(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년10월11일
(11) 등록번호 10-2715112
(24) 등록일자 2024년10월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*G01R 31/00* (2006.01) *G01R 19/165* (2006.01)
*G01R 27/08* (2006.01) *G01R 31/327* (2006.01)
*G01R 31/52* (2020.01)
(52) CPC특허분류
*G01R 31/006* (2013.01)
*G01R 19/16528* (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0031811
(22) 출원일자 2022년03월15일
심사청구일자 2022년03월15일
(65) 공개번호 10-2023-0134705
(43) 공개일자 2023년09월22일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020020051457 A*
KR102036491 B1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
**공항철도 주식회사**
인천광역시 서구 검바위로 46 (검암동)
(72) 발명자
**천희승**
인천광역시 서구 청라한내로 39, 583동 403호(청라동, 청라우미린)
(74) 대리인
**특허법인위더피플**

전체 청구항 수 : 총 8 항 심사관 : 정우열

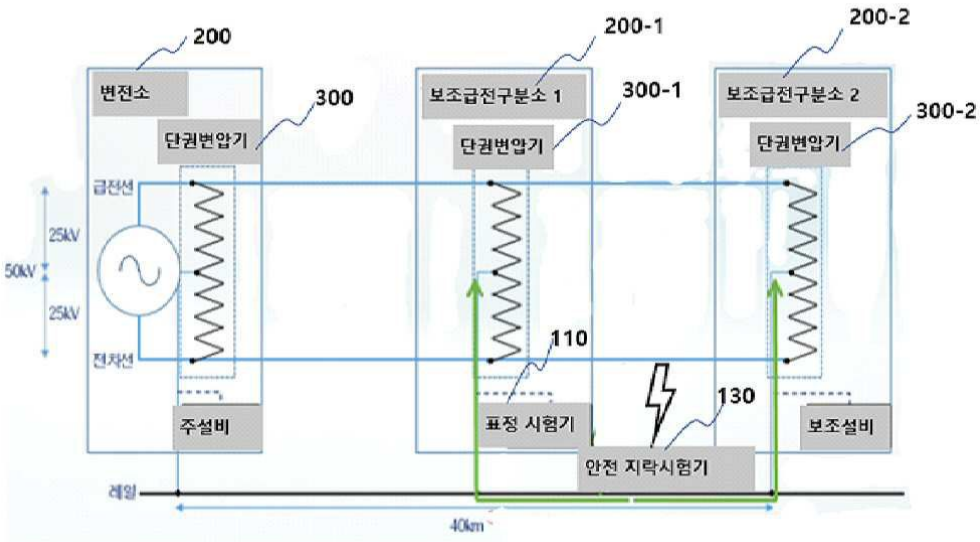
(54) 발명의 명칭 **전기철도용 고장점 표정장치 및 그 방법**

## (57) 요 약

본 발명의 일 실시 예에 따른 전기 철도용 고장점 표정 장치는, 변전소 및 적어도 하나 이상의 보조급전구분소로 구성된 전기철도시스템에 있어서, 상기 변전소 및 상기 보조급전구분소에 각각 설치된 단권변압기(AT)와 전기적으로 연결되고, 고장 발생시 상기 변전소 내의 급전용 차단기를 개방(off)한 상태에서 AC 380V의 외부 전원을 입

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



력받아 1500V의 시험 전원을 출력하는 표정 시험기; 상기 고장 발생시 시험 장소의 단권변압기의 1차측을 상기 표정 시험기의 출력단과 전기적으로 연결시키고, 전차선로 지락, 급전선 지락 및 전차선-급전선 단락 및 해제 명령에 따라 지락용 개폐를 제어하는 안전 지락 시험기; 상기 표정 시험기에 직렬로 연결되는 전류 검출용 변류기와 병렬로 연결되는 전압 검출용 변성기를 포함하는 계측부들; 및 상기 계측부들 각각으로부터 얻어지는 전류 및 전압값을 이용하여 기준점부터 고장점까지의 임피던스를 이용하여 고장점까지의 거리를 연산하여 출력하는 제어부;를 포함하는 점에 그 특징이 있다.

(52) CPC특허분류
*G01R 27/08* (2013.01)
*G01R 31/327* (2019.01)
*G01R 31/52* (2022.01)

# 명 세 서

## 청구범위

### 청구항 1

변전소 및 적어도 하나 이상의 보조급전구분소로 구성된 전기철도시스템에 있어서,

상기 변전소 및 상기 보조급전구분소에 각각 설치된 단권변압기(AT)와 전기적으로 연결되고, 고장 발생시 상기 변전소 내의 급전용 차단기를 개방(off)한 상태에서 AC 380V의 외부 전원을 입력받아 1500V의 시험 전원을 출력하는 표정 시험기;

상기 고장 발생시 시험 장소의 단권변압기의 1차측을 상기 표정 시험기의 출력단과 전기적으로 연결시키고, 전차선로 지락, 급전선 지락 및 전차선-급전선 단락 및 해제 명령에 따라 지락용 개폐를 제어하는 안전 지락 시험기;

상기 표정 시험기에 직렬로 연결되는 전류 검출용 변류기와 병렬로 연결되는 전압 검출용 변성기를 포함하는 계측부들; 및

상기 계측부들 각각으로부터 얻어지는 전류 및 전압값을 이용하여 기준점부터 고장점까지의 임피던스를 이용하여 고장점까지의 거리를 연산하여 출력하는 제어부;를 포함하고,

상기 안전 지락 시험기는,

일측이 전차선로에 연결되는 제1접지선의 타측과 연결되는 접지선 제1연결단자;

일측이 급전선에 연결되는 제2접지선의 타측과 연결되는 접지선 제2연결단자;

일측이 전차선로와 연결되고 타측이 급전선선에 연결된 제3 연결단자;

상기 제1연결단자, 제2연결단자 및 제3 연결단자에 연결되어 선택적으로 개폐 동작하는 개폐 스위치; 및

고장 발생시 전차선로 지락, 급전선 지락 및 전차선-급전선 단락 및 해제 명령에 따라 상기 개폐 스위치의 개폐 동작을 제어하는 개폐 구동부를 포함하는 전기 철도용 고장점 표정 장치.

### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제어부는 고장 발생시 상기 표정 시험기에서 시험 전원을 출력하면, 상기 변전소의 단권변압기(AT) 흡상전류를 검출하고, 고장점을 사이에 둔 각 상기 보조급전구분소의 단권변압기(AT) 흡상전류를 각각 검출하여 상기 변전소의 단권변압기(AT) 흡상전류 및 상기 보조급전구분소의 단권변압기(AT) 흡상전류를 판정한 후 기준점부터 고장점까지의 임피던스를 이용하여 고장점까지의 거리를 연산하고, 각 고장 형태에 따라 고장점을 표정하는 것을 특징으로 하는 전기 철도용 고장점 표정 장치.

### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 표정 시험기는 외부 전원으로부터 3상 380 V 전압을 입력받아 단상의 1500V 전압으로 변환하는 인버터를 포함하는 것을 특징으로 하는 전기 철도용 고장점 표정 장치.

### 청구항 4

삭제

**청구항 5**

제1항에 있어서,

상기 개폐 스위치는 토글 스위치로 구성되어 가변 개폐 동작하는 것을 특징으로 하는 전기 철도용 고장점 표정 장치.

**청구항 6**

변전소 및 적어도 하나 이상의 보조급전구분소로 구성된 전기철도시스템에 있어서,

고장 발생시 급전용 차단기를 개방(off)한 상태에서 상기 변전소 및 상기 보조급전구분소에 각각 설치된 단권변압기(AT)에 표정 시험기를 전기적으로 연결하는 단계;

시험 장소의 단권변압기의 1차측과 표정 시험기의 출력단과 전기적으로 연결된 전차선로, 급전선 및 전차선-급전선을 안전 지락 시험기의 각 단자에 각각 전기적으로 연결시키는 단계;

상기 변전소 내의 급전용 차단기를 개방(off)한 상태에서 표정 시험기에서 AC 380V의 외부 전원을 입력받아 1500V의 시험 전원을 출력하는 단계;

상기 표정 시험기에 직렬로 연결되는 전류 검출용 변류기와 병렬로 연결되는 전압 검출용 변성기로부터 얻어지는 전류 및 전압값을 이용하여 기준점부터 고장점까지의 임피던스를 이용하여 고장점까지의 거리를 연산하여 출력하는 단계; 및

상기 출력된 고장점까지 거리의 오차를 검출한 후, 오차 검출 시 상기 각 단계들을 재시험하는 단계;를 포함하고,

상기 안전 지락 시험기의 전차선로, 급전선 및 전차선-급전선을 각 단자에 전기적으로 연결시키는 단계에서 상기 고장 발생시 전차선로 지락, 급전선 지락 및 전차선-급전선 단락 및 해제 명령에 따라 개폐 스위치의 개폐 동작을 제어하는 전기 철도용 고장점 표정 방법.

**청구항 7**

삭제

**청구항 8**

제6항에 있어서,

상기 개폐 스위치는 토글 스위치로 구성되어 가변 개폐 동작하는 것을 특징으로 하는 전기 철도용 고장점 표정 방법.

**청구항 9**

제6항에 있어서,

상기 시험 전원을 출력하는 단계에서 외부 전원으로부터 3상 380 V 전압을 입력받아 단상의 1500V 전압으로 변환하는 것을 특징으로 하는 전기 철도용 고장점 표정 방법.

**청구항 10**

제6항에 있어서,

상기 고장점까지의 거리를 연산하여 출력하는 단계에서 상기 시험 전원을 출력하면, 상기 변전소의 단권변압기(AT) 흡상전류를 검출하고, 고장점을 사이에 둔 각 상기 보조급전구분소의 단권변압기(AT) 흡상전류를 각각 검출하여 상기 변전소의 단권변압기(AT) 흡상전류 및 상기 보조급전구분소의 단권변압기(AT) 흡상전류를 판정한 후 기준점부터 고장점까지의 임피던스를 이용하여 고장점까지의 거리를 연산하고, 각 고장 형태에 따라 고장점

을 표정하는 것을 특징으로 하는 전기 철도용 고장점 표정 방법.

## 발명의 설명

### 기 술 분 야

[0001] 본 발명은 전기철도용 고장점 표정장치 및 그 방법에 관한 것으로, 특히 전기철도용 변전소간 간격이 길어서 급전구간이 장구간인 경우에 시험전압을 높게 제공함으로써 시험의 정밀도를 높일 수 있는 전기철도용 고장점 표정장치 및 그 방법에 관한 것이다.

### 배 경 기 술

[0003] 일반적으로, 고장점 표정장치(Fault Locator)란 전기철도의 급전계통에서 전차선로의 지락 고장 발생 시 고장 위치를 찾아 표시하는 설비이다. 전기철도 급전계통에서 사용하는 고장점 표정 기법은 크게 리액턴스 방식과 흡상전류비 방식으로 구분할 수 있다.

[0004] 리액턴스 방식은 임피던스(Z=R+jX) 중 고장 저항(R)으로 인한 영향을 감소시키기 위하여 리액턴스(X) 성분만을 이용하여 고장점을 계산하는 방식이다. 단위길이 당 단락 리액턴스 값을 알고 있을 때 고장 발생 시 계산되는 최종 리액턴스 값을 바탕으로 고장점을 표정한다. 일반 3상 송전선로에서는 리액턴스 값이 선로 길이에 비례하여 선형적으로 증가하기 때문에 고장 발생 시 고장점을 쉽게 표정할 수 있다. 하지만, 급전 구간 내 변전소, 병렬구분소, 급전구분소에 단권변압기가 설치되어 운용되는 전기철도 급전계통 특성상, 변전소를 기준으로 고장점이 멀어진다고 하여도 선형적으로 리액턴스가 증가하지 않는다. 이 때문에 같은 리액턴스 값을 기준으로 최대 3개의 고장점을 동시에 표정하는 오차가 발생할 수 있으며, 정확한 정정을 위하여 강제 지락시험과 같은 부수적인 노력이 필요하다.

[0005] 한편, 흡상전류비 방식은 구분소 마다 설치되어 있는 단권변압기의 중성선에 흐르는 전류를 측정하여 고장점을 표정하는 방식이다. 고장 발생 시 고장점을 기준으로 양쪽 구분소에 설치된 단권변압기의 중성점으로 귀선 전류가 형성된다. 이 전류는 레일 및 보호선을 타고 흐르며, 국내 전기철도 계통 구성상 레일은 일정 거리마다 보호선과 결선되어 대지에 접지되어 있다. 따라서 실제 양쪽 단권변압기에서 측정되는 전류는 접지 구간을 통과한 정확한 값이라 보기 어려우며, 표정된 고장점 결과를 실제값과 비교했을 때 오차가 크게 발생할 가능성이 높다.

[0006] 이상에서 설명한 고장점 표정 기법 중 하나를 채용한 고장점 표정장치의 정확도를 확인하기 위한 시험을 고장점 표정 시험이라 칭하는데, 종래의 고장점 표정 시험은 다음과 같은 문제점이 존재한다.

[0007] 우선 고장점 표정장치의 정확도를 검증하기 위하여 특고압(AC 25kV)의 전차선로를 강제 지락시켜 고장점 표정시험을 시행한다.

[0008] 이러한 경우 전차선에 접지 걸이를 설치한 후에 변전소의 차단기를 투입(ON)하여 시험하기 때문에, 급전계통에 포함된 AT(단권변압기)의 돌입전류가 사고 전류에 포함되어 실제 사고 전류와 다르게 계측된다.

[0009] 따라서 흡상전류비 방식에서는 AT(단권변압기)의 위치에 따라 흡상전류비가 다르게 나타나므로 고장점 표정 오차가 발생하고, 리액턴스 방식에서는 AT(단권변압기) 돌입전류에 포함된 2고조파(H2)의 영향으로 나타난 리액턴스 계측의 오차는 고장점 표정 오차로 이어지는 문제가 발생한다.

[0010] 더 나아가 특고압 강제 지락 시험시 순간적으로 수천 암페어(A)의 대전류가 흘러 전철 급전계통의 중전기기 및 전철 신호, 통신 설비가 소손되는 문제가 발생한다.

[0011] 이러한 문제를 해결하기 위해 저전압(최대 440V)을 시험전압으로 사용하였으나 공항철도와 같이 변전소간 간격이 길어서 급전구간이 장구간인 경우에는 시험의 정밀도가 떨어진다.

[0012] 또한, 종래에는 전차선 지락, 급전선 지락 및 전차선-급전선 단락의 3개 유형의 사고 중 전차선 지락 유형의 시험만을 제공하게 됨으로써 다른 사로 유형에 대한 고장점을 확인하기 어려운 문제점이 있다.

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

[0014] (특허문헌 0001) 한국특허등록 제10-2036491호

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0015] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 전기철도용 변전소간 간격이 길어서 급전구간이 장구간인 경우에 시험전압을 높게 제공함으로써 시험의 정밀도를 향상시킬 수 있는 전기철도용 고장점 표정장치 및 그 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0016] 또한, 전차선 지락, 급전선 지락 및 전차선-급전선 단락의 3개 유형의 사고에 대한 시험을 각각 제공하게 됨으로써 각 사고 유형에 대한 고장점을 확인할 수 있는 전기철도용 고장점 표정장치 및 그 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0017] 다만, 본 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

### 과제의 해결 수단

[0019] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 일 실시 예에 따른 전기 철도용 고장점 표정 장치는, 변전소 및 적어도 하나 이상의 보조급전구분소로 구성된 전기철도시스템에 있어서, 상기 변전소 및 상기 보조급전구분소에 각각 설치된 단권변압기(AT)와 전기적으로 연결되고, 고장 발생시 상기 변전소 내의 급전용 차단기를 개방(off)한 상태에서 AC 380V의 외부 전원을 입력받아 1500V의 시험 전원을 출력하는 표정 시험기; 상기 고장 발생시 시험 장소의 단권변압기의 1차측을 상기 표정 시험기의 출력단과 전기적으로 연결시키고, 전차선로 지락, 급전선 지락 및 전차선-급전선 단락 및 해제 명령에 따라 지락용 개폐를 제어하는 안전 지락 시험기; 상기 표정 시험기에 직렬로 연결되는 전류 검출용 변류기와 병렬로 연결되는 전압 검출용 변성기를 포함하는 계측부들; 및 상기 계측부들 각각으로부터 얻어지는 전류 및 전압값을 이용하여 기준점부터 고장점까지의 임피던스를 이용하여 고장점까지의 거리를 연산하여 출력하는 제어부;를 포함하는 점에 그 특징이 있다.

[0020] 여기서, 특히 상기 제어부는 고장 발생시 상기 표정 시험기에서 시험 전원을 출력하면, 상기 변전소의 단권변압기(AT) 흡상전류를 검출하고, 상기 보조급전구분소의 단권변압기(AT) 흡상전류를 각각 검출하여 상기 변전소의 단권변압기(AT) 흡상전류 및 상기 보조급전구분소의 단권변압기(AT) 흡상전류를 판정한 후 기준점부터 고장점까지의 임피던스를 이용하여 고장점까지의 거리를 연산하고, 각 고장 형태에 따라 고장점을 표정하는 점에 그 특징이 있다.

[0021] 여기서, 상기 표정 시험기는 외부 전원으로부터 3상 380 V 전압을 입력받아 단상의 1500V 전압으로 변환하는 인버터를 포함하는 점에 그 특징이 있다.

[0022] 여기서, 상기 안전 지락 시험기는, 일측이 전차선로에 연결되는 제1접지선의 타측과 연결되는 접지선 제1연결단자; 일측이 급전선에 연결되는 제2접지선의 타측과 연결되는 접지선 제2연결단자; 일측이 전차선로와 연결되고 타측이 급전선선에 연결된 제3 연결단자; 상기 제1연결단자, 제2연결단자 및 제3 연결단자에 연결되어 선택적으로 개폐 동작하는 개폐 스위치; 및 고장 발생시 전차선로 지락, 급전선 지락 및 전차선-급전선 단락 및 해제 명령에 따라 상기 개폐 스위치의 개폐 동작을 제어하는 개폐 구동부를 포함하는 점에 그 특징이 있다.

[0023] 또한, 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 일 실시 예에 따른 전기 철도용 고장점 표정 방법은, 변전소 및 적어도 하나 이상의 보조급전구분소로 구성된 전기철도시스템에 있어서, 급전용 차단기를 개방(off)한 상태에서 고장 발생시 상기 변전소 및 상기 보조급전구분소에 각각 설치된 단권변압기(AT)에 표정 시험기를 전기적으로 연결하는 단계; 시험 장소의 단권변압기의 1차측과 표정 시험기의 출력단과 전기적으로 연결된 전차선로, 급전선 및 전차선-급전선을 안전 지락 시험기의 각 단자에 각각 전기적으로 연결시키는 단계; 상기 변전소 내의 급전용 차단기를 개방(off)한 상태에서 표정 시험기에서 AC 380V의 외부 전원을 입력받아 1500V의 시험 전원을 출력하는 단계; 상기 표정 시험기에 직렬로 연결되는 전류 검출용 변류기와 병렬로 연결되는 전압 검출용 변성기로부터 얻어지는 전류 및 전압값을 이용하여 기준점부터 고장점까지의 임피던스를 이용하여 고장점까지의 거리를 연산하여 출력하는 단계; 및 상기 출력된 고장점까지 거리의 오차를 검출한 후, 오차 검출 시 상기 각 단계들을 재시험하는 단계;를 포함하는 점에 그 특징이 있다.

[0024] 여기서, 특히 상기 안전 지락 시험기의 전차선로, 급전선 및 전차선-급전선을 각 단자에 전기적으로 연결시키는 단계에서 상기 고장 발생시 전차선로 지락, 급전선 지락 및 전차선-급전선 단락 및 해제 명령에 따라 개폐 스위치의 개폐 동작을 제어하는 점에 그 특징이 있다.

[0025] 여기서, 특히 상기 개폐 스위치는 토글 스위치로 구성되어 가변 개폐 동작하는 점에 그 특징이 있다.

[0026] 여기서, 특히 상기 시험 전원을 출력하는 단계에서 외부 전원으로부터 3상 380 V 전압을 입력받아 단상의 1500V 전압으로 변환하는 점에 그 특징이 있다.

[0027] 여기서, 특히 상기 고장점까지의 거리를 연산하여 출력하는 단계에서 상기 시험 전원을 출력하면, 상기 변전소의 단권변압기(AT) 흡상전류를 검출하고, 고장점을 사이에 둔 각 상기 보조급전구분소의 단권변압기(AT) 흡상전류를 각각 검출하여 상기 변전소의 단권변압기(AT) 흡상전류 및 상기 보조급전구분소의 단권변압기(AT) 흡상전류를 판정한 후 기준점부터 고장점까지의 임피던스를 이용하여 고장점까지의 거리를 연산하고, 각 고장 형태에 따라 고장점을 표정하는 점에 그 특징이 있다.

## 발명의 효과

[0029] 전술한 본 발명의 과제 해결 수단 중 어느 하나에 의하면, 전기철도용 변전소간 간격이 길어서 급전구간이 장구간인 경우에 시험전압을 높게 제공함으로써 시험의 정밀도를 향상시킬 수 있다.

[0030] 또한, 전차선 지락, 급전선 지락 및 전차선-급전선 단락의 3개 유형의 사고에 대한 시험을 각각 제공하게 됨으로써 각 사고 유형에 대한 고장점을 확인할 수 있다.

## 도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전기철도용 고장점 표정장치의 전체적인 구성을 개략적으로 도시한 도면.

도 2는 상기 도 1의 주요 구성을 개략적으로 도시한 도면.

도 3은 상기 도 1의 표정 시험기의 구성을 개략적으로 도시한 도면.

도 4는 상기 도 1의 안전 지락시험기의 구성을 개략적으로 도시한 도면.

도 5는 본 발명의 전차선로 지락, 급전선 지락 및 전차선-급전선 단락을 설명하기 위한 도면.

도 6a 및 도 6b는 본 발명의 사고 지점의 사고 전류 및 흡상 전류비를 설명하기 위한 예시 도면.

도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 전기철도용 고장점 표정 방법에 대한 순서도를 개략적으로 도시한 도면.

도 8은 본 발명의 전기철도용 고장점 표정장치를 실질적으로 설치하는 예를 순차적으로 보여주는 도면.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 본 발명을 명확하게 설명하기 위해 도면에서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다. 또한, 도면을 참고하여 설명하면서, 같은 명칭으로 나타낸 구성일지라도 도면에 따라 도면 번호가 달라질 수 있고, 도면 번호는 설명의 편의를 위해 기재된 것에 불과하고 해당 도면 번호에 의해 각 구성의 개념, 특징, 기능 또는 효과가 제한 해석되는 것은 아니다.

[0034] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미하며, 하나 또는 그 이상의 다른 특징이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0035] 본 명세서에 있어서 '부(部)' 또는 '모듈'이란, 하드웨어 또는 소프트웨어에 의해 실현되는 유닛(unit), 양방을 이용하여 실현되는 유닛을 포함하며, 하나의 유닛이 둘 이상의 하드웨어를 이용하여 실현되어도 되고, 둘 이상

의 유닛이 하나의 하드웨어에 의해 실현되어도 된다.

[0037] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전기철도용 고장점 표정장치의 전체적인 구성을 개략적으로 도시한 도면이고, 도 2는 상기 도 1의 주요 구성을 개략적으로 도시한 도면이고, 도 3은 상기 도 1의 표정 시험기의 구성을 개략적으로 도시한 도면이고, 도 4는 상기 도 1의 안전 지락시험기의 구성을 개략적으로 도시한 도면이고, 도 5는 본 발명의 전차선로 지락, 급전선 지락 및 전차선-급전선 단락을 설명하기 위한 도면이고, 도 6a 및 도 6b는 본 발명의 사고 지점의 사고 전류 및 흡상 전류비를 설명하기 위한 예시 도면이다.

[0039] 도 1및 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시 예에 따른 전기 철도용 고장점 표정장치(100)는, 변전소(200) 및 적어도 하나 이상의 보조급전구분소(200-1,200-2...200-n)로 구성된 전기철도시스템에 있어서, 표정 시험기(110), 계측부들(120), 안전 지락시험기(130), 제어부(140) 및 통신부(150)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0041] 상기 변전소(200)와 상기 보조급전구분소(200-1) 사이, 보조급전구분소(200-1)와 보조급전구분소(200-2) 사이의 거리가 약 40㎞~100㎞ 정도 간격으로 설치될 수 있다.

[0042] 상기 변전소(200)에는 주설비가 설치되고, 주설비에는 표정 시험기(110), 계측부들(120), 제어부(140) 및 통신부(150)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0043] 보다 구체적으로, 상기 변전소(200)와 상기 보조급전구분소(200-1) 사이, 보조급전구분소(200-1)와 보조급전구분소(200-2) 사이 고장 발생 시 고장점을 기준으로 양쪽 구분소에 설치된 단권변압기의 중성점으로 귀선전류가 형성된다. 이 전류는 레일을 타고 흐르며, 국내 전기철도 계통 구성 상 레일은 매 1.2㎞ 마다 보호선과 결선되어 대지에 접지되어 있다.

[0045] 또한, 도 3에 도시된 바와 같이, 상기 표정 시험기(110)는 상기 변전소(200)와 상기 보조급전구분소(200-1) 사이, 보조급전구분소(200-1)와 보조급전구분소(200-2) 사이 고장 발생 시 고장점을 사이에 둔 각 보조급전구분소의 단권변압기(AT)에 각각 전기적으로 연결되고, 고장 발생시 상기 변전소(200) 내의 급전용 차단기를 개방(off)한 상태에서 AC 380V의 외부 전원을 입력받아 1500V의 시험 전원을 출력하게 된다.

[0046] 여기서, 상기 표정 시험기(110)는 입력부(111)에서 외부 전원으로부터 3상 380 V 전압을 입력받아 단상의 1500V 전압으로 변환하는 인버터(112) 및 인버터 구동부(113) 및 출력부(114)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0047] 예컨대, 최대전압 가압시 필요전력은 약 56kVA(1.5kV X 37A = 56kVA) 전력이 필요함에 따라 시험 전압을 단상 220V 전원으로 사용시 255A 필요하게 되지만 255A는 전기계통상 지락 사고로 오인할 수 있으므로, 상기 표정 시험기(110)는 시험 전원의 1차 전압은 3상 380V으로 하고 이를 인버터를 이용하여 단상 1,500V로 바꿔주는 전원계통을 구성하여 낮은 전류 값으로도 측정할 수 있게 된다.

[0049] 상기 계측부들(120)은 표정 시험기(110)에 직렬로 연결되는 전류 검출용 변류기와 병렬로 연결되는 전압 검출용 변성기를 포함하여 구성될 수 있다.

[0050] 보다 구체적으로, 상기 계측부들(120)은 상하행선의 전차선 및 급전선의 전류를 센싱하여 전류값을 검출할 수 있다. 이때, 전차선이 복선 또는 복복선으로 설치된 경우에도 각각 전류를 센싱하여 검출할 수 있다.

[0051] 상기 주설비의 계측부(120)는 상기 변전소(200)에서 발생된 급전 전압, 급전 전류 및 단권변압기(AT)(300) 흡상전류를 검출하고, 제어부(140)에서 고장 발생시 보호계전기(미도시)를 통해 트립신호를 출력하고, 이에 따라 상기 계측부(120)는 상기 변전소(200)의 단권변압기(AT)(300)의 흡상전류를 검출하게 된다.

[0053] 도 4에 도시된 바와 같이, 상기 안전 지락시험기(130)는 고장 발생시 시험 장소의 단권변압기의 1차측을 상기 표정 시험기(110)의 출력단과 전기적으로 연결시키고, 전차선로 지락, 급전선 지락 및 전차선-급전선 단락 및 해제 명령에 따라 지락용 개폐를 제어하게 된다.

[0054] 보다 구체적으로, 상기 안전 지락 시험기(130)는 일측이 전차선로에 연결되는 제1접지선의 타측과 연결되는 접지선 제1연결단자(131), 일측이 급전선에 연결되는 제2접지선의 타측과 연결되는 접지선 제2연결단자(132), 일측이 전차선로와 연결되고 타측이 급전선선에 연결된 제3 연결단자(133) 및 상기 제1연결단자, 제2연결단자 및 제3 연결단자에 연결되어 선택적으로 개폐 동작하는 개폐 스위치(134) 및 고장 발생시 전차선로 지락, 급전선 지락 및 전차선-급전선 단락 및 해제 명령에 따라 상기 개폐 스위치의 개폐 동작을 제어하는 개폐 구동부(미도시) 및 전류, 전압을 표시하는 조작 표시부를 포함하여 구성될 수 있다. 여기서, 상기 개폐 스위치(134)는 토글 스위치로 구성되어 가변 개폐 동작할 수 있으며, 상기 개폐 구동부에서 제어하거나 사용자에 의해 조작하여 제어될 수 있다.

[0055] 또한, 도 5에 도시된 바와 같이, 상기 안전 지락 시험기(130)는 전차선로 지락, 급전선 지락 및 전차선-급전선 단락의 사고에 대하여 지락 시험을 실행할 수 있다. 즉, 고장점 표정장치 성능시험을 하는 교류 급전구간의 전차선로는 전차선과 급전선으로 나뉘어 있으므로, 사고는 전차선 지락, 급전선 지락 및 전차선-급전선 단락의 3가지로 구분될 수 있다. 따라서, 상기 안전 지락 시험기(130)에서 상술한 3가지 사고 유형에 대한 각 연결 단자를 구성하고 이들에 대한 선택적 개폐 동작을 할 수 있게 되어 지락 시험이 가능하다.

[0056] 한편, 상기 안전 지락 시험기(130)를 설치하기 위해서는 상기 표정 시험기(110)가 전원 오프 된 상태에서 작업을 진행하게 된다. 이때, 표정 시험기(110) 및 상기 안전 지락 시험기(130)를 각각 연결하기 위해서는 각 현장의 각 장치의 연결 상태 및 안전 상태 확인을 위해 통신부(150)를 이용하여 확인할 수 있다.

[0058] 상기 제어부(140)는 상기 표정 시험기(110)에서 시험 전원이 인가되면, 상기 계측부(120)들 각각으로부터 얻어지는 전류 및 전압값을 이용하여 기준점부터 고장점까지의 임피던스를 이용하여 고장점까지의 거리를 연산하여 출력하게 된다.

[0059] 보다 구체적으로, 상기 제어부(140)는 고장 발생시 상기 표정 시험기(110)에서 시험 전원을 출력하면, 상기 변전소(200) 및 보조급전구분소들(200-1, 200-2...)로부터 단권변압기(AT)(300. 300-1, 300-2쪋) 흡상전류를 각각 요청한 후 상기 변전소(200)의 단권변압기(AT)(300)의 흡상전류를 검출하고, 상기 보조급전구분소(200-1)의 단권변압기(AT) 흡상전류를 각각 검출하여 상기 변전소(200)의 단권변압기(AT) 흡상전류 및 상기 보조급전구분소(200-1, 200-2...)의 단권변압기(AT) 흡상전류를 판정한 후 기준점부터 고장점까지의 임피던스를 이용하여 고장점까지의 거리를 연산하고, 각 고장 형태에 따라 고장점을 표정하게 된다.

[0060] 또한, 상기 제어부(140)는 표정 시험기(110)의 시험 전원이 시험 장소에 위치하는 단권변압기의 1차측으로 공급되도록 전원공급경로를 단속하여 고장점 표정 시험이 이루어지도록 제어할 수 있다. 여기서, 제어부(140)가 적절한 전원공급경로를 단속하기 위해서는 시험 장소(변전소 혹은 보조구분소 혹은 구분소)로부터 표정시험 위치의 거리에 따라 시험 전압을 선택할 수 있다.

[0061] 상기 제어부(140)는 고장이 발생한 차선에서 고장이 발생한 도선에 흐르는, 변전소 측 CT(Current Transfomer, 계기용 변류기)에서 관측된 전류의 실효값이고, 고장이 발생한 지점을 변전소-보조급선구분소 구간으로 판단할 때, 상기 제어부(140)는, 상기 변전소(200)에 설치된 계측부에서 출력한 전류 데이터만을 이용하여 상기 고장점 표정 연산을 수행할 수 있는 수식에 대입하여 고장이 발생한 지점을 변전소-보조급선구분소 간 거리 대비 변전소-고장점까지의 거리 비율로 산출한다.

[0062] 예컨대, 도 6a 및 6b에 도시된 바와 같이, 변전소-보조급선구분소 구간으로 사고 지점이 중앙(1/2)이고 단순하게 쉽게 계산하기 위해 사고 전류가 2000A이라면 1/2씩 나뉘어 각 1000A씩 흐르게 된다. 따라서, 흡상 전류비는 1000/2000 = 0.5 가 된다.

[0063] 또한, 변전소-보조급선구분소 구간으로 사고 지점이 1/4이고 사고 전류가 2000A라면 거리에 반비례하여 분배되어 1,500A 및 500A로 흐르게 된다. 따라서, 흡상전류비는 500/2000=0.25 가 된다.

[0064] 그리고, 고장점까지 거리는 거리계산 = 변압기 간 거리 X 흡상전류비로 대입하여 계산할 수 있다.

[0066] 또한, 상기 제어부(140)는 고장이 발생한 차선에서 고장이 발생한 도선에 흐르는, 급전구분소 측 CT(Current Transfomer, 계기용 변류기)에서 관측된 전류의 실효값이고, 고장이 발생한 지점을 보조급선구분소-보조급전구분소 구간으로 판단할 때, 상기 제어부(140)는, 상기 보조급전구분소(200-1)와 상기 보조급전구분소(200-2)에서 각각 설치된 계측부(120)에서 출력한 전류 데이터를 이용하여 상기 고장점 표정 연산을 수행할 수 있는 수식에 대입하여 고장이 발생한 지점을 보조급전구분소-보조급전구분소 간 거리 대비 보조급선구분소-고장점까지의 거리 비율로 산출한다.

[0067] 한편, 상기 변전소(200)와 상기 보조급전구분소(200-1) 사이, 보조급전구분소(200-1)와 보조급전구분소(200-2) 사이의 거리가 약 40㎞ 정도 간격이고, 상기 표정 시험기(110)에서 출력 전압이 1500V 라면 사고 지점의 최대 전류값은 37.5A 일 수 있다.

[0068] 이때, 상기 보조급전구분소(200-1)와 보조급전구분소(200-2) 사이의 고장점이 있고, 상기 각 보조급전구분소(200-1)와 보조급전구분소(200-2)의 단권변압기의 측정된 전류값이 각각 22A 및 12A 이라면 흡상전류비는 12/34 = 0.353 이 되고 거리는 3,530 m 가 된다. 여기서, 상기 각 보조급전구분소(200-1)와 보조급전구분소(200-2)의 단권변압기의 실제 전류값은 각각 21.7A 및 12.2A 이고 흡상전류비는 12.2/33.9 = 0.36 이 되고 거리는 3,600 m 가 된다.

[0069] 다시 말해, 상기 표정 시험기(110)에서 출력 전압이 1500V 로 높이게 되면 거리 오차가 3,600 - 3,530 = 70m 로 공단 규격인 200 m 이내로 시험의 정밀도를 향상시킬 수 있다.

[0071] 또한, 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 전기철도용 고장점 표정 방법에 대한 순서도를 개략적으로 도시한 도면이고, 도 8은 본 발명의 전기철도용 고장점 표정장치를 실질적으로 설치하는 예를 순차적으로 보여주는 도면이다.

[0073] 먼저, 도 7 및 도 8에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시 예에 따른 전기 철도용 고장점 표정 방법은, 변전소 및 적어도 하나 이상의 보조급전구분소로 구성된 전기철도시스템에 있어서, 고장 발생시 상기 변전소(200) 및 상기 보조급전구분소(200-1)에 각각 설치된 단권변압기(AT)에 표정 시험기(100)를 전기적으로 연결하는 단계가 수행된다(S710).

[0074] 보다 구체적으로, 전기 철도 고장 발생시, 상기 변전소(200) 내의 급전용 차단기를 개방(off)한 상태에서 표정 시험기(100)를 상기 변전소(200)와 상기 보조급전구분소(200-1) 사이, 보조급전구분소(200-1)와 보조급전구분소(200-2) 사이 고장 발생 시 고장점을 사이에 둔 각 보조급전구분소의 단권변압기(AT)에 각각 전기적으로 연결하게 된다.

[0076] 그리고, 사고 현장에서 시험 장소의 단권변압기의 1차측과 표정 시험기의 출력단과 전기적으로 연결된 전차선로, 급전선 및 전차선-급전선을 안전 지락 시험기의 각 단자에 각각 전기적으로 연결시키는 단계가 수행된다(S720).

[0077] 여기서, 사고 현장에서 상기 안전 지락 시험기(130)를 설치하기 위해서는 상기 표정 시험기(110)가 전원 오프(off) 된 상태에서 작업을 진행하게 된다. 이때, 표정 시험기(110) 및 상기 안전 지락 시험기(130)를 각각 연결하기 위해서는 각 현장의 각 장치의 연결 상태 및 안전 상태 확인을 위해 통신부(150)를 이용하여 확인할 수 있다.

[0079] 그 다음, 상기 변전소 내의 급전용 차단기를 개방(off)한 상태에서 표정 시험기에서 AC 380V의 외부 전원을 입력받아 1500V의 시험 전원을 출력하는 단계가 수행된다(S730).

[0080] 여기서, 상기 제어부(140)에서 표정 시험기(110)의 시험 전원이 시험 장소에 위치하는 단권변압기의 1차측으로 공급되도록 전원공급경로를 단속하여 고장점 표정 시험이 이루어지도록 제어하게 된다. 제어부(140)가 적절한 전원공급경로를 단속하기 위해서는 시험 장소(변전소 혹은 보조구분소 혹은 구분소)로부터 표정시험 위치의 거리에 따라 시험 전압을 선택할 수 있다.

[0081] 그리고, 상기 표정 시험기(110)는 입력부(111)에서 외부 전원으로부터 3상 380 V 전압을 입력받아 단상의 1500V 전압으로 변환하는 인버터(112) 및 인버터 구동부(113) 및 출력부(114)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0082] 예컨대, 최대전압 가압시 필요전력은 약 56kVA(1.5kV X 37A = 56kVA) 전력이 필요함에 따라 시험 전압을 단상 220V 전원으로 사용시 255A 필요하게 되지만 255A는 전기계통상 지락 사고로 오인할 수 있으므로, 상기 표정 시험기(110)는 시험 전원의 1차 전압은 3상 380V으로 하고 이를 인버터를 이용하여 단상 1,500V로 바꿔주는 전원계통을 구성하여 낮은 전류 값으로도 측정할 수 있게 된다.

[0084] 이어서, 상기 표정 시험기에 직렬로 연결되는 전류 검출용 변류기와 병렬로 연결되는 전압 검출용 변성기로부터 얻어지는 전류 및 전압 값을 이용하여 기준점부터 고장점까지의 임피던스를 이용하여 고장점까지의 거리를 연산하여 출력하는 단계가 수행된다(S740).

[0085] 보다 구체적으로, 상기 제어부(140)는 고장이 발생한 차선에서 고장이 발생한 도선에 흐르는, 급전구분소 측 CT(Current Transfomer, 계기용 변류기)에서 관측된 전류의 실효값이고, 고장이 발생한 지점을 보조급선구분소-보조급전구분소 구간으로 판단할 때, 상기 제어부(140)는, 상기 보조급전구분소(200-1)와 상기 보조급전구분소(200-2)에서 각각 설치된 계측부(120)에서 출력한 전류 데이터를 이용하여 상기 고장점 표정 연산을 수행할 수 있는 수식에 대입하여 고장이 발생한 지점을 보조급전구분소-보조급전구분소 간 거리 대비 보조급선구분소-고장점까지의 거리 비율로 산출한다.

[0086] 한편, 상기 변전소(200)와 상기 보조급전구분소(200-1) 사이, 보조급전구분소(200-1)와 보조급전구분소(200-2) 사이의 거리가 약 40㎞ 정도 간격이고, 상기 표정 시험기(110)에서 출력 전압이 1500V 라면 사고 지점의 최대 전류값은 37.5A 일 수 있다.

[0087] 이때, 상기 보조급전구분소(200-1)와 보조급전구분소(200-2) 사이의 고장점이 있고, 상기 각 보조급전구분소

(200-1)와 보조급전구분소(200-2)의 단권변압기의 측정된 전류값이 각각 22A 및 12A 이라면 흡상전류비는 12/34 = 0.353 이 되고 거리는 3,530 m 가 된다. 여기서, 상기 각 보조급전구분소(200-1)와 보조급전구분소(200-2)의 단권변압기의 실제 전류값은 각각 21.7A 및 12.2A 이고 흡상전류비는 12.2/33.9 = 0.36 이 되고 거리는 3,600 m 가 된다.

[0088] 다시 말해, 상기 표정 시험기(110)에서 출력 전압이 1500V 로 높이게 되면 거리 오차가 3,600 - 3,530 = 70m 로 공단 규격인 200 m 이내로 시험의 정밀도를 향상시킬 수 있다.

[0090] 마지막으로, 상기 출력된 고장점까지 거리의 오차를 검출한 후, 오차 검출 시 상기 각 단계들을 재시험하는 단계가 수행된다(S750).

[0091] 보다 구체적으로, 상기 검출된 거리 오차가 예컨대 상술한 공단 규격의 200 m 이상의 오차가 발생되면, 다시 안전 지락시험기의 위치를 변경하여 설치한 후, 상술한 상기 변전소 내의 급전용 차단기를 개방(off)한 상태에서 표정 시험기에서 AC 380V의 외부 전원을 입력받아 1500V의 시험 전원을 출력하는 단계(S730)부터 추가 시험을 시행할 수 있다.

[0093] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

[0094] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

## *부호의 설명*

[0096] 110: 표정 시험기

120: 계측부

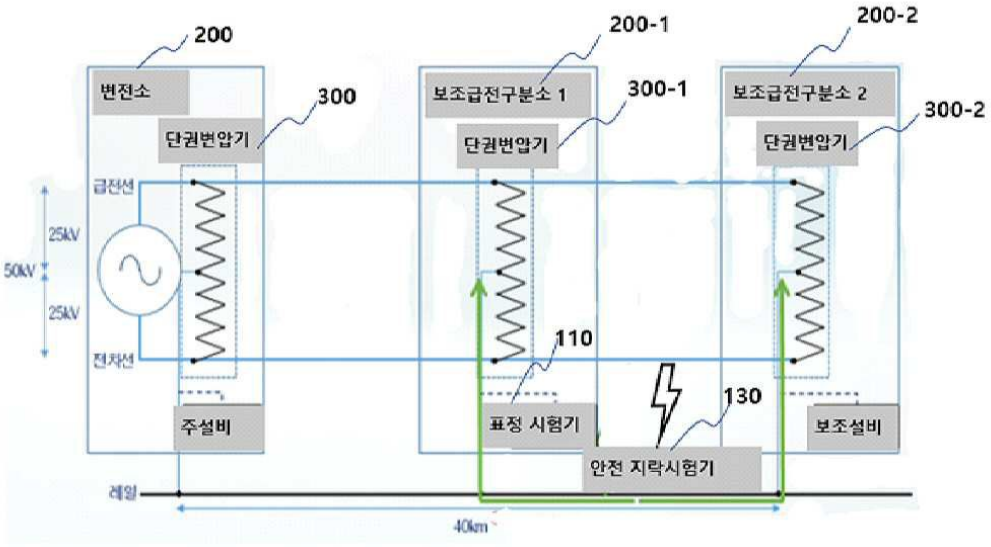
130: 안전 지락시험기

140: 제어부

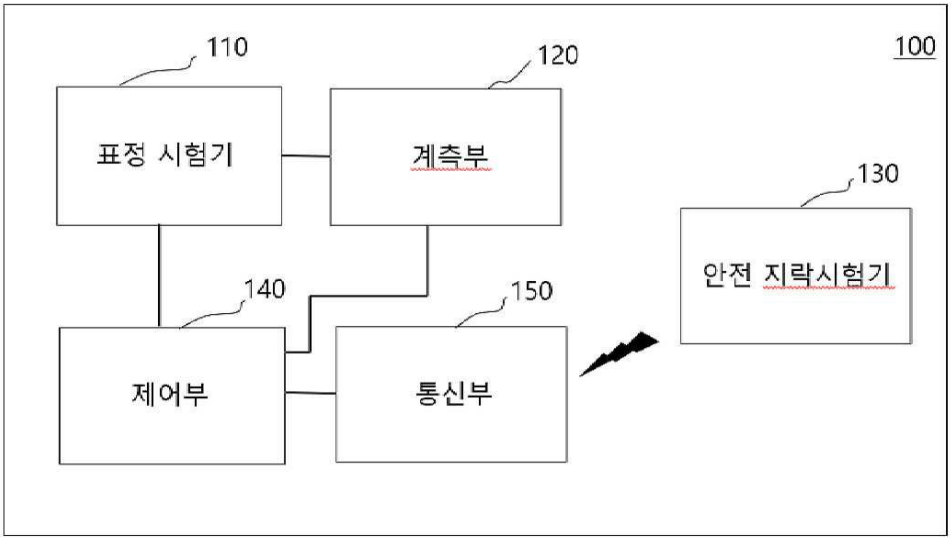
150: 통신부

## 도면

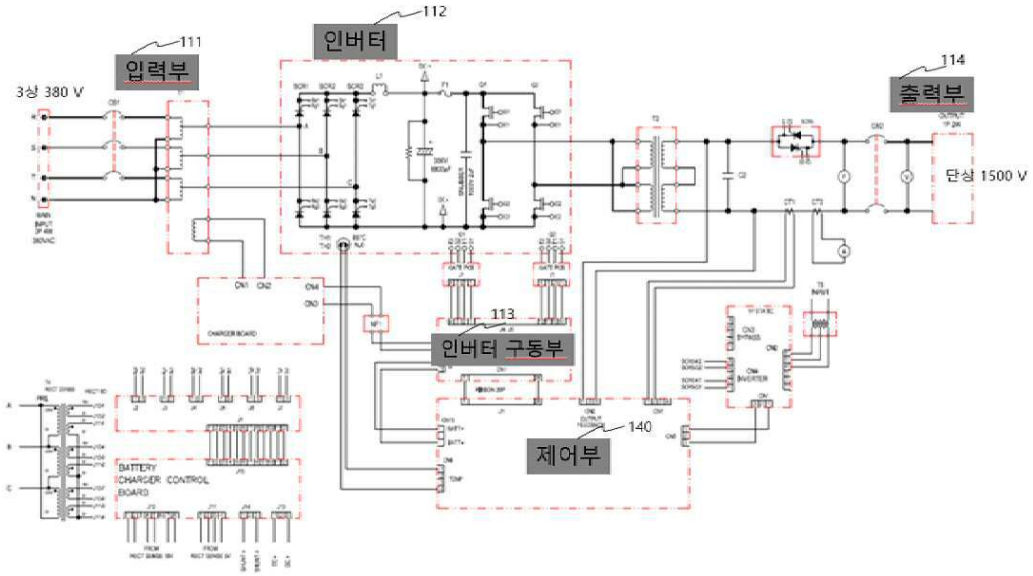
### 도면1


200
변전소
300
단권변압기
200-1
보조급전구분소 1
300-1
단권변압기
200-2
보조급전구분소 2
300-2
단권변압기
급전선
25kV
50kV
25kV
전차선
주설비
110
표정 시험기
130
안전 지락시험기
보조설비
레일
40km

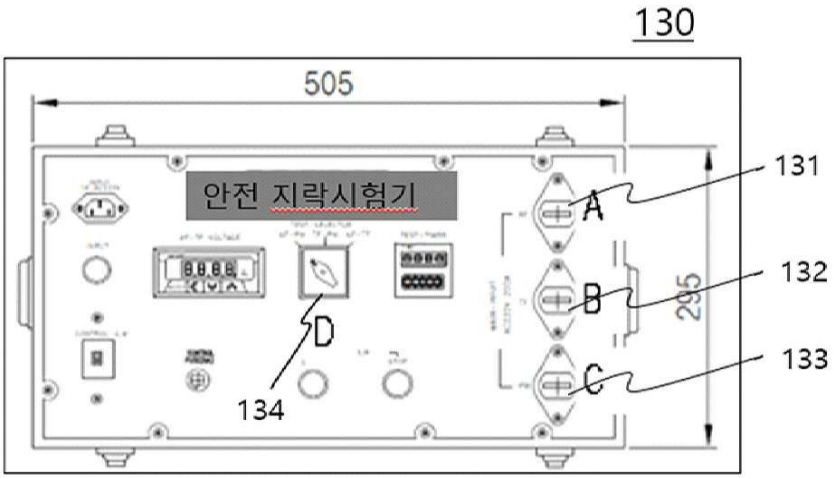
### 도면2


110
표정 시험기
120
계측부
100
130
안전 지락시험기
140
제어부
150
통신부

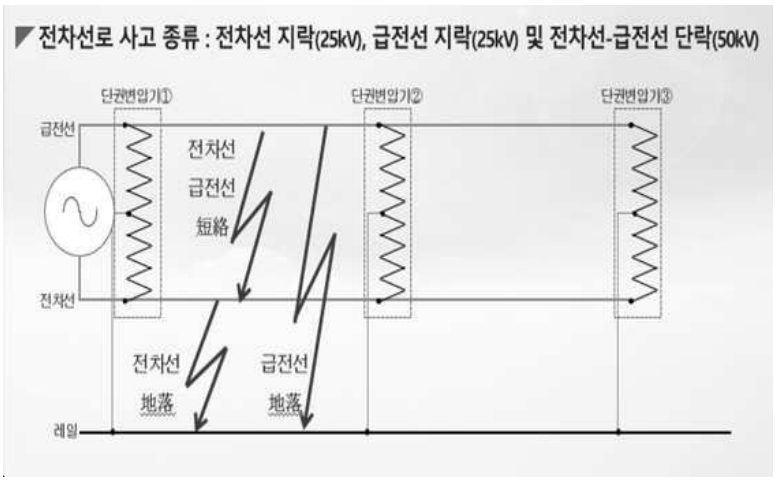
도면3


112
인버터
111
입력부
3상 380 V
114
출력부
단상 1500 V
113
인버터 구동부
140
제어부
BATTERY
CHARGER CONTROL
BOARD

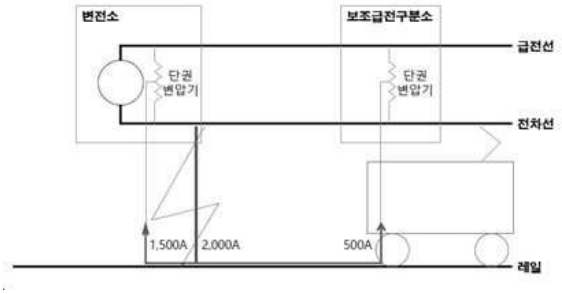
도면4


130
505
안전 지락시험기
131
A
132
B
133
C
D
134
295

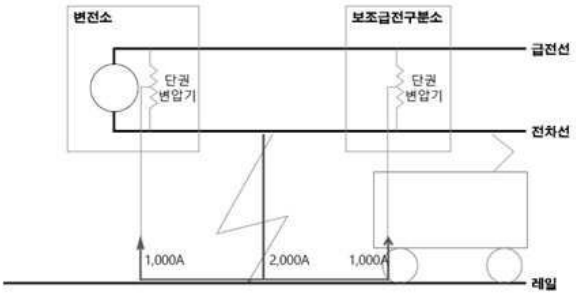
도면5


전차선로 사고 종류 : 전차선 지락(25kV), 급전선 지락(25kV) 및 전차선-급전선 단락(50kV)
단권변압기①
단권변압기②
단권변압기③
급전선
전차선
전차선
급전선
短絡
전차선
地落
급전선
地落
레일

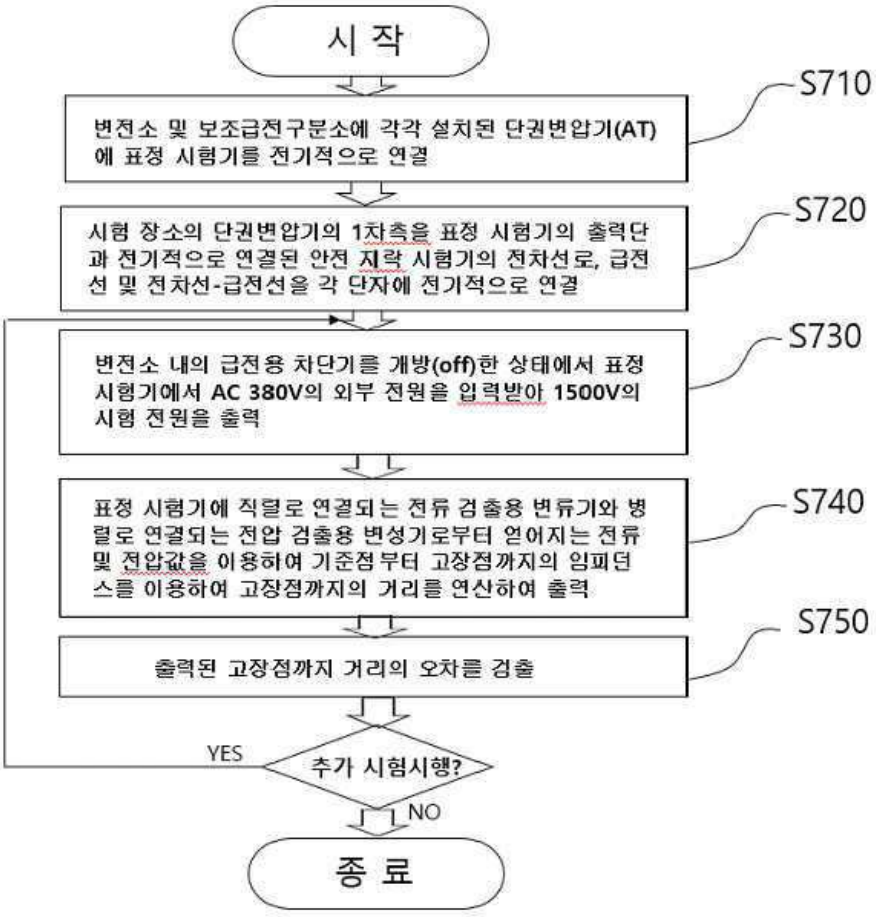
도면6a




도면6b




도면7



도면8