

특허청구의 범위

청구항 1

활선 상태에서 아이티(IT: Insulation Terra) 접지를 적용한 배전계통 전력선과 대지 사이의 절연저항을 측정하기 위해, 상기 전력선과 연결된 검출저항과 상기 검출저항에 정현파 신호를 제공하는 함수 발생기를 포함하여, 접지-상기 함수 발생기-상기 검출저항-상기 절연저항-접지로 이루어지는 회로 루프를 형성하는 정현파 함수형 활선 절연저항 측정 장치에 있어서,

상기 정현파 신호의 전압과 상기 검출저항의 양단 전압을 이용하여 상기 함수 발생기에서 들여다본 상기 회로 루프의 입력 임피던스를 연산하는 임피던스 연산부;

상기 임피던스 연산부에서 산출된 상기 입력 임피던스의 실수부와 허수부 및 상기 검출저항의 저항값이 사전 설정된 조건이 되도록 상기 정현파 신호의 주파수를 설정하는 주파수 설정부; 및

상기 주파수 설정부에서 설정된 주파수를 갖는 정현파 신호에 의해 상기 임피던스 연산부에서 연산된 상기 입력 임피던스를 이용하여 상기 절연저항을 산출하는 절연저항 산출부

를 포함하는 동작 주파수 설정 기능을 갖는 정현파 함수형 활선 절연저항 측정 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 임피던스 연산부는,

상기 함수 발생기에서 제공되는 정현파 신호의 전압과 상기 검출저항의 양단 전압을 이산 푸리에 변환하여 상기 입력 임피던스를 연산하는 것을 특징으로 하는 동작 주파수 설정 기능을 갖는 정현파 함수형 활선 절연저항 측정 장치.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 주파수 설정부는,

상기 입력 임피던스의 실수부와 검출저항의 저항값의 차 및 상기 입력 임피던스의 허수부의 크기가 상호 동일해 지도록 상기 정현파 신호의 주파수를 설정하는 것을 특징으로 하는 동작 주파수 설정 기능을 갖는 정현파 함수형 활선 절연저항 측정 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 절연저항 산출부는, 식 $[R_{ins} = 2 \times (Z_{re} - R_t) = 2 \times (-Z_{im})]$ (R_{ins} : 상기 절연 저항의 저항값, Z_{re} : 상기 입력 임피던스의 실수부, R_t : 상기 검출저항의 저항값, Z_{im} : 상기 입력 임피던스의 허수부)에 의해 상기 절연저항의 저항값을 산출하는 것을 특징으로 하는 동작 주파수 설정 기능을 갖는 정현파 함수형 활선 절연저항 측정 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

$$C_{ins} = \frac{1}{2\pi f(R_{ins})}$$

상기 절연저항 산출부는, 식 $[C_{ins} = \frac{1}{2\pi f(R_{ins})}]$ (C_{ins} : 상기 전력선과 대지 사이의 분포기생 커패시턴스, Z_{re} : 상기 입력 임피던스의 실수부, R_t : 상기 검출저항의 저항값, Z_{im} : 상기 입력 임피던스의 허수부)에 의해 상기 절연 저항)에 의해 상기 전력선과 대지 사이의 분포기생 커패시턴스를 산출하는 것을 특징으로 하는 동작 주파수 설정 기능을 갖는 정현파 함수형 활선 절연저항 측정 장치.

청구항 6

행기술문헌인 한국공개특허 제10-2007-0024361호, 한국공개특허 제10-2007-0024362호 및 한국공개특허 제10-2008-0015752호에는 저주파 중첩장치를 이용한 활성 절연감시 장치가 개시된다.

- [0005] 상기 선행기술문헌들에 개시된 활성 절연감시 장치는, 절연측정 및 설치가 용이하도록 변압기의 저압 측의 2중 접지선에 별도로 저주파 중첩장치를 설치해야 하므로, 추가적인 장비 설치에 따른 부피 증가 및 비용 발생의 문제가 있다. 특히, 저주파 중첩장치를 적용하는 경우에, 저주파 신호와 동기 시키기 위해 사용하는 연결선은 장거리 전선로에서는 실제 연결시키기가 어려운 장소가 많아 실제 현장에서 적용에 불편한 문제가 있다.
- [0006] 진술한 종래기술의 문제점들을 해결하기 위해, 본 출원의 출원인은 2011년 11월 20일 자로 활성 절연저항 측정 장치를 출원한 바 있다(출원번호 10-2011-0126920, 이하 ‘선행 출원 문헌’ 이라 함). 이 선행 출원 문헌에서는 활성과 연결되는 검출저항에 정현파 신호를 인가하고 검출저항 양단에서 검출되는 전압의 크기를 분석하여 활성의 절연저항을 산출해내는 기법이 개시된다.
- [0007] 도 1은 상기 선행 출원 문헌에 개시된 활성 절연저항 측정 장치의 회로도이다. 도 1에 도시된 것과 같이, 선행 출원 문헌에 개시된 활성 절연저항 장치(10)는 활성(L1, L2)에 일단이 연결된 브릿지 저항(14)과 브릿지 저항(14)의 타단에 일단이 연결된 필터부(15)와 필터부(15)의 타단에 일단이 연결된 검출저항(12)과 검출저항의 타단에 일단이 연결되고 타단이 접지되어 검출저항(12)에 정현파 신호를 인가하는 함수 발생기(11)와, 검출저항(12)의 양단 전압을 검출하는 차동증폭기(13) 및 차동증폭기(13)에서 검출된 검출저항(12)의 양단 전압을 이용하여 절연저항값을 산출하는 절연저항 연산부(16)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0008] 도 1에 도시된 것과 같은 선행 출원 문헌의 활성 절연저항 측정 장치는, 절연저항을 측정하기 위한 기초적인 기술 내용을 개시하고 있으나, 절연저항의 크기를 더욱 정확하면서 신속하게 도출할 수 있는 새로운 기법이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0009] (특허문헌 0001) 한국특허공개 제10-2007-0024361호
- (특허문헌 0002) 한국특허공개 제10-2007-0024362호
- (특허문헌 0003) 한국특허공개 제10-2008-0015752호
- (특허문헌 0004) 한국특허출원 제10-2011-0126920호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 본 발명은, 함수 발생기에서 출력되는 정현파 신호를 검출저항의 양단 전압의 크기로 검출하여 활성 절연저항을 측정하는 기술에서 함수 발생기의 절연저항 및/또는 분포기생 커패시턴스를 더욱 신속하고 정확하게 측정할 수 있도록 정현파 신호의 동작 주파수를 설정하는 기능을 갖는 정현파 함수형 활성 절연저항 측정 장치를 제공하는 것을 해결하고자 하는 기술적 과제로 한다.

과제의 해결 수단

- [0011] 상기 기술적 과제를 해결하기 위한 수단으로서 본 발명은,
- [0012] 활성 상태에서 아이티(IT: Insulation Terra) 접지를 적용한 배전계통 전력선과 대지 사이의 절연저항을 측정하기 위해, 상기 전력선과 연결된 검출저항과 상기 검출저항에 정현파 신호를 제공하는 함수 발생기를 포함하여, 접지-상기 함수 발생기-상기 검출저항-상기 절연저항-접지로 이루어지는 회로 루프를 형성하는 정현파 함수형 활성 절연저항 측정 장치에 있어서,
- [0013] 상기 정현파 신호의 전압과 상기 검출저항의 양단 전압을 이용하여 상기 함수 발생기에서 들여다본 상기 회로 루프의 입력 임피던스를 연산하는 임피던스 연산부;
- [0014] 상기 임피던스 연산부에서 산출된 상기 입력 임피던스의 실수부와 허수부 및 상기 검출저항의 저항값이 사전 설

정된 조건이 되도록 상기 정현파 신호의 주파수를 설정하는 주파수 설정부; 및

[0015] 상기 주파수 설정부에서 설정된 주파수를 갖는 정현파 신호에 의해 상기 임피던스 연산부에서 연산된 상기 입력 임피던스를 이용하여 상기 절연저항을 산출하는 절연저항 산출부

[0016] 를 포함하는 동작 주파수 설정 기능을 갖는 정현파 함수형 활성 절연저항 측정 장치를 제공한다.

[0017] 본 발명의 일 실시형태에서, 상기 임피던스 연산부는, 상기 함수 발생기에서 제공되는 정현파 신호의 전압과 상기 검출저항의 양단 전압을 이산 푸리에 변환하여 상기 입력 임피던스를 연산할 수 있다.

[0018] 본 발명의 일 실시형태에서, 상기 주파수 설정부는, 상기 입력 임피던스의 실수부와 검출저항의 저항값의 차 및 상기 입력 임피던스의 허수부의 크기가 상호 동일해지도록 상기 정현파 신호의 주파수를 설정할 수 있다.

[0019] 본 발명의 일 실시형태에서, 상기 절연저항 산출부는, 식 $[R_{ins} = 2 \times (Z_{re} - R_t) = 2 \times (-Z_{im})]$ (R_{ins} : 상기 절연 저항의 저항값, Z_{re} : 상기 입력 임피던스의 실수부, R_t : 상기 검출저항의 저항값, Z_{im} : 상기 입력 임피던스의 허수부)에 의해 상기 절연저항의 저항값을 산출할 수 있다.

[0020] 본 발명의 일 실시형태에서, 상기 절연저항 산출부는, 식 $C_{ins} = \frac{1}{2\pi f(R_{ins})}$ (C_{ins} : 상기 전력선과 대지 사이의 분포기생 커패시턴스)에 의해 상기 절연 저항)에 의해 상기 전력선과 대지 사이의 분포기생 커패시턴스를 산출할 수 있다.

[0021] 본 발명의 일 실시형태에서, 상기 주파수 설정부는, 상기 입력 임피던스의 실수부와 검출저항의 저항값의 차 및 상기 입력 임피던스의 허수부의 비율이 1 내지 3.72 사이의 값이 되도록 상기 정현파 신호의 주파수를 설정할 수 있다.

[0022] 본 발명의 일 실시형태에서, 상기 절연저항 산출부는, 식 $R_{ins} = \frac{\sqrt{(Z_{re} - R_t)^2 + Z_{im}^2}}{\cos \theta}$ (R_{ins} : 절연저항의 저항값, Z_{re} : 상기 입력 임피던스의 실수부, Z_{im} : 상기 입력 임피던스의 허수부, R_t : 상기 검출저항의 저항값, $\theta = \sin^{-1} \frac{Z_{im}}{\sqrt{(Z_{re} - R_t)^2 + Z_{im}^2}}$)을 이용하여 절연저항을 산출할 수 있다.

발명의 효과

[0023] 본 발명에 따르면, 아이티(IT: Insulation Terra) 접지를 적용한 배전계통 전력선과 대지 사이의 절연저항을 측정하기 위해 제공된, 전력선과 연결된 검출저항과 검출저항에 정현파 신호를 제공하는 함수 발생기에 의해 형성되는 접지-상기 함수 발생기-상기 검출저항-상기 절연저항-접지로 이루어지는 회로 루프 상에서, 함수 발생기에서 바라본 회로 루프의 입력 임피던스와 검출저항의 저항값을 이용하여 함수 발생기에서 출력되는 정현파 신호의 주파수를 용이하게 설정할 수 있으며, 이를 통해 신속하고 정확한 절연저항 측정이 가능한 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 종래의 활성 절연저항 측정 장치의 회로도이다.
 도 2는 본 발명의 일 실시형태에 따른 동작 주파수 설정 기능을 갖는 정현파 함수형 활성 절연저항 측정 장치의 블록 구성도이다.
 도 3은 도 1에 도시된 활성 절연저항 측정 장치에 의해 형성되는 회로 루프의 단순 등가회로도이다.
 도 4는 도 1에 도시된 활성 절연저항 측정 장치에 의한 주파수 임피던스에 따른 임피던스 궤적을 도시한 도면이다.
 도 5는 도 1에 도시된 활성 절연저항 측정 장치에 의해 주파수 임피던스 궤적을 측정한 결과를 도시한 도면이다.

도 6은 도 1에 도시된 활선 절연저항 측정 장치의 절연저항 측정 알고리즘의 개념을 설명하는 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시형태에 따른 동작 주파수 설정 기능을 갖는 정현파 함수형 활선 절연저항 측정 장치의 동작 주파수 설정 방법 및 절연저항과 분포 커패시턴스를 구하기 위한 알고리즘의 개념을 설명하기 위한 도면이다.

도 8은, 본 발명의 일 실시형태에 따른 동작 주파수 설정 기능을 갖는 정현파 함수형 활선 절연저항 측정 장치에서, 주파수에 따라 변동되는 임피던스의 각도에 따른 임피던스의 실수부와 검출저항의 저항값의 차 및 허수부의 비율 개념을 도시한 도면이다.

도 9는 본 발명의 일 실시형태에 따른 동작 주파수 설정 기능을 갖는 정현파 함수형 활선 절연저항 측정 장치에서, 각도에 따른 임피던스의 실수부와 검출저항의 저항값의 차 및 허수부의 비율을 도시한 도면이다.

도 10은 본 발명의 일 실시형태에 따른 동작 주파수 설정 기능을 갖는 정현파 함수형 활선 절연저항 측정 장치에서, 절연저항 측정점의 위치를 $60^\circ < \theta < 75^\circ$ 로 선정하는 경우의 측정 알고리즘 예를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시형태를 보다 상세하게 설명한다. 그러나, 본 발명의 실시형태는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 이하 설명되는 실시형태로 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 실시형태는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어서, 정의되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의 내려진 것으로, 이는 당 분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있으므로, 본 발명의 기술적 구성요소를 한정하는 의미로 이해되어서는 아니 될 것이다.

[0026] 도 2는 본 발명의 일 실시형태에 따른 동작 주파수 설정 기능을 갖는 정현파 함수형 활선 절연저항 측정 장치의 블록 구성도이다. 도 2에 도시된 본 발명의 일 실시형태에 따른 동작 주파수 설정 기능을 갖는 정현파 함수형 활선 절연저항 측정 장치는, 도 1에 도시된 절연저항 연산부 내에 구비될 수 있다.

[0027] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시형태에 따른 동작 주파수 설정 기능을 갖는 정현파 함수형 활선 절연저항 측정 장치는, 임피던스 연산부(21)와, 주파수 설정부(22) 및 절연저항 산출부(23)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0028] 임피던스 연산부(21)는, 함수 발생기(11)에서 출력되는 정현파 신호의 전압(V^S)과 검출저항(12)의 양단 전압(V^T)을 이용하여, 접지-함수 발생기(11)-검출저항(12)-절연저항(Rins)-접지로 이어지는 하나의 회로 루프에서 함수 발생기(11)에서 들여다 본 회로 루프의 입력 임피던스(Z)를 산출할 수 있다. 바람직하게, 임피던스 연산부(21)는 정현파 신호의 전압(V^S)과 검출저항(12)의 양단 전압(V^T) 각각에 대해 이산 푸리에 변환을 적용하여 정현파 신호의 전압(V^S)과 검출저항(12)의 양단 전압(V^T) 각각의 실수부와 허수부의 크기를 구할 수 있다. 또한, 임피던스 연산부(21)는 정현파 신호의 전압(V^S)과 검출저항(12)의 양단 전압(V^T) 각각의 실수부와 허수부의 크기를 이용하여 임피던스(Z)를 산출할 수 있다.

[0029] 주파수 설정부(22)는 임피던스 연산부(21)에서 산출된 임피던스(Z)의 실수부(Z_{Re}) 및 허수부(Z_{Im})와 검출저항의 크기(R_t)가 사전 설정된 소정의 조건을 만족하는지 판단하고 이 조건이 만족될 때까지 함수 발생기(11)를 제어하여 함수 발생기(11)에서 출력되는 정현파 신호의 주파수를 조정하고 설정할 수 있다.

[0030] 절연저항 산출부(23)는, 주파수 설정부(22)에 의해 사전 설정된 조건을 만족하도록 설정된 주파수를 갖는 정현파 신호가 함수 발생기(11)에서 출력될 때, 임피던스 연산부(21)에서 연산된 임피던스 값을 이용하여 절연저항을 산출할 수 있다.

[0031] 이하, 전술한 구성을 갖는 본 발명의 일 실시형태에 따른 동작 주파수 설정 기능을 갖는 정현파 함수형 활선 절연저항 측정 장치의 작용 효과에 대해 더욱 상세하게 설명하기로 한다. 특히 이하의 설명에서는, 동출원인에 의해 선행 출원된 한국특허출원 제10-2011-0126920호에 개시된 절연저항값 산출 방법을 참조할 것이다.

[0032] 임피던스 산출부(21), 함수 발생기(11)에 의해 인가된 정현파 신호의 전압(V^S) 및 차동증폭기(13)에서 검출된 검출저항의 양단 전압(V^T)에 대해 DFT(Discrete Fourier Transformation)법을 적용하여 정현파 신호의 전압(V^S) 및 차동증폭기(13)에서 검출된 검출저항의 양단 전압(V^T) 각각의 실수부와 허수부를 연산하고, 연산된 전압(V^S) 및 전압(V^T)의 실수부와 허수부의 값들을 이용하여 도 3의 등가회로 내에서 함수 발생기(11)에서 바라본 등가회로의 입력 임피던스(Z)를 산출할 수 있다.

[0033] 도 3은 접지-함수 발생기(11)-검출저항(12)-절연저항(Rins)-접지로 구현되는 회로 루프를 도시한 단순 등가회로 도이다. 함수 발생기(11)는 V^S 의 크기를 갖는 정현파 신호를 발생시킨다. L은 측정시스템에 기생하는 인덕턴스 및 저역통과 필터(15)의 인덕턴스의 합이다. Rt는 검출저항(12)의 크기이다. Rins와 Cins는 배전계통의 전력선의 절연저항 및 분포기생 커패시턴스이며 일반적으로 병렬합성의 형태를 갖는다.

[0034] 함수 발생기(11)에서 출력된 정현파 신호의 전압(V^S) 및 차동증폭기(13)에서 검출된 검출저항(12)의 양단 전압(V^T)은 다음의 식 1 및 식 2와 같이 표현될 수 있다.

[0035] [식 1]

[0036]
$$V^S = V_{re}^S + jV_{im}^S$$

[0037] [식 2]

[0038]
$$V^T = V_{re}^T + jV_{im}^T$$

[0039] 이 때, 전체 임피던스를 통하여 흐르는 전류(I)는 다음의 식 3과 같이 표현될 수 있다.

[0040] [식 3]

[0041]
$$I = \frac{V^T}{R_t} = \frac{V_{re}^T}{R_t} + j \frac{V_{im}^T}{R_t}$$

[0042] 상기 식 3에서 Rt는 검출저항(12)의 저항값이다.

[0043] 한편, 전체 임피던스는, 다음의 식 4와 같으므로, 측정회로에 인가한 정현파가 $V^S = V_{re}^S + jV_{im}^S$ 인 경우, 식 5와 같이 전체 임피던스가 계산되어, 실수값과 허수값을 계산하여 구할 수 있게 된다.

[0044] [식 4]

[0045]
$$Z = \frac{V}{I}$$

[0046] [식 5]

[0047]
$$Z = \frac{V}{I} = \frac{V_{re}^S + jV_{im}^S}{\frac{V_{re}^T}{R_t} + j \frac{V_{im}^T}{R_t}} = R_t \frac{\sqrt{(V_{re}^S)^2 + (V_{im}^S)^2} \angle \tan^{-1} \frac{V_{im}^S}{V_{re}^S}}{\sqrt{(V_{re}^T)^2 + (V_{im}^T)^2} \angle \tan^{-1} \frac{V_{im}^T}{V_{re}^T}} = Z_{re} - jZ_{im}$$

[0048] 특히, $V^T = V_{re}^T$ 로 실수성분만 있는 경우는, 전체 임피던스의 값은 다음의 식 6과 같이 간단하게 계산하여 구할 수 있다.

[0049] [식 6]

$$Z = \frac{V_{re}^S - jV_{im}^S}{I} = \frac{V_{re}^S - jV_{im}^S}{\frac{V^T}{Rt}} = \frac{Rt \sqrt{(V_{re}^S)^2 - (V_{im}^S)^2}}{V^T} \angle \tan^{-1} \frac{V_{im}^S}{V_{re}^S}$$

[0050]

[0051] 이와 같이, 임피던스 산출부(21)는 정현파 신호의 전압(V^S)과 검출저항(12)의 양단 전압(V^T)을 이용하여 상기 식 5 및 식 6과 같이 임피던스(Z)를 연산할 수 있다.

[0052] 한편, 도 3에서 전체 임피던스(Z)는 다음의 식 7과 같이 계산될 수 있다.

[0053] [식 7]

$$\begin{aligned} Z &= Rt + j2\pi fL + \frac{1}{j2\pi f(Cins)} = Rt + j2\pi fL + \frac{(Rins) - j(Rins)^2 \times 2\pi f(Cins)}{1 + ((Rins) \times 2\pi f(Cins))^2} \\ &= \frac{(Rins) + Rt((Rins) \times 2\pi f(Cins))^2}{1 + ((Rins) \times 2\pi f(Cins))^2} \\ &\quad + j \frac{2\pi fL + 2\pi fL((Rins) \times 2\pi f(Cins))^2 - (Rins)^2 \times 2\pi f(Cins)}{1 + ((Rins) \times 2\pi f(Cins))^2} \end{aligned}$$

[0054]

[0055] 상기 식 7에서 f 는 함수 발생기(11)에서 출력되는 정현파 신호의 주파수이다.

[0056] 상기 식 7에 따르면, 임피던스 성분은 복소형태를 갖으며, 이를 복소평면에 나타내면 주파수에 따른 임피던스 궤적은 도 4와 같이 반원의 모양을 나타낸다. 임피던스 궤적의 주요한 특징은 다음의 식 8 내지 식 10과 같이 나타난다.

[0057] [식 8]

$$f = \frac{1}{\pi \sqrt{L(Cins)}} \text{에서 } Z = Z_{re} = Rt$$

[0058]

[0059] [식 9]

$$f = \frac{1}{2\pi(Rins)(Cins)} \text{에서 } Z = Z_{re} + jZ_{im} = (Rt + Rins) + j\left(\frac{Rins}{2}\right)$$

[0060]

[0061] [식 10]

$$f=0 \text{에서 } Z = Z_{re} = Rt + Rins$$

[0062]

[0063] 도 5는 $Rt=1M\Omega$, $Rins=3M\Omega$ 으로 가상적으로 주었을 경우, 주파수에 따른 임피던스 궤적 측정결과를 보인다. 실수축의 교점은 정확히 $Rt=1M\Omega$, $(Rins + Rt)=4M\Omega$ 에서 발생하며, 반원의 반지름도 수식에서 예측한 것처럼 정확히 $(Rins / 2)=1.5M\Omega$ 의 값을 갖는 것을 알 수 있다.

[0064] 이러한 임피던스 궤적에서 볼 때, 도 6와 같은 절연저항 측정 알고리즘을 통해 활성 절연저항의 크기를 도출할 수 있다. 반원 상에 내접하는 삼각형은 직각삼각형이 되므로, 반원 상에 존재하는 임의의 주파수에서 복소 임피던스의 실수성분과 허수성분은 다음의 식 11 내지 식 13과 같은 관계를 갖는다.

[0065] [식 11]

$$\sin \theta = \frac{Z_{im}}{\sqrt{(Z_{re} - Rt)^2 + Z_{im}^2}}$$

[0066]

[0067] [식 12]

$$\theta = \sin^{-1} \frac{Z_{im}}{\sqrt{(Z_{re} - Rt)^2 + Z_{im}^2}}$$

[0069] [식 13]

$$Rins = \frac{\sqrt{(Z_{re} - Rt)^2 + Z_{im}^2}}{\cos \theta}$$

[0071] 결론적으로, 도 4의 임피던스 궤적에서 볼 때 반원상 임의 주파수에서 구해지는 복소 임피던스의 실수성분(Z_{re})과 허수성분(Z_{im})을 측정하면 Rt 의 값을 알고 있으므로 절연저항 값($Rins$)를 상기 식들에 의하여 산출할 수 있다.

[0072] 본 발명의 일 실시형태에 따른 정현파 함수형 활선 절연저항 측정 장치의 동작 주파수 설정 방법은 도 4에 도시된 주파수에 따른 임피던스 궤적과 식 8 내지 식 10에 기술된 특성을 기초로 하여 도출될 수 있다.

[0073] 더욱 상세하게는, 도 4 및 식 8 내지 식 10의 특성을 참조하면, 함수 발생기(11)에서 출력되는 정현파 신호의

주파수를 $f = \frac{1}{2\pi(Rins)(Cins)}$ 로 설정하면 아이티(IT) 배전계통의 절연저항 및 분포기생 커패시턴스를 간단하게 구할 수 있음을 확인할 수 있다.

[0074] 도 7은 동작 주파수 설정 기능을 갖는 정현파 함수형 활선 절연저항 측정 장치의 동작 주파수 설정 방법 및 절연저항과 분포 커패시턴스를 구하기 위한 알고리즘의 개념을 설명하기 위한 도면이다. 도 7은 도 4에 도시된 임피던스 궤적을 검출저항(12)의 크기(Rt)만큼 좌측으로 평행이동하고 허수축을 반전시킨 형태를 도시한다.

[0075] 도 7에서, 함수 발생기(11)의 정현파 신호 주파수가 $f = \frac{1}{2\pi(Rins)(Cins)}$ 인 경우, 임피던스(Z)의 실수부와 검출저항의 저항값의 차($Z_{re} - Rt$)와 임피던스의 허수부(Z_{im})의 크기는 같아진다. 본 발명의 일 실시형태에서, 주파수 설정부(22)는, 임피던스(Z)의 실수부와 검출저항의 저항값의 차($Z_{re} - Rt$)와 허수부(Z_{im})의 크기가 동일해지도록 함수 발생기(11)의 정현파 신호의 주파수를 조정할 수 있다. 즉, 주파수 설정부(22)는 실수부와 검출저항의 저항값의 차($Z_{re} - Rt$)와 허수부(Z_{im})의 크기가 동일하여야 한다는 사전 설정된 조건을 만족하도록 함수 발생기(11)의 출력 정현파 신호의 주파수를 설정하며, 그 때의 정현파 주파수는

$f = \frac{1}{2\pi(Rins)(Cins)}$ 이 될 수 있다.

[0076] 절연저항 산출부(23)는, 주파수 설정부(22)에 의해 정현파 신호의 주파수가 $f = \frac{1}{2\pi(Rins)(Cins)}$ 로 설정된 경우, 배전계통의 절연저항($Rins$)과 분포기생 커패시턴스($Cins$) 각각은 도 6 및 설정 정현파 신호 주파수

($f = \frac{1}{2\pi(Rins)(Cins)}$)에 의해 다음의 식 14 및 식 15로 간단히 구할 수 있다.

[0077] [식 14]

$$Rins = 2 \times (Z_{re} - Rt) = 2 \times (-Z_{im})$$

[0078]

[0079] [식 15]

[0080]
$$Cins = \frac{1}{2\pi f(Rins)}$$

[0081] 전술한 본 발명의 일 실시형태에 따른 동작 주파수 설정 기능을 갖는 정현파 함수형 활성 절연저항 측정 장치의 동작 주파수 설정 방법 및 절연저항과 분포 커패시턴스를 구하기 위한 알고리즘은, 계통의 활성 절연저항(Rins)

$$f = \frac{1}{2\pi (Rins)(Cins)}$$

s)뿐만 아니라 분포기생 커패시턴스(Cins)를 함께 구할 수 있다는 장점이 있으나, 의 정현파 신호 주파수를 탐색하기 위하여 임피던스(Z)를 여러 번 반복 측정을 하여야 하고, 상대적으로 저주파수에서 측정하여야 하므로 측정하는 데 시간이 많이 소요될 수 있다.

[0082] 이하에서는, 계통의 절연저항(Rins)만을 구할 필요가 있는 응용에 적용될 수 있는, 더욱 신속한 측정과 정확성 유지가 가능한 기법을 설명한다.

[0083] 도 8은, 주파수에 따라 변동되는 임피던스(Z)의 각도(θ)에 따른 임피던스(Z)의 실수부(Z_{re})와 검출저항(12)의 저항값(Rt)의 차와 허수부(Z_{im})의 비율 개념을 보인다. 이 각도(θ)는, 복수 평면 상에서, 실수축의 양의 축과 원점-임피던스(Z)값을 지나는 직선이 형성하는 예각을 의미한다.

$$f = \frac{1}{2\pi (Rins)(Cins)}$$

[0084] 전술한 바와 같이, 함수 발생기(11)에서 출력되는 정현파 신호의 주파수가 측정의 정확성이 가장 높다. 그 이유는 이 점에서 임피던스(Z)의 실수부(Z_{re})와 검출저항(12)의 저항값(Rt)의 차와 허수부(Z_{im})의 크기가 같기 때문이다. 상기 식 12 및 식 13에서 임피던스(Z)의 실수부(Z_{re})와 검출저항(12)의 저항값(Rt)의 차와 허수부(Z_{im})의 크기가 차이가 많이 나게 되면 값이 작은 쪽의 측정오차가 상대적으로 커지고 이는 전체 측정값의 오차를 증대시키게 된다. 다시 말해, 측정점이 도 8의 임피던스 스펙트럼 궤적의 꼭대기 위치로부터 벗어날수록 임피던스(Z)의 실수부(Z_{re})와 검출저항(12)의 저항값(Rt)의 차와 허수부(Z_{im})의 크기가 차

이가 많이 나게 되고 측정오차는 증가하게 된다. 예를 들어, 도 8에서 각도(θ)의 값이 45°를 중심으로 +15° 증가한 60°인 경우와 -15° 감소한 30°인 경우에 있어서, 임피던스(Z)의 실수부(Z_{re})와 검출저항(12)의 저항값(Rt)의 차와 허수부(Z_{im})의 크기의 비율은 각각 1: tan(60°) 및 1: tan(30°)로서, 임피던스(Z)의 실수부(Z_{re})와 검출저항(12)의 저항값(Rt)의 차 또는 허수부(Z_{im})를 1로 하면 다른 쪽의 값이 모두 1.732배가 된다. 즉, 도 8에서 각도(θ)의 값이 60°인 경우와 30°인 경우에 있어서 전체 측정오차는 동일하다. 이는 도 8에서 함수

$$f = \frac{1}{2\pi (Rins)(Cins)}$$

발생기(11)에서 출력되는 정현파 신호의 주파수가 인 점을 중심으로 원의 좌우 영역에서 동일한 허수부의 값을 갖는 측정점에 대한 전체 측정오차는 동일하다는 것을 의미한다. 그러나 도 8에서

$f = \frac{1}{2\pi (Rins)(Cins)}$ 인 점을 중심으로 원의 우측 영역에서 함수 발생기의 정현파 신호의 주파수는 좌측 영역에 비하여 작아지므로 측정시간이 증가할 수 있다. 따라서, 측정점의 위치는 각도(θ)가 $45^\circ < \theta < 90^\circ$ 의 조건을 만족하는 위치로 선정되는 것이 바람직하다.

[0085] 도 9는 각도(θ)의 값에 따른 임피던스(Z)의 실수부(Z_{re})와 검출저항(12)의 저항값(Rt)의 차와 허수부(Z_{im})의 비율을 도시한 도면이다. 전술한 바와 같이, 측정시간을 단축하기 위하여 측정점의 위치는 $45^\circ < \theta < 90^\circ$ 에

서 선정하는 것이 좋다. 도 9에서 확인할 수 있는 바와 같이, $\theta > 75^\circ$ 인 경우 임피던스(Z)의 실수부(Z_{re})와 검출저항(12)의 저항값(R_t)의 차 및 허수부(Z_{im})의 비율이 대략 5배 이상으로 급증하므로 적절한 측정점의 위치는 $45^\circ < \theta < 75^\circ$ 로 선정하는 것이 더욱 바람직하다.

[0086] 이 경우, 임피던스(Z)의 실수부(Z_{re})와 검출저항(12)의 저항값(R_t)의 차 및 허수부(Z_{im})의 비율은 다음의 식 16 및 식 17에 의해 결정될 수 있다.

[0087] [식 16]

[0088] $\theta = 45^\circ$ 일 때,
$$\frac{Z_{im}}{Z_{re} - R_t} = \tan 45^\circ = 1$$

[0089] [식 17]

[0090] $\theta = 75^\circ$ 일 때,
$$\frac{Z_{im}}{Z_{re} - R_t} = \tan 75^\circ \approx 3.73$$

[0091] 즉, 주파수 설정부(22)는 함수 발생기(11)에서 출력되는 정현파 신호의 주파수를 조정하면서, 임피던스 산출부(21)에서 출력되는 임피던스(Z)의 실수부(Z_{re})와 검출저항(12)의 저항값(R_t)의 차 및 임피던스 산출부(21)에서 출력되는 임피던스(Z)의 허수부(Z_{im})의 비율이 1 내지 3.72 사이에 있게 되는 경우, 상기 식 12 및 식 13을 이용하여 활선의 절연저항 값을 산출할 수 있다.

[0092] 도 10은 측정점의 위치를 $60^\circ < \theta < 75^\circ$ 로 선정하는 경우의 측정 알고리즘 예로서 도시한 도면이다. 도 10을 참조하면, $\theta = 60^\circ$ 일 때와 $\theta = 70^\circ$ 일 때 임피던스(Z)의 실수부(Z_{re})와 검출저항(12)의 저항값(R_t)의 차 및 허수부(Z_{im})의 비율은 다음의 식 18 및 식 19과 같다.

[0093] [식 18]

[0094] $\theta = 60^\circ$ 일 때,
$$\frac{Z_{im}}{Z_{re} - R_t} = \tan 60^\circ \approx 1.73$$

[0095] [식 19]

[0096] $\theta = 70^\circ$ 일 때,
$$\frac{Z_{im}}{Z_{re} - R_t} = \tan 70^\circ \approx 2.75$$

[0097] 이와 같이, 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 주파수 설정부(22)는 함수 발생기(11)에서 출력되는 정현파 신호의 주파수를 조정하면서, 임피던스 산출부(21)에서 출력되는 임피던스(Z)의 실수부(Z_{re})와 검출저항(12)의 저항값(R_t)의 차 및 임피던스 산출부(21)에서 출력되는 임피던스(Z)의 허수부(Z_{im})의 비율이 1.73~2.75 사이에 있게 되는 경우, 상기 식 12 및 식 13을 이용하여 활선의 절연저항 값을 산출할 수 있다. 주파수 설정부(22)에서 설정되는 임피던스(Z)의 실수부(Z_{re})와 검출저항(12)의 저항값(R_t)의 차 및 임피던스 산출부(21)에서 출력되는 임피던스(Z)의 허수부(Z_{im})의 비율은 각도(θ)가 전술한 $45^\circ < \theta < 90^\circ$ 의 조건 또는 더욱 바람직하게 $45^\circ < \theta < 75^\circ$ 의 조건을 만족하는 범위에서 임의로 설정될 수 있으며, 절연저항 산출부(23)는 전술한 식 12 및 식 13을 이용하여 활선의 절연저항 값을 산출할 수 있다.

[0098] 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시 예에 관하여 설명하였으나 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 국한되지 않으며,

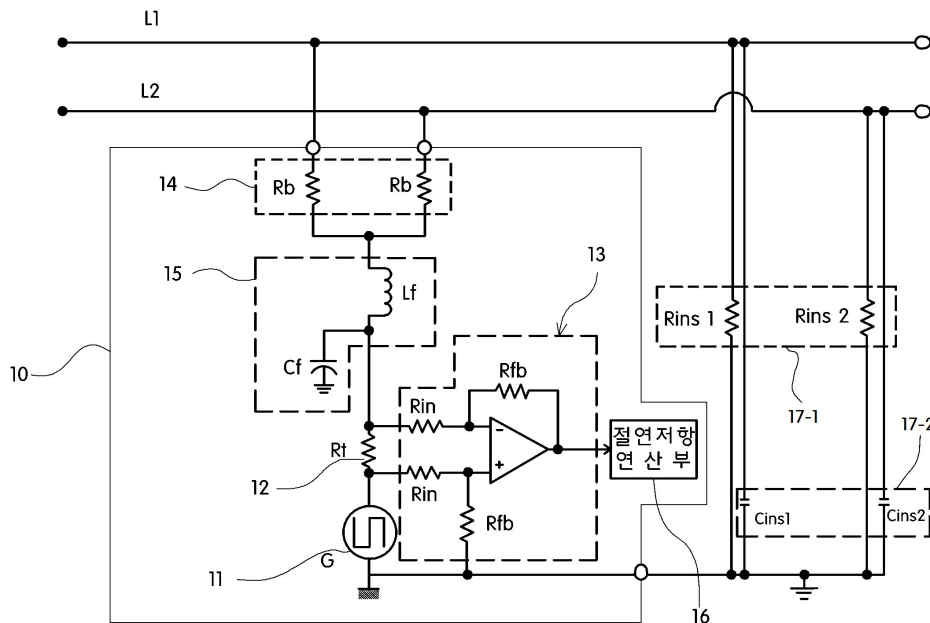
후술되는 특허청구의 범위 및 이 특허청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

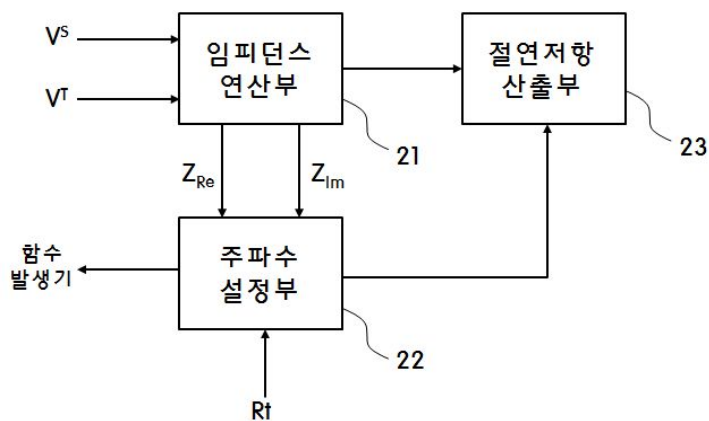
- [0099]
- 10: 환선 절연저항 측정 장치
 - 11: 함수 발생기
 - 12: 검출저항
 - 13: 오차증폭기
 - 14: 브릿지 저항
 - 15: 저역통과 필터
 - 16: 절연저항 연산부
 - 17-1: 절연저항
 - 17-2: 분포기생 커패시턴스
 - 21: 임피던스 연산부
 - 22: 주파수 설정부
 - 23: 절연저항 산출부
- L1, L2: 전력선

도면

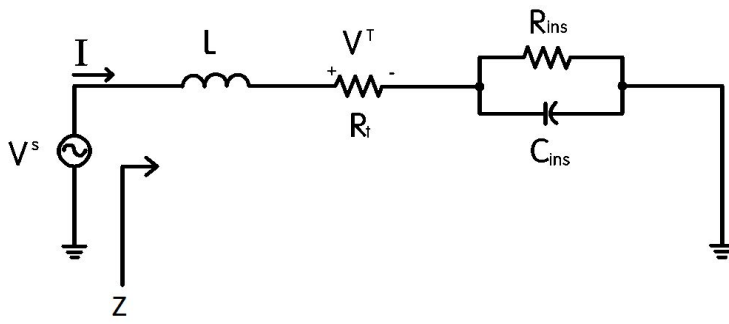
도면1



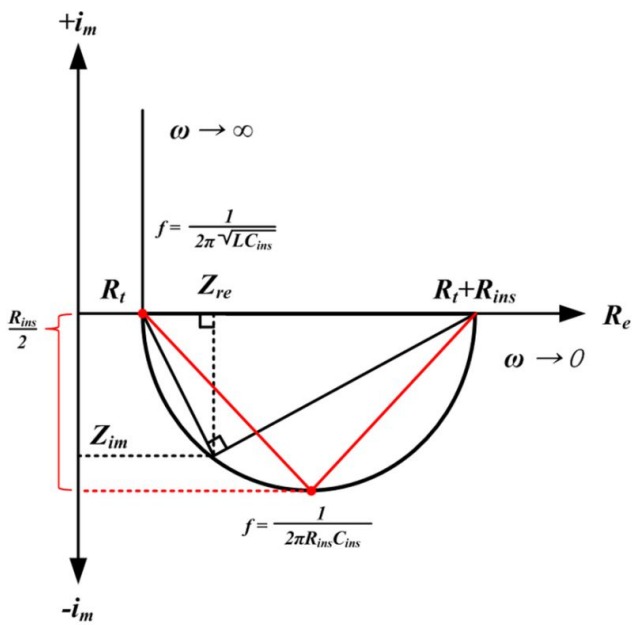
도면2



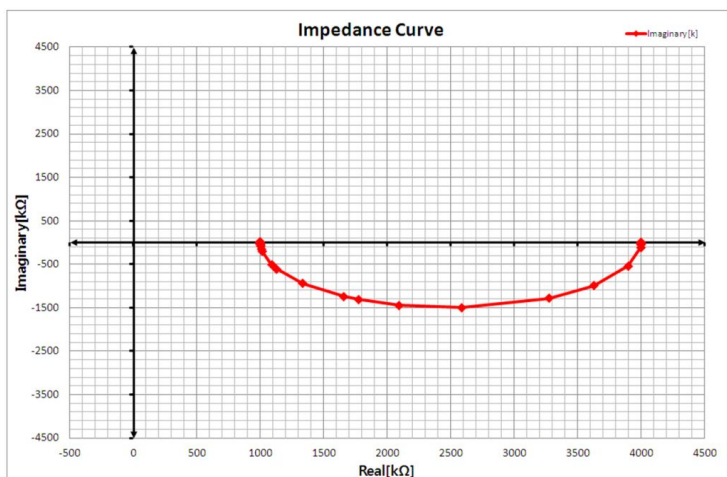
도면3



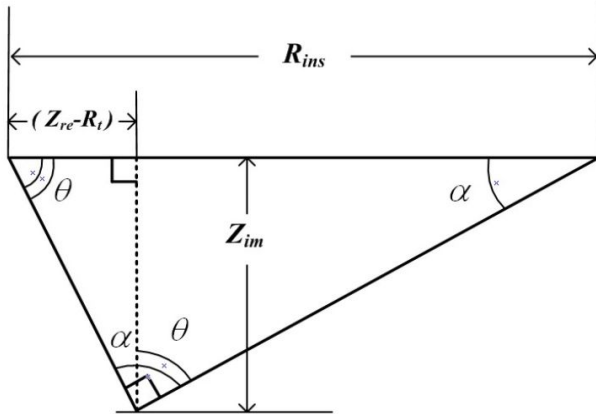
도면4



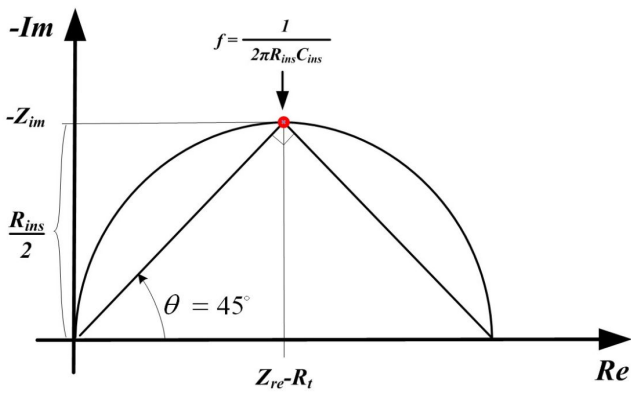
도면5



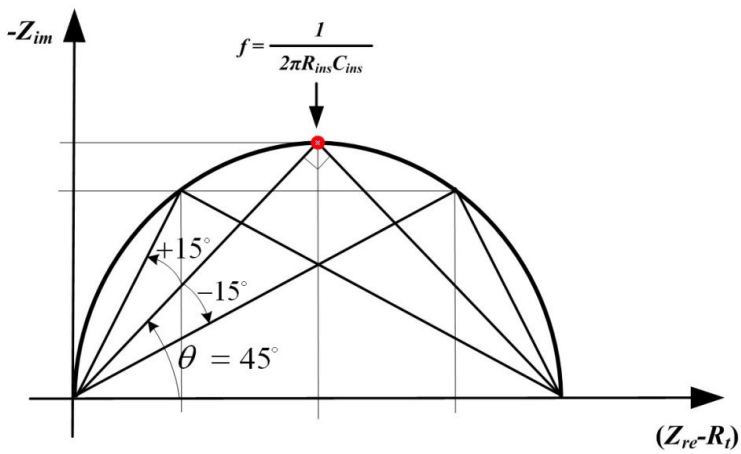
도면6



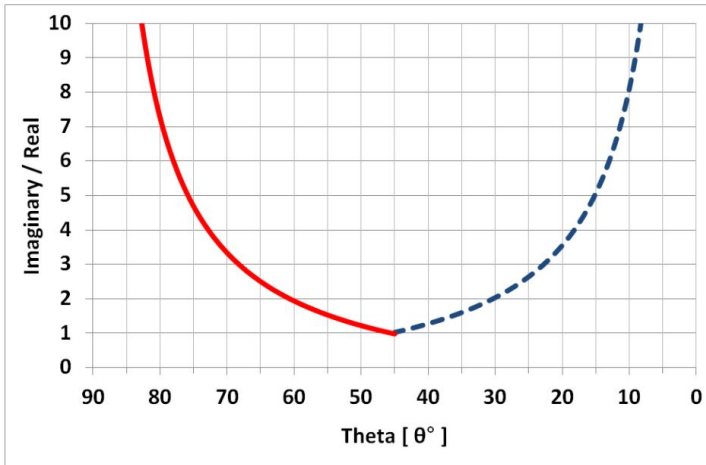
도면7



도면8



도면9



도면10

