



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년11월14일

(11) 등록번호 10-2602496

(24) 등록일자 2023년11월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01R 31/12 (2006.01) G01R 23/165 (2006.01)

G06N 20/00 (2019.01) G06N 20/10 (2019.01)

(52) CPC특허분류

G01R 31/12 (2022.01)

G01R 23/165 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0019970

(22) 출원일자 2023년02월15일

심사청구일자 2023년02월15일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020220048603 A*

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

강원대학교산학협력단

강원도 춘천시 강원대학길 1 (효자동)

(72) 발명자

곽동걸

강원도 강릉시 회산로 313, 102동 2005호(강릉회
산한신더휴아파트)

류진규

경기도 안양시 동안구 학의로 390, 푸른마을대우
아파트 108동 1804호

(74) 대리인

김정현

전체 청구항 수 : 총 1 항

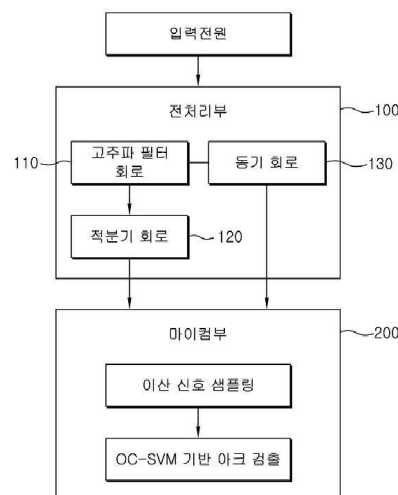
심사관 : 이병수

(54) 발명의 명칭 인공지능 기계학습을 이용한 아크 검출 장치

(57) 요약

본 발명은 아크 검출 장치에 관한 것으로서, 입력전원의 신호를 전처리하기 위한 전처리부 및 상기 전처리부에서 전처리된 신호에 대해 인공지능 기계학습을 수행하고, 상기 기계학습에 의해 비정상 파형을 탐지하는 방식으로 아크를 검출하는 마이컴부를 포함한다.

본 발명에 의하면, 비선형 신호 탐지 알고리즘을 이용하여 전기 아크를 감지함으로써, 보다 신속하고 정확하게 아크를 감지할 수 있는 효과가 있다.

대표도 - 도1

(52) CPC특허분류

G06N 20/00 (2021.08)

G06N 20/10 (2021.08)

(56) 선행기술조사문헌

류진규 외 4인, '노이즈 필터링과 인공지능을 이용한 아크검출에 관한 연구', 전력전자학회 추계학술대회논문집 2022.11.25.*

KR102339485 B1

이상익 외 4인, '인공 신경망을 이용한 전기 아크 신호 검출', 방송공학회논문지 제24권, 제5호, 2019.09.*

이창기, '은닉변수를 이용한 Latent One-Class SVM', 정보과학회논문지, 소프트웨어 및 응용 제40권 제8호, 2013.08.*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345356238

과제번호 2022RIS-005

부처명 교육부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 지자체-대학 협력기반 지역혁신사업

연구과제명 수소연료전지의 안전 사용을 위한 고효율 전력변환장치 개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 강원대학교

연구기간 2022.10.07 ~ 2023.02.28

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

입력전원의 신호를 전처리하기 위한 전처리부;

상기 전처리부에서 전처리된 신호에 대해 인공지능 기계학습을 수행하고, 상기 기계학습에 의해 비정상 파형을 탐지하는 방식으로 아크를 검출하는 마이컴부; 및

상기 마이컴부의 제어에 따라 경보음을 출력하기 위한 경보부를 포함하고,

상기 마이컴부는 아크를 검출하면 상기 경보부를 통해 경보음을 출력하도록 하고,

상기 기계학습은 OC-SVM(One Class-Support Vector Machine) 알고리즘이고,

상기 전처리부는,

입력전원에 대해 고주파 성분을 통과시키기 위한 고주파 필터 회로;

상기 고주파 필터 회로를 통과한 신호의 양의 반주기 신호와 음의 반주기 신호를 각각 증폭하여 전파정류하기 위한 2개의 OP-앰프;

상기 2개의 OP-앰프를 통해 증폭된 신호를 적분하기 위한 적분기 회로; 및

동기 신호를 발생시켜서 상기 마이컴부에 전달하기 위한 동기 회로

를 포함하여 이루어지고,

상기 마이컴부는 상기 적분기 회로로부터 입력받은 아날로그 신호를 이산 신호 샘플링하고, 상기 동기 회로로부터 수신한 동기 신호를 통해 매 주기마다 OC-SVM 알고리즘의 학습을 위한 데이터셋을 수집하고, 일정시간 수집된 데이터셋으로 학습을 진행하고, 학습 종료 후 입력 파형에 대한 비정상 파형 여부를 탐지하고, 그 결과 비정상 파형으로 탐지되면 아크로 판단하는 방식으로 아크 신호를 검출하고,

상기 마이컴부는 비정상 파형이 탐지되면, 학습 데이터를 초기화하고, 다시 데이터셋을 수집하여 OC-SVM 알고리즘에 의한 학습을 진행하고, 학습 종료 후 입력 파형에 대한 비정상 여부를 탐지하고, 그 결과 두 번 연속 비정상 파형으로 탐지되는 경우, 아크로 판단하는 것을 특징으로 하는 아크 검출 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 아크 검출 기술에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 인공지능 기계학습을 이용한 아크 검출 기술에 관

한 것이다.

배경 기술

- [0002] 저압 배전계통, 연료전지(fuel cell) 시스템, 태양광 발전시스템 등에서 발생하는 전기적 화재는 절연 열화 단락, 트래킹 단락, 접촉 불량 단락, 층간 단락 등의 단락 요인이 80%로 가장 큰 비중으로 분석되고, 이런 단락 요인에는 스파크 및 아크(arc)가 포함된다. 이때 아크가 지속적으로 발생하게 되면 열을 동반하게 되고 전선 피복 등의 주변 가연 물질로 전달되어 화재로 발전하는 요인이 된다.
- [0003] 현재 보급된 국내외의 아크감지기 또는 아크차단기들은 아크의 주파수성분을 분석하거나 전원의 영전압, 영전류 부분의 솔드전압 분석, 아크의 펄스 수를 카운팅하는 등의 기술로 개발되고 있다. 이 중에서 특정 주파수만 검출하거나 아크의 펄스 수를 카운팅하여 아크를 판별하는 아크 검출 방식은 수 kHz에서 수 MHz의 불규칙하게 변화하는 아크 신호의 주파수 대역으로 인해 아크 검출에 정확도의 문제가 발생하고, 영전압, 영전류 부분의 솔드전압 분석 방식은 자기식 형광등 및 전력변환장치 등에서 발생하는 고주파 노이즈나 고조파 성분의 유사성에 의해 쉽게 탐지하지 못한다는 문제가 있다.
- [0004] 이처럼 기존의 아크검출기는 특정 주파수만 검출하는 아크 검출 방식을 사용하므로 불규칙하게 변화하는 아크 신호의 주파수 대역으로 인해 아크 검출에 있어서 정확도의 문제가 발생하며, 전력변환장치, 형광등 등에서 발생하는 고주파 노이즈를 아크로 오검출하는 사례가 빈번하게 나타난다.
- [0005] 기존 아크차단기의 아크 감지 방식의 하나로 특정 주파수대역만을 검출하는 방식은 무해성 고주파 노이즈 성분이 방해 요소로 작용하고, 아크의 주파수대역이 수 KHz에서 수 MHz까지 광범위한 주파수대역을 가지므로 검출 신뢰도의 문제점을 야기한다.
- [0006] 특히 자기식 형광등 및 스위칭 반도체소자를 사용하는 전력변환장치 등에서 발생하는 고조파 성분의 노이즈로 인해 주파수특성으로 아크를 검출하는 것에는 어려움이 따른다. 자기식 형광등 노이즈는 약 30~50 KHz 사이의 고주파 노이즈가 발생하며, 교류전압의 최댓값 또는 영전압 부분에서 주로 발생한다는 특징을 보인다. 또한 자기식 형광등 노이즈에 의해 발생하는 파형은 0.3 A 이하의 낮은 전류값을 갖는 것으로 분석되어 실질적인 화재의 위험성이 없는 성분으로 분석되지만, 주파수의 대역폭 및 발생주기의 불규칙성 등은 아크의 주파수 특성 검출에 있어 방해요소로 작용한다. 즉, 자기식 형광등에서 발생하는 노이즈는 아크의 주파수특성과 가장 유사한 특성을 보이며, 따라서 아크 검출에 있어 형광등 노이즈와의 구분은 필수적인 요소로 작용한다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 10-2022-0025342

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 전력계통에서 발생하는 비정상 신호 파형을 인공지능(artificial intelligence, AI)의 기계학습 알고리즘의 하나인 OC-SVM(One Class-Support Vector Machine)을 이용한 비정상 신호 탐지 방법으로 전기 아크를 감지하는 시스템을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0009] 본 발명에서 제안하는 아크 감지 방법은 비교적 일정한 주기성을 갖는 노이즈 신호와 불규칙적으로 발생하는 아크 신호의 파형 패턴 특성을 이용하여 아크의 발생을 검출하고자 한다.
- [0010] 본 발명의 목적은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0012] 이와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명은 아크 검출 장치에 관한 것으로서, 입력전원의 신호를 전처리하기 위한 전처리부 및 상기 전처리부에서 전처리된 신호에 대해 인공지능 기계학습을 수행하고, 상기 기계학습에 의해

비정상 파형을 탐지하는 방식으로 아크를 검출하는 마이컴부를 포함한다.

[0013] 상기 기계학습은 OC-SVM(One Class-Support Vector Machine) 알고리즘일 수 있다.

[0014] 상기 전처리부는, 입력전원에 대해 고주파 성분을 통과시키기 위한 고주파 필터 회로, 상기 고주파 필터 회로를 통과한 신호를 적분하기 위한 적분기 회로 및 동기 신호를 발생시켜서 상기 마이컴부에 전달하기 위한 동기 회로를 포함하여 이루어질 수 있다.

[0015] 상기 마이컴부는 상기 적분기 회로로부터 입력받은 아날로그 신호를 이산 신호 샘플링하고, 상기 동기 회로로부터 수신한 동기 신호를 통해 매 주기마다 OC-SVM 알고리즘의 학습을 위한 데이터셋을 수집하고, 일정시간 수집된 데이터셋으로 학습을 진행하고, 학습 종료 후 입력 파형에 대한 비정상 파형 여부를 탐지하고, 그 결과 비정상 파형으로 탐지되면 아크로 판단하는 방식으로 아크 신호를 검출할 수 있다.

[0016] 상기 마이컴부는 비정상 파형이 탐지되면, 학습 데이터를 초기화하고, 다시 데이터셋을 수집하여 OC-SVM 알고리즘에 의한 학습을 진행하고, 학습 종료 후 입력 파형에 대한 비정상 여부를 탐지하고, 그 결과 두 번 연속 비정상 파형으로 탐지되는 경우, 아크로 판단할 수 있다.

발명의 효과

[0017] 본 발명에 의하면, 비선형 신호 탐지 알고리즘을 이용하여 전기 아크를 감지함으로써, 보다 신속하고 정확하게 아크를 감지할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 아크 검출 장치의 구성을 개략적으로 나타낸 블록도이다.

도 2는 OC-SVM 기반의 비정상 데이터 분리를 예시한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 아크 검출 장치의 회로도이다.

도 4는 정상상태 입력전원 파형과 적분기 회로 출력 신호 파형을 도시한 것이다.

도 5는 아크발생시 입력전원 파형과 적분기 회로 출력 신호 파형을 도시한 것이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 아크 검출 방법을 보여주는 흐름도이다.

도 7은 본 발명에서 제안하는 아크 검출 장치에 대한 실험 장치의 실제 구성예이다.

도 8은 본 발명에서 제안하는 아크 검출 장치의 동작 특성 파형을 도시한 것이다.

도 9는 본 발명에서 제안하는 아크 검출에 대한 OC-SVM 알고리즘의 정확도를 분석한 파이썬(Python) 프로그램을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시 예를 가질 수 있는 바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0020] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0021] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 갖고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 갖는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0022] 또한, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성 요소는 동일한 참조 부호를 부

여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

- [0023] 본 발명에서는 고주파 노이즈를 아크로 오검출하는 문제점을 보완하고자 전력계통에서 발생하는 신호 파형을 먼저 적분한 후 기계학습 기반의 비정상 신호탐지 알고리즘을 통해 아크를 검출하도록 한다. 이를 위해 적분된 파형에 대해 마이컴을 이용하여 일정 시간동안 주기별 입력신호를 샘플링하고 저장한다. 이후 저장된 입력값을 비정상 탐지 알고리즘인 OC-SVM(One Class-Support Vector Machine)을 이용하여 학습을 진행한다. 학습이 종료된 이후 새롭게 입력받은 값에 대해 학습된 파형과 비교하여 비정상적인 파형으로 탐지될 경우, 한번 더 학습을 진행하고, 다시 연속으로 비정상 파형이 탐지되면 최종적으로 아크라고 판단하여 아크 발생을 감지한다.
- [0024] 본 발명에서는 각종 전력계통에서 발생하는 전류 파형을 적분기를 통해 적분화하고, 적분된 신호를 비정상 탐지 알고리즘인 OC-SVM(One Class-Support Vector Machine)을 통해 아크를 검출하는 시스템을 제안하고자 한다. 이러한 신호의 적분과 비정상 탐지 알고리즘 분석 방법을 통해 아크와 유사한 고주파 노이즈를 오검출하는 문제를 개선할 수 있다.
- [0025] 본 발명은 아크 검출 장치에 관한 것이다.
- [0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 아크 검출 장치의 구성을 개략적으로 나타낸 블록도이다.
- [0027] 도 1에서 보는 바와 같이, 본 발명의 아크 검출 장치는 입력전원의 신호를 전처리하기 위한 전처리부(100)와, 전처리부(100)에서 전처리된 신호에 대해 인공지능 기계학습을 수행하고, 기계학습에 의해 비정상 파형을 탐지하는 방식으로 아크를 검출하는 마이컴부(200)를 포함한다.
- [0028] 전처리부(100)는 입력전원에 대해 고주파 성분을 통과시키기 위한 고주파 필터 회로(high pass filter, HPF)(110), 고주파 필터 회로를 통과한 신호를 적분하기 위한 적분기 회로(120), 동기 신호를 발생시켜서 마이컴부(130)에 전달하기 위한 동기 회로(130)로 구성된다.
- [0029] 마이컴부(200)는 적분기 회로(120)로부터 입력받은 아날로그 신호를 이산 신호 샘플링하고, 동기 회로(130)로부터 수신한 동기 신호를 통해 매 주기마다 OC-SVM(One Class-Support Vector Machine) 알고리즘의 학습을 위한 데이터셋을 수집한다. 그리고 일정시간 수집된 데이터셋으로 학습을 진행하고, 학습 종료 후 입력 파형에 대한 비정상 파형 여부를 탐지하고, 그 결과 비정상 파형으로 탐지되면 아크로 판단하는 방식으로 아크 신호를 검출할 수 있다.
- [0030] 본 발명의 일 실시예에서 마이컴부(200)는 비정상 파형이 탐지되면, 학습 데이터를 초기화하고, 다시 데이터셋을 수집하여 OC-SVM 알고리즘에 의한 학습을 진행하고, 학습 종료 후 입력 파형에 대한 비정상 여부를 탐지하고, 그 결과 두 번 연속 비정상 파형으로 탐지되는 경우, 아크로 판단할 수 있다.
- [0031] 도 2는 OC-SVM 기반의 비정상 데이터 분리를 예시한 도면이다.
- [0032] 도 2에서 보는 바와 같이, OC-SVM 알고리즘은 데이터가 존재하는 영역을 결정하고, 이 영역에 가장 가깝게 존재하는 데이터들을 서포트 벡터(support vector)라고 한다. 그리고 학습을 통해 결정된 초평면(hyperplane)을 벗어날 경우, 이 영역 밖의 데이터들을 아웃라이어(outlier)라고 하며 비정상 데이터로 간주한다. 이 때 데이터를 원점과 가장 잘 분리하는 즉, 마진(margin)이 최대가 되는 초평면을 찾는 것이 학습의 최종 목표이다. OC-SVM 알고리즘은 구조적 프로그램 용량이 적어 일반적인 원집형 마이컴(아두이노, 라즈베리 파이 시리즈 등)에 내장되고, 소형 경량으로 제작될 수 있어 실용성이 우수하다.
- [0033] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 아크 검출 장치의 회로도이다.
- [0034] 도 3을 참조하면, CT(Current Transformer)를 이용하여 입력전원 선로의 전류를 검출하고, 고주파 필터 회로(110)에서 입력전원의 주파수와 같은 저주파를 필터링하고, 고주파 성분을 감지한다. 그리고 OP-앰프(amp)(OP1, OP2)에서 작은 값의 노이즈 성분을 증폭한다. 본 발명에서는 2개의 OP-앰프(OP1, OP2)를 통해 양의 반주기와 음의 반주기가 각각 증폭되어 전파정류되도록 구현한다.
- [0035] 적분기 회로(120)는 OP-앰프(OP1, OP2)를 통해 증폭된 신호를 적분하고 평균화를 수행한다. 이러한 구성은 고주파 노이즈를 직접 마이컴의 입력신호로 사용하게 될 경우 순간적이고 짧은 신호를 해석하는데 발생하는 어려움을 개선시킬 수 있다. 또한 원본 파형은 특징 추출과 마이컴의 아날로그 입력으로 샘플링하기에 용이하지 않으므로 적분기 회로(120)를 통해 신호를 연속적인 형태로 변환하도록 하고, 이러한 입력 파형과 적분 파형이 도 4 및 도 5에 도시되어 있다.

- [0036] 도 4는 정상상태 입력전원 파형과 적분기 회로 출력 신호 파형을 도시한 것이다.
- [0037] 도 4에서 보는 바와 같이, 정상상태의 경우, 적분된 파형의 특성은 입력파형에 비해 규칙적인 것을 확인할 수 있다.
- [0038] 도 5는 아크발생시 입력전원 파형과 적분기 회로 출력 신호 파형을 도시한 것이다.
- [0039] 도 5에서, 아크 발생 시의 입력파형은 비교적 규칙적인 것처럼 보여 분석이 어려우나, 적분파형은 상당히 불규칙적인 파형인 것을 확인할 수 있다. 따라서 본 발명에서는 이러한 특성을 이용하여 비정상 탐지 알고리즘으로 아크를 감지하기 위해, 적분파형을 주기별로 샘플링하여 OC-SVM의 입력 데이터셋으로 사용되도록 한다.
- [0040] 적분기 회로(120)에서 신호를 적분하고, 마이컴부(200)의 입력포트 P1 단으로 전달한다.
- [0041] 마이컴부(200)는 전달된 신호를 매 주기마다 입력 데이터셋으로 수집한다. 그리고 수집된 데이터셋을 OC-SVM을 통해 학습하고 비정상 파형 발생을 감지하도록 한다. 이때 마이컴부(200)에서 정확한 주기마다 값을 읽어 올 수 있도록, 동기 회로(130)에서 동기 신호를 발생시켜서 마이컴부(200)의 입력포트 P2 단으로 송신한다.
- [0042] 경보부(300)는 마이컴부(200)의 제어에 따라 경보음을 출력하는 역할을 한다.
- [0043] 본 발명에서 마이컴부(200)는 아크를 검출하면 경보부(300)를 통해 경보음을 출력할 수 있다.
- [0044] 동기 회로(130)에서 다양한 주파수의 동기 신호를 발생시킬 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서 동기 회로(130)는 60Hz의 동기 신호를 발생시켜서 마이컴부(200)의 입력포트 P2 단으로 송신할 수 있다.
- [0045] 동기 회로(130)는 입력 교류전원을 이용하여 회생 회로를 구성하여 반 주기마다 입력 전압이 발생하면 5V 전압을 출력시키고, 마이컴부(200)에서 해당 신호가 발생할 때마다 새로운 주기로 동기화하여 계산할 수 있도록 동기 신호를 발생시킬 수 있다.
- [0046] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 아크 검출 방법을 보여주는 흐름도이다.
- [0047] 도 6을 참조하면, 전처리부(100)에서 입력전원에 대해 전처리과정을 진행한다(S101).
- [0048] 그리고, 마이컴부(200)에서 인공지능 기계학습을 위한 학습데이터를 초기화한다(S103). 본 발명의 일 실시예에서 인공지능 기계학습은 OC-SVM일 수 있다.
- [0049] 그리고, 마이컴부(200)는 전처리된 신호를 이산 신호로 샘플링하고(S105), 데이터셋(dataset)을 수집한다(S107). 이 때 일정시간 동안 데이터셋 수집을 완료하게 되면 기계학습 기반 학습 단계로 진행한다(S109, S111). 본 발명의 일 실시예에서 인공지능 기계학습은 OC-SVM일 수 있다.
- [0050] 본 발명의 일 실시예에서 OC-SVM을 이용한 학습이 종료되면(S113), 아크를 검출하기 위해 학습된 모델을 새로운 입력 파형과 비교하여 비정상 파형인지 탐지한다(S115, S117).
- [0051] S117 단계에서 비정상 파형일 경우, 다시 일정시간 입력 파형을 학습한다(S103~S119). 즉, 다시 학습데이터를 초기화하고(S103), 전처리된 신호를 이산 신호로 샘플링하고(S105), 데이터셋(dataset)을 수집하고(S107), 기계학습 기반 학습 단계를 진행하고(S109, S111), 학습이 종료되면(S113), 아크를 검출하기 위해 학습된 모델을 새로운 입력 파형과 비교하여 비정상 파형인지 탐지한다(S115, S117).
- [0052] 다시 새로운 입력파형과 비교하여 비정상 파형 여부를 탐지한 결과, 두 번 연속 비정상 파형으로 탐지될 경우(S119), 아크로 판단하고(S121), 경보부(300)를 통해 경보음을 출력하도록 한다(S123).
- [0053] 본 발명에서 아크를 검출하기 위해 기계학습을 수행함에 있어서, 두번의 학습 수행을 실시하는 이유는 실제 아크의 발생이 아닌 부하의 순간적 변동, 전력 사용의 환경변화, 스위치 개폐 서어지 등에 의해 적분 파형의 특성이 바뀔 수 있으므로, 학습과 비교를 한번 더 실시하여 정밀성을 높이기 위함이다. 기계학습의 학습 빈도수가 많을수록 아크 검출의 정확성을 높일 수 있지만, 전기 화재 예방을 위한 감지 속응성을 고려해 볼 때 두 파장(약 34 ms 이내)에서 감지하도록 설계는 것이 바람직하다. 이는 전기 사용의 환경에 따라 학습 빈도수를 두 파장 또는 그 이상으로도 조정 가능하다.
- [0054] 도 7은 본 발명에서 제안하는 아크 검출 장치에 대한 실험 장치의 실제 구성예로서, 본 발명에서 제안하는 아크 검출 장치의 동작 성능을 분석하기 위한 실험장치를 나타낸 것이다.
- [0055] 도 7의 실험예에서 사용된 아크 발생기는 KSCIEC 62606에 준하여 제작되었고 각종 부하와 직렬로 연결이 가능하

도록 하여 직렬아크 동작 특성을 분석하였다.

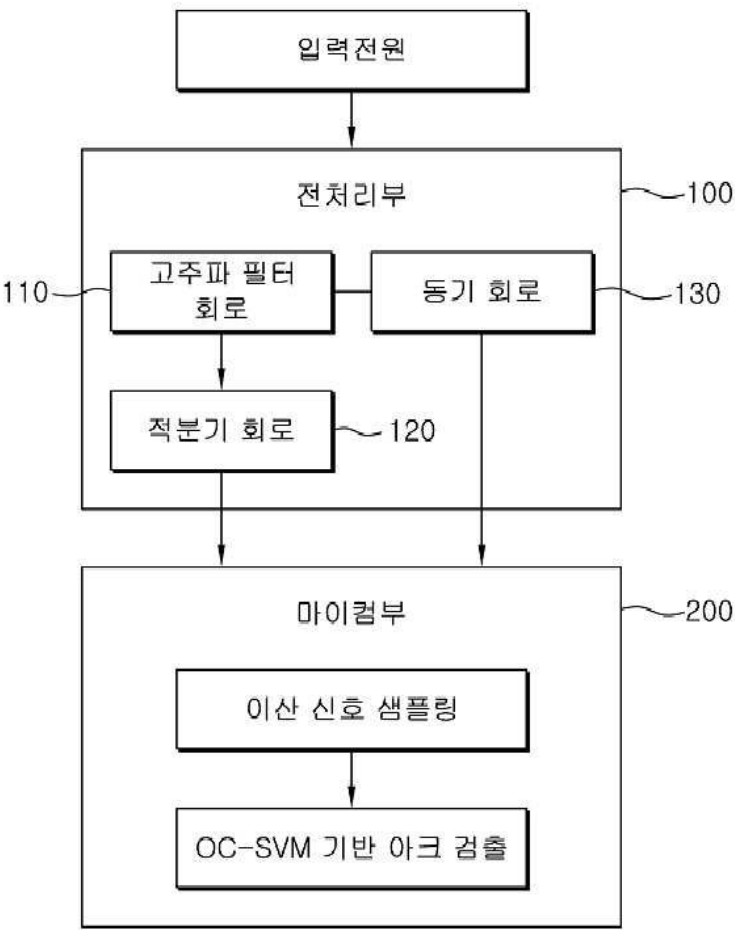
- [0056] 도 8은 본 발명에서 제안하는 아크 검출 장치의 동작 특성 파형을 도시한 것으로서, 본 발명에서 제안하는 아크 검출 장치의 속응성을 분석한 동작특성 파형을 나타낸다.
- [0057] 도 8을 참조하면, 전기 아크를 감지하기 위한 아크 감지 동작 시간은 평균 200~320 ms 이고, 이 동작시간은 실험장치에서 부하차단으로 사용한 유접점 릴레이의 차단 동작시간(100~150 ms)이 포함된 시간으로서, 이를 감안하면, 마이컴부(200)에서 아크 감지 속응성은 약 50~220 ms 의 더욱 빠른 아크 감지 동작 시간 특성을 나타낸다.
- [0058] 도 9는 본 발명에서 제안하는 아크 검출에 대한 OC-SVM 알고리즘의 정확도를 분석한 파이썬(Python) 프로그램을 나타낸다.
- [0059] 도 9에서 SVM모델의 분류 예측평가 정확도는 분류 예측 혼동 행렬인 sklearn.metrics 모듈을 이용하여 코딩하였다. 먼저 아크가 아닌 정상적인 노이즈 신호 데이터 30개를 분석한 결과, 아크가 아니라고 검출한 수(TN)는 29개이고 1개의 오검출(FP)을 가졌다. 그리고 아크 신호 30개를 분석한 결과 아크로 검출한 수(TP)는 28개이고 2개의 오검출(FN)을 보였다. 그 결과 제안한 OC-SVM 알고리즘을 이용한 아크감지에 대한 정확도(accuracy)는 약 95%, 적합율(precision)은 약 96.55%, 그리고 재현율(recall)은 93.33%로서, 우수한 동작 성능을 나타낸 것을 확인할 수 있다.
- [0060] 이상 본 발명을 몇 가지 바람직한 실시 예를 사용하여 설명하였으나, 이들 실시 예는 예시적인 것이며 한정적인 것이 아니다. 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 지닌 자라면 본 발명의 사상과 첨부된 특허청구범위에 제시된 권리범위에서 벗어나지 않으면서 다양한 변화와 수정을 가할 수 있음을 이해할 것이다.

부호의 설명

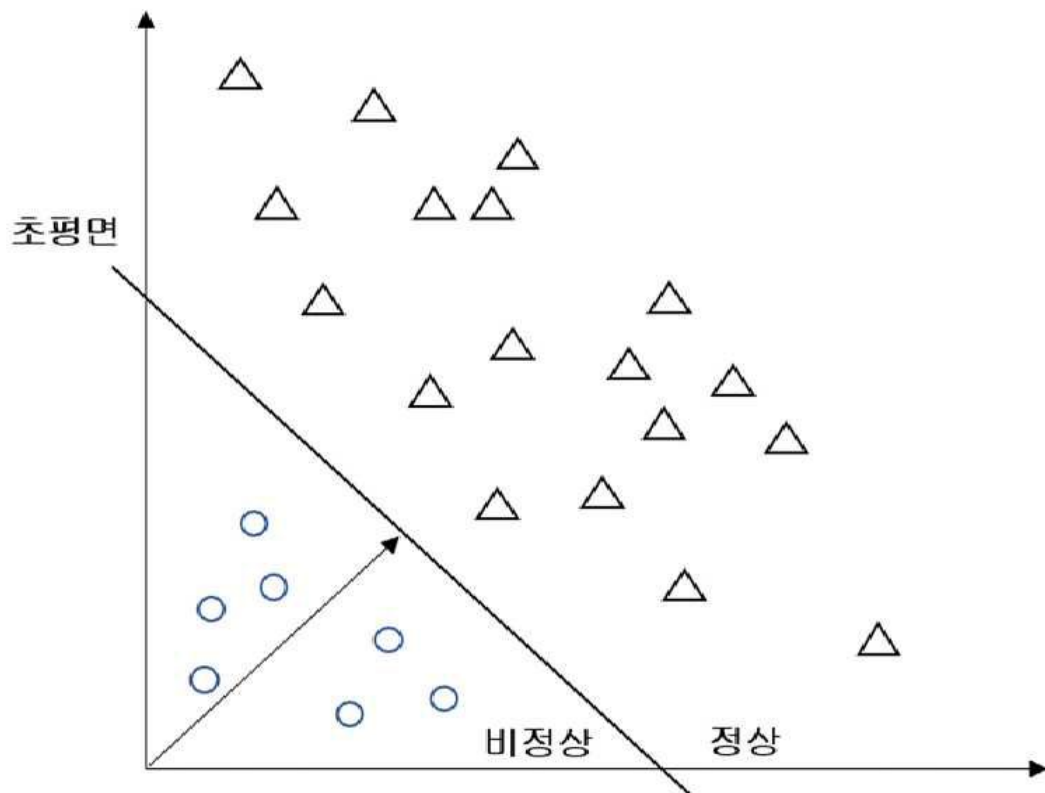
- [0062]
- | | | | |
|-----|--------|-----|-----------|
| 100 | 전처리부 | 110 | 고주파 필터 회로 |
| 120 | 적분기 회로 | 130 | 동기 회로 |
| 200 | 마이컴부 | 300 | 경보부 |

도면

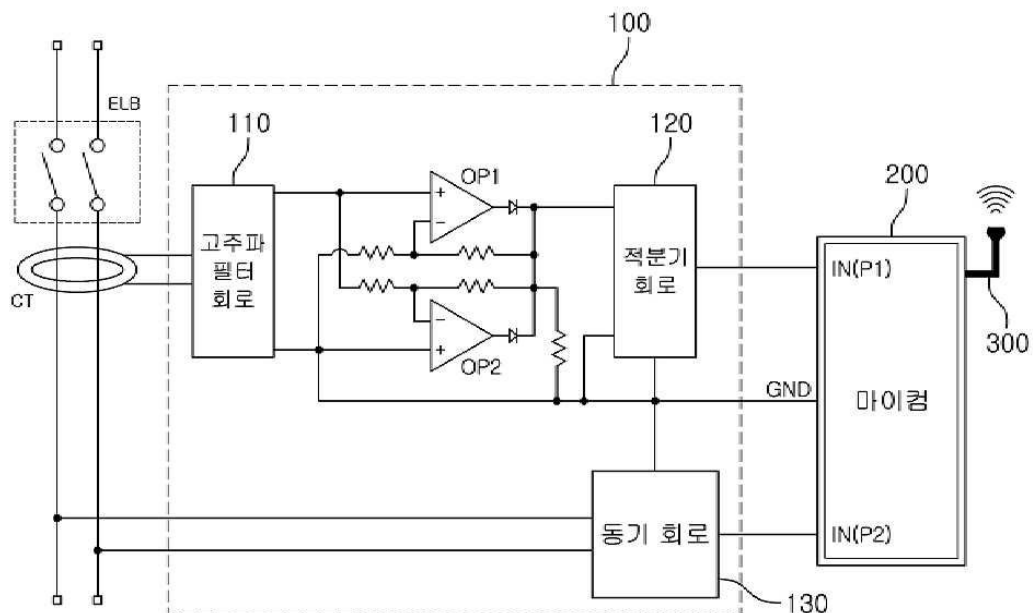
도면1



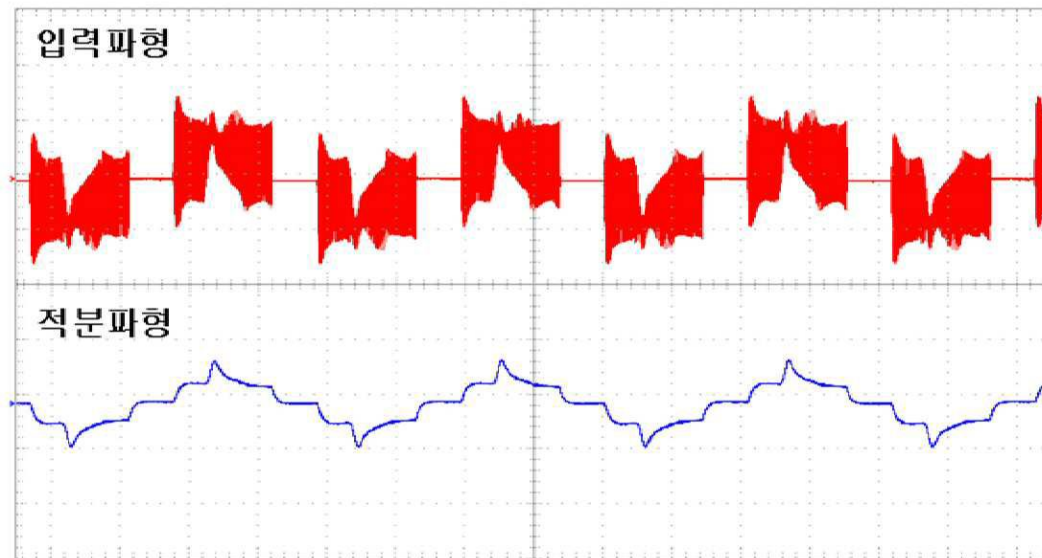
도면2



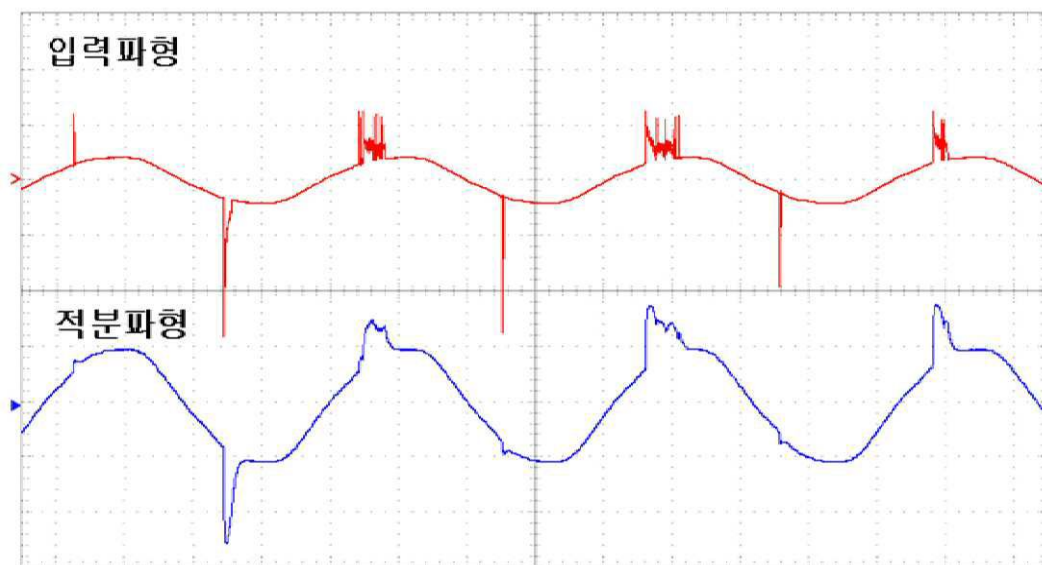
도면3



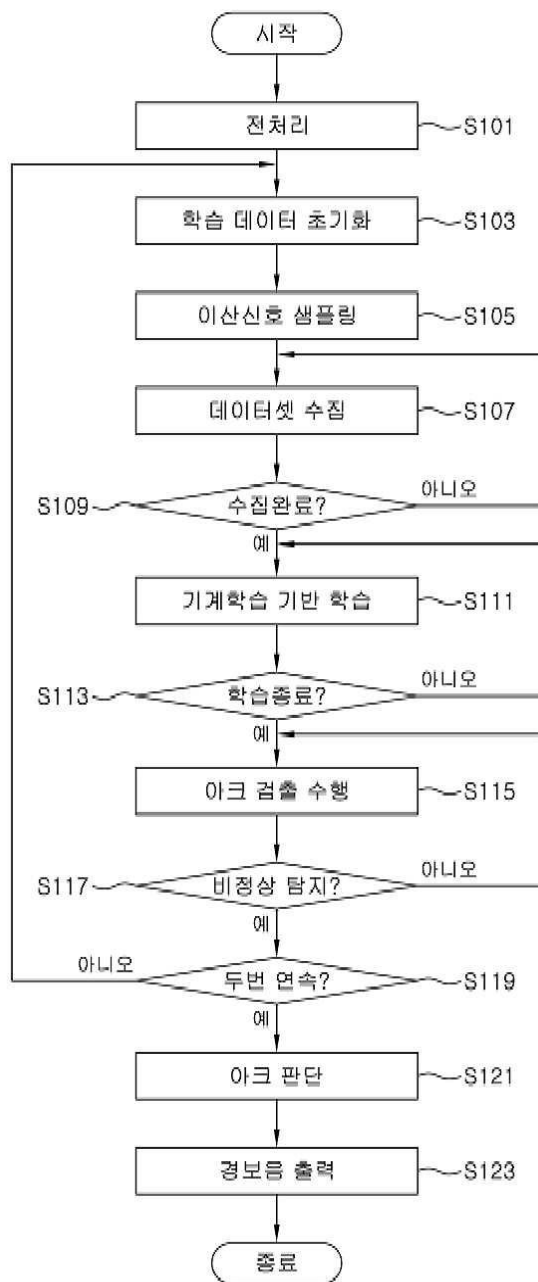
도면4



도면5



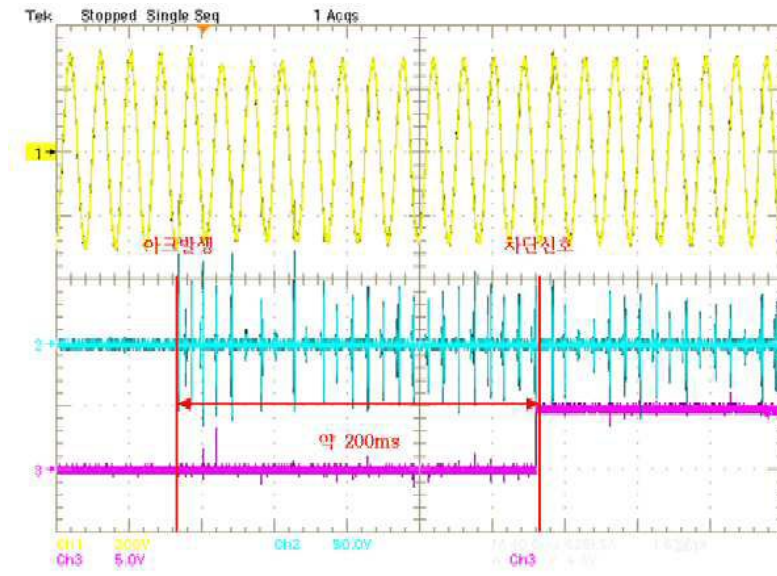
도면6



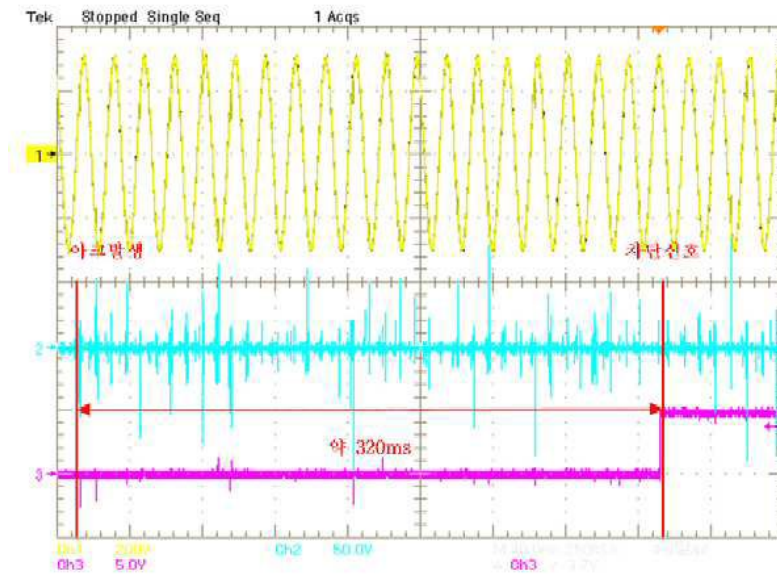
도면7



도면8



(a) 동작특성 파형 1



(b) 동작특성 파형 2

도면9

```
from sklearn.metrics import classification_report, confusion_matrix, accuracy_score
# confusion matrix
confusion_matrix(y_true=y_test, y_pred=y_pred)
# output
array([[29,  1],
       [ 2, 28]], dtype=int64)

# fitted SVM model accuracy
accuracy_score(y_true=y_test, y_pred=y_pred)
# output
0.9500000000000000
```