경계 조건에 해당하는 경우 및 3) 결합별 진단 영역이 겹치는 경우를 포함할 수 있다.

상기와 같은 경우에 본 발명에서는 상기 기학습된 제1 분류기에 입력하여 결함을 분류한다.

이때 S140과정을 구체적으로 살펴보면 하기와 같다.

먼저, 상기 추출된 결합별 특징으로부터 복수의 특징벡터를 생성하고, 상기 복수의 특징벡터들과 상기 결합별 학습데이터 중 K개의 이웃한 특징벡터들 간의 유클리디안 거리를 산출한다.

- [0058] 이때 상기 유클라디안 거리는 하기의 식으로 도출이 가능하다.
- [0059] **Euclidean:** $\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$
- [0060] 상기 산출된 유클라디안 거리 값과 상기 이웃한 특징벡터가 속해있는 클래스의 거리의 평균값의 차이 값을 구하고, 상기 차이 값의 역수의 합들을 산출한다.
- [0061] 그리고 상기 결함별 특징을 상기 산출된 역수의 합들 중 각 클래스별로 가장 큰 값을 갖는 클래스로 분류하여 결함을 진단할 수 있다.
- [0062] 상기과 같은 과정은 하기의 [표 2]와 같은 코딩으로 구현할 수 있다.

표 2

[0063]

```

classes = length(features)크기의 배열
cnt = length(features)크기의 배열
for i=1:length(features)
    a=0;
    if D1인 경우
        classes는 1
        cnt는 a+1
    end
    if D2인 경우
        classes는 2
        cnt는 a+1
    end
    if T1인 경우
        classes는 3
        cnt는 a+1
    end
    if T2인 경우
        classes는 4
        cnt는 a+1
    end
    if T3인 경우
        classes는 5
        cnt는 a+1
    end
    if 아무것도 속하지 않는 경우
        classes는 6
        cnt는 0
    end
    if PD인 경우
        classes는 7
        cnt는 a+1
    end
end

//용어 설명
%% Classify each sample using IEC criteria
% NS : Not significant
% PD : Partial discharge
% D1 : Low energy discharge
% D2 : High energy discharge
% T1 : Over heating in low temp
% T2 : Over heating in mid temp
% T3 : Over heating in high temp

```

[0065]

도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 기계학습 알고리즘의 기학습단계 및 분류단계의 예시를 나타낸 도면이다.

[0066]

도 3에 도시된 바와 같이 도 3의 (a) 및 도 3의 (b)는 본 발명에서의 기학습단계의 예시를 나타내는 도면이다.

[0067]

도 3의 (a)는 유증가스 결합법 학습데이터로부터 복수의 특징벡터를 생성하고, 각 클래스 별로 상기 복수의 특징벡터 사이의 각각의 유클라디안 거리를 산출한다. 이때 상기 유클라디안 거리는 하기의 식으로 도출이 가능하다.

Euclidean: $\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$

- [0068]
- [0069] 상기 거리를 산출하여 계산된 거리들을 오름차순으로 정렬한 후, K개의 최소 거리들을 선택하고, 이를 각 클래스 내의 모든 벡터에 대해 동일하게 적용한다.
- [0070] 도 3의 (b)는 상기 각 클래스 내의 모든 벡터들 사이의 가장 작은 거리의 평균값(Mean Value)를 산출한다. 이때 상기 평균 값은 해당 클래스의 밀집도(Density)값이 된다.
- [0071] 도 3에 도시된 바와 같이 본 발명의 도 3의 (c) 및 도 3의 (d)는 본 발명에서의 제1 분류기가 결함을 분류하는 과정의 예시를 나타내는 도면이다.
- [0072] 본 발명에서는 결함별 진단 가능 영역에 포함되는 경우, 상기 제2 분류기를 이용하여 결함을 분류하고, 상기 결함별 진단 가능 영역에 포함되지 않는 경우, 상기 기학습된 제1 분류기에 입력하여 결함을 분류하게 된다.
- [0073] 상기 추출된 결함별 특징으로부터 복수의 특징벡터를 생성하고, 상기 복수의 특징벡터들과 상기 결함별 학습데이터 중 K개의 이웃한 특징벡터들 간의 유클리디안 거리를 산출한다. 도 3의 (C)에서는 K가 5일 경우에 대해 도시하였다.
- [0074] 상기 산출된 유클리디안 거리 값과 상기 이웃한 특징벡터가 속해있는 클래스의 거리의 평균값의 차이 값을 산출한다. 그리고 상기 차이값의 역수의 합들을 산출한다. 상기 결함별 특징을 상기 산출된 역수의 합들 주 각 클래스별로 가장 큰 값을 갖는 클래스로 분류할 수 있다. 즉, 상기 산출된 거리를 기반으로 근접한 5개의 데이터를 이용해 클래스를 결정하게 되는 것이다.
- [0075] 도 3의 예시로는 K를 5개로 설정하여 설명하였으나, K의 선택은 학습해야할 데이터의 난이도 및 학습데이터의 개수에 달려있으며, 훈련데이터의 개수의 제곱근으로 설정하는 것이 일반적이다. 다만, K를 큰 값을 설정하면 주변에 있는 데이터와 근접성이 떨어져 분류(clustering)이 잘 되지 않고 너무 작은 값을 설정하면 노이즈데이터나 이상값과 이웃이 될 가능성이 있으므로 적절하게 K를 설정하는 것이 필요하다.
- [0077] 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 기계학습 알고리즘을 이용한 변압기 유증가스 분석장치의 구성도이다.
- [0078] 기계학습 알고리즘을 이용한 변압기 유증가스 분석장치(10)는 기학습부(100), 추출부(200), 판단부(300) 및 결함분류부(400)를 포함한다. 기학습부(100)는 유증가스 결함별 학습데이터로부터 추출된 결함별 학습 특징값을 제1 분류기에 입력하여 학습 및 분류한다.
- [0079] 기학습부(100)는 구체적으로 상기 결함별 학습데이터로부터 복수의 특징벡터를 생성하고, 각 클래스 별로 상기 복수의 특징벡터 사이의 각각의 유클리디안 거리를 산출하고, 상기 산출된 거리를 기반으로 K개의 최소 거리들의 평균값을 산출하여 제1분류기를 학습시킨다.
- [0080] 추출부(200)는 유증가스 입력데이터로부터 결함별 특징을 추출한다.
- [0081] 판단부(300)는 상기 추출된 결함별 특징을 제2 분류기에 입력하여 결함별 진단 가능 영역에 포함되는지를 판단한다.
- [0082] 결함분류부(400)는 상기 판단부의 판단에 따라, 상기 결함별 특징을 상기 제2 분류기 또는 상기 학습된 제1 분류기에 입력하여 결함을 분류한다. 즉, 상기 결함별 진단 가능 영역에 포함되는 경우, 상기 제2 분류기를 이용하여 결함을 분류하고, 상기 결함별 진단 가능 영역에 포함되지 않는 경우, 상기 입력데이터와 상기 학습데이터 중 K개의 이웃한 데이터 사이의 거리 값들을 이용하여 상기 제1 분류기를 이용하여 결함을 분류한다.
- [0083] 결함분류부(400)는 구체적으로 거리산출부(410), 역수 산출부(420) 및 분류부(430)를 포함한다.
- [0084] 거리산출부(410)는 상기 추출된 결함별 특징으로부터 복수의 특징벡터를 생성하고, 상기 복수의 특징벡터들과 상기 결함별 학습데이터 중 K개의 이웃한 특징벡터들 간의 유클리디안 거리를 산출한다.
- [0085] 역수산출부(420)는 상기 거리산출부에서 산출된 거리 값과 상기 이웃한 특징벡터가 속해있는 클래스의 거리의 평균값의 차이 값을 구하고, 상기 차이 값의 역수의 합들을 산출한다.
- [0086] 분류부(430)는 상기 결함별 특징을 상기 역수 산출부에서 산출된 역수의 합들 중 각 클래스별로 가장 큰 값을 갖는 클래스로 분류한다.
- [0088] 상술한 실시예에 설명된 특징, 구조, 효과 등은 본 발명의 적어도 하나의 실시예에 포함되며, 반드시 하나의 실

시에에만 한정되는 것은 아니다. 나아가, 각 실시예에서 예시된 특징, 구조, 효과 등은 실시예들이 속하는 분야의 통상의 지식을 가지는 자에 의하여 다른 실시예들에 대해서도 조합 또는 변형되어 실시 가능하다.

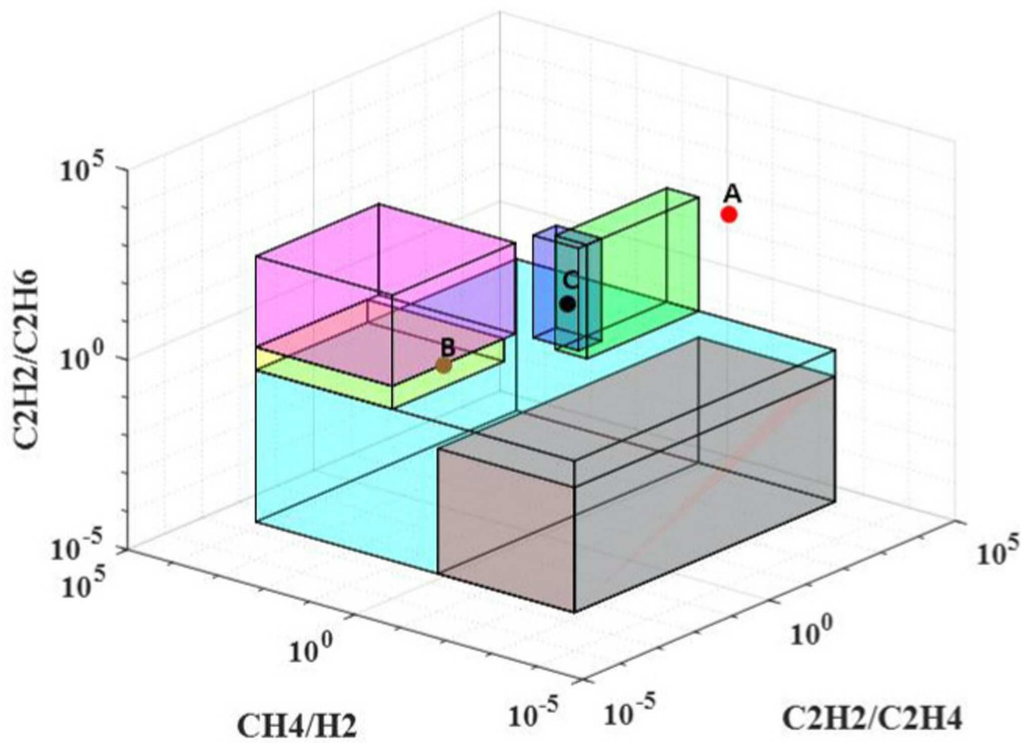
[0090] 따라서 이러한 조합과 변형에 관계된 내용들은 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다. 또한, 이상에서 실시예들을 중심으로 설명하였으나 이는 단지 예시일 뿐 본 발명을 한정하는 것이 아니며, 본 발명이 속하는 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 실시예의 본질적인 특성을 벗어나지 않는 범위에서 이상에 예시되지 않은 여러 가지의 변형과 응용이 가능함을 알 수 있을 것이다. 예를 들어, 실시예들에 구체적으로 나타난 각 구성 요소는 변형하여 실시할 수 있는 것이다. 그리고 이러한 변형과 응용에 관계된 차이점들은 첨부한 청구 범위에서 규정하는 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

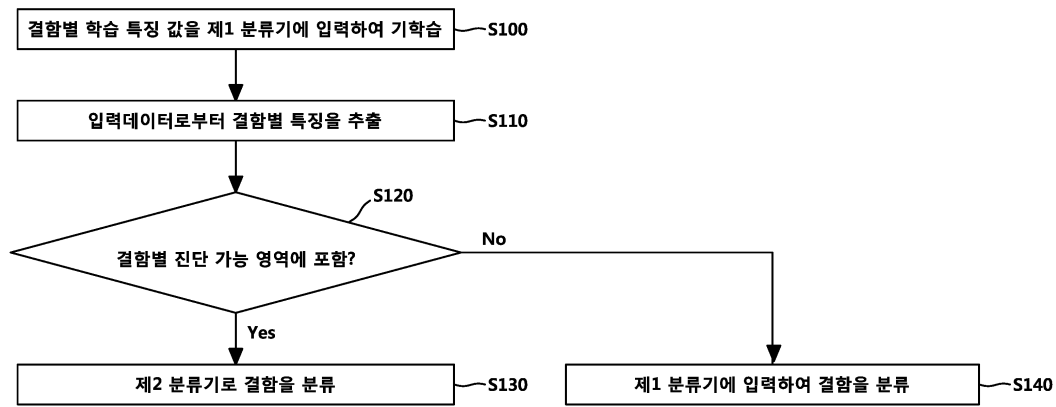
[0092] 10 : 기계학습 알고리즘을 이용한 변압기 유증가스 분석장치
 100 : 기학습부
 200 : 추출부
 300 : 판단부
 400 : 결합 분류부
 410 : 거리 산출부
 420 : 역수 산출부
 430 : 분류부

도면

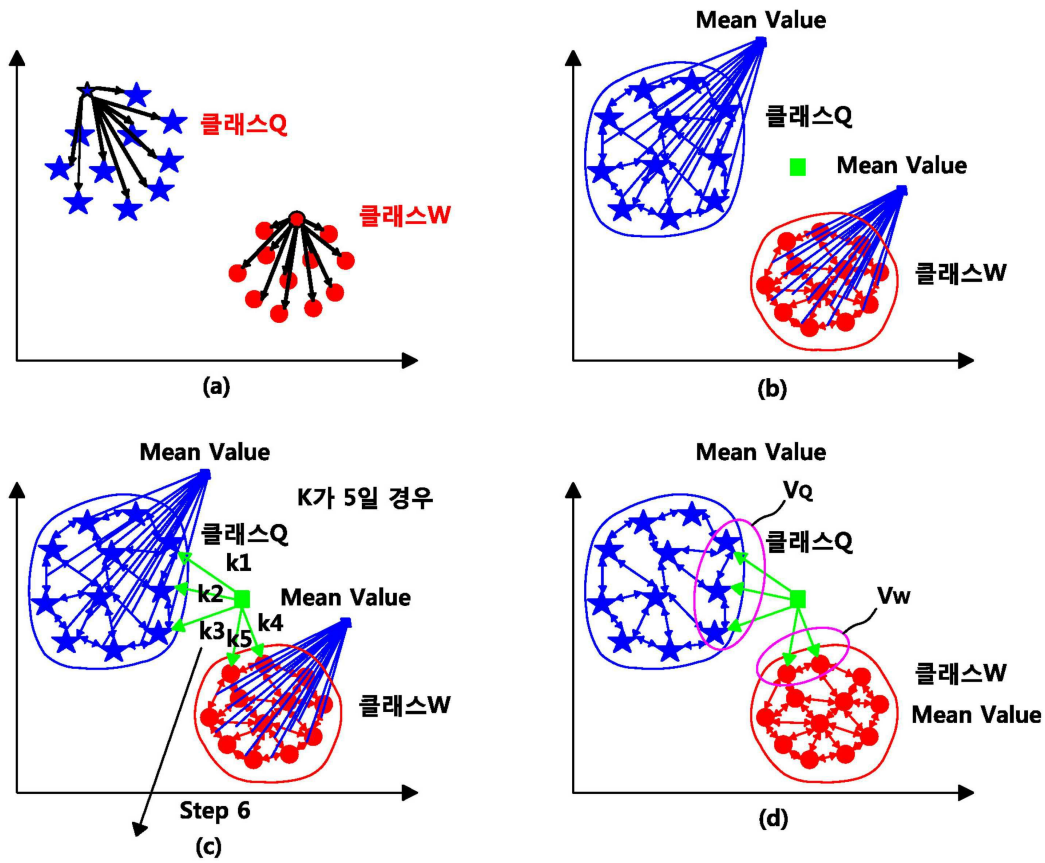
도면1



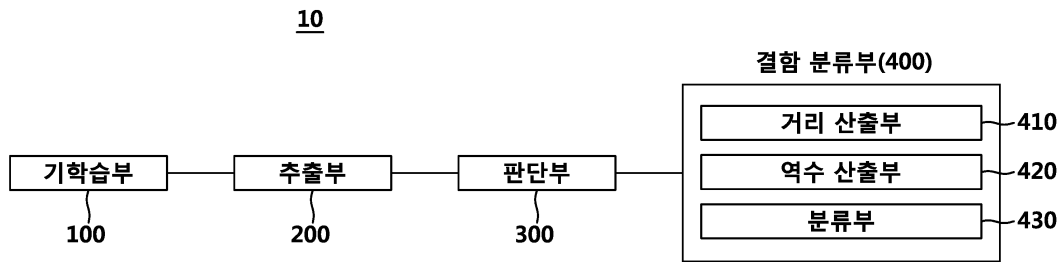
도면2



도면3



도면4



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 6 발명, 3~4째줄

【변경전】

상기 복수의 특징벡터들과

【변경후】

상기 복수의 특징벡터와

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 12, 6째줄

【변경전】

상기 이웃한 특징벡터가

【변경후】

상기 이웃한 특징벡터들이

【직권보정 3】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 12, 3~4째줄

【변경전】

상기 복수의 특징벡터들과

【변경후】

상기 복수의 특징벡터와

【직권보정 4】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 6, 6째줄

【변경전】

상기 이웃한 특징벡터가

【변경후】

상기 이웃한 특징벡터들이