

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 구비되는 임피던스 연산 장치에 있어서,

상기 함수 발생기에서 출력되는 정현파 신호의 전압과 상기 검출저항의 양단 전압 사이의 위상 차에 해당하는 위상각을 산출하는 위상차 산출부; 및

상기 위상차 산출부에서 산출된 위상각과, 상기 정현파 신호의 전압의 최대값 및 상기 검출저항의 양단 전압의 최대값을 이용하여, 상기 회로 루프에서 상기 함수 발생기에서 들여다 본 상기 회로 루프의 입력 임피던스를 산출하는 임피던스 연산부

를 포함하는 정현파 함수형 활선 절연저항 측정 장치에 구비되는 임피던스 연산 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 임피던스 연산부는,

$$\text{식 [} Z = \frac{V_{re}^S - jV_{im}^S}{I} = \frac{Rt(V_{re}^S - jV_{im}^S)}{V^T} = Rt \times \frac{V_{max}^S}{V_{Tmax}^S} \angle \theta = Rt \times \frac{V_{max}^S}{V_{Tmax}^S} (\cos\theta + j\sin\theta) \text{] (Z: 입력임피던스, } V_{re}^S \text{: 상기 함수 발생기에서 출력되는 정현파 신호의 전압의 실수부, } V_{im}^S \text{: 상기 함수 발생기에서 출력되는 정현파 신호의 전압의 허수부, } V^T \text{: 상기 검출저항의 양단 전압, Rt: 상기 검출저항의 저항값, } V_{max}^S \text{: 상기 함수 발생기에서 출력되는 정현파 신호의 전압의 최대값, } V_{Tmax}^S \text{: 상기 검출저항의 양단 전압의 최대값, } \theta \text{: 상기 위상각)에 의해 상기 입력 임피던스를 산출하는 것을 특징으로 하는 정현파 함수형 활선 절연저항 측정 장치에 구비되는 임피던스 연산 장치.}$$

청구항 3

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 함수 발생기에서 출력되는 정현파 신호의 전압과 상기 검출저항의 양단 전압 사이의 위상 차에 해당하는 위상각을 산출하는 위상차 산출부와, 상기 위상차 산출부에서 산출된 위상각과, 상기 정현파 신호의 전압의 최대값 및 상기 검출저항의 양단 전압의 최대값을 이용하여, 상기 회로 루프에서 상기 함수 발생기에서 들여다 본 상기 회로 루프의 입력 임피던스를 산출하는 임피던스 연산부를 포함하는 임피던스 연산 장치; 및

상기 임피던스 연산 장치에서 연산된 임피던스의 실수부와 허수부 및 상기 검출저항의 저항값을 이용하여 상기 절연저항을 산출하는 절연저항 산출부

를 포함하는 정현파 함수형 활선 절연저항 측정 장치.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 임피던스 연산부는,

$$\text{식 [} Z = \frac{V_{re}^S - jV_{im}^S}{I} = \frac{Rt(V_{re}^S - jV_{im}^S)}{V^T} = Rt \times \frac{V_{max}^S}{V_{Tmax}^S} \angle \theta = Rt \times \frac{V_{max}^S}{V_{Tmax}^S} (\cos\theta + j\sin\theta) \text{] (Z: 입력임피던스, } V_{re}^S \text{: 상기 함수 발생기에서 출력되는 정현파 신호의 전압의 실수부, } V_{im}^S \text{: 상기 함수 발생기에서 출력되는 정현파 신호의 전압의 허수부, } V^T \text{: 상기 검출저항의 양단 전압, Rt: 상기 검출저항의 저항값, } V_{max}^S \text{: 상기 함수 발생기에서 출력되는 정현파 신호의 전압의 최대값, } V_{Tmax}^S \text{: 상기 검출저항의 양단 전압의 최대값, } \theta \text{: 상기 위상각)에 의해 상기 입력 임피던스를 산출하는 것을 특징으로 하는 정현파 함수형 활선 절연저항 측정 장치에 구비되는 임피던스 연산 장치.}$$

압의 허수부, V^T : 상기 검출저항의 양단 전압, R_t : 상기 검출저항의 저항값, V_{max}^S : 상기 함수 발생기에서 출력되는 정현파 신호의 전압의 최대값, V_{max}^T : 상기 검출저항의 양단 전압의 최대값, θ : 상기 위상각)에 의해 상기 입력 임피던스를 산출하는 것을 특징으로 하는 정현파 함수형 활선 절연저항 측정 장치.

청구항 5

제3항 또는 제4항에 있어서, 상기 절연저항 산출부는,

$$R_{ins} = \frac{\sqrt{(Z_{re} - R_t)^2 + Z_{im}^2}}{\cos \theta}$$

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

Z_{im} : 상기 입력 임피던스의 허수부, R_t : 상기 검출저항의 저항값, 이용하여 절연저항을 산출하는 것을 특징으로 하는 정현파 함수형 활선 절연저항 측정 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 정현파 함수형 활선 절연저항 측정 장치에 사용되는 임피던스 연산 장치 및 이를 포함하는 정현파 함수형 활선 절연저항 측정 장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 이산 푸리에 변환에 따른 수백 내지 수천 회의 곱셈 연산을 생략함으로써 신속한 임피던스 계산이 가능한 임피던스 연산 장치 및 이를 포함하는 정현파 함수형 활선 절연저항 측정 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 아이티(IT: Insulation Terra) 접지는 전력선의 어느 쪽도 접지하지 않으며, 장비의 새시만을 접지하는 접지 방식이다. 이러한 접지를 사용하는 주 이유는 전력선의 어느 한쪽이 접지되는 사고를 당하더라도 계통의 운전을 정지시키지 않고 고장부위를 찾을 수 있는 시간적 여유가 있으므로, 계통의 연속적인 운전을 확보할 수 있다는 점이다. 그러나 이러한 접지의 장점을 얻기 위해서는 계통이 운전 중인 상태에서 전력선의 상태를 지속적으로 감시할 필요가 있다. 이러한 감시를 위하여 IEC(International Electro-technical Commission) 61557 규격에서는 능동(Active) 방식의 "활선 절연저항 측정 장치"를 설치하도록 하고 있다.

[0003] 종래의 전력선 절연상태 감시 기법으로는, 개폐기를 차단시켜 정전상태에서 절연저항계로 전력선과 대지접지간의 절연저항을 측정하는 절연저항계법과, 개폐기를 차단시키지 않은 활선 상태에서 변압기 저압 측의 중성점 또는 일단 접지된 2중 접지선에 흐르는 누설전류를 영상 변류기로 검출하여 누전 및 절연열화 여부를 파악하는 누설전류계법 등이 알려져 있다. 절연저항계법에 따르면, 전력선의 절연상태를 측정하기 위해 반드시 정전시켜야 하기 때문에 연속적으로 전기를 사용하는 장소에서는 전력공급을 중단해야 하는 문제점이 발생한다. 또한, 누설전류계법은 절연저항계법과 달리 정전시키지 않고 활선 상태에서 클램프 미터(누설전류계)나 누전경보기와 같이 2중 접지선에 흐르는 누설전류를 측정하여 절연상태를 감시하는 방법이다. 이 누설전류계법에 따라 측정되는 누설전류는, 전력선과 대지 간에 존재하는 절연저항에 의한 누설전류와, 선로가 긴 경우에 발생하는 정전용량 및 부하설비의 입력단에 삽입되어 있는 노이즈필터 등의 정전용량에 의한 누설전류의 벡터 합으로 검출되기 때문에, 절연저하(누전)가 발생하지 않고 절연저항이 매우 양호하여도 정전용량이 매우 크면 정전용량 성분에 의한 누설전류도 커지므로 절연상태가 불량한 누전 또는 미지락이 발생한 것으로 측정 검출되는 문제점이 있다.

[0004] 이러한 문제를 해결하기 위해, 활선 상태에서 절연상태에 기인하는 절연저항성분에 해당하는 누설전류를 측정하는 저주파 중첩방식이 제안되었다. 이 저주파 중첩방식에서는, 영상변류기로 2중 접지선에 흐르는 저주파 중첩장치에 중첩하는 저주파수와 같은 누설전류를 검출하고, 이 저주파 누설전류에서 정전용량 성분에 해당하는 무효성분 전류를 제거하고 절연저항에 해당하는 유효성분 전류를 검출하기 위해 저주파 중첩장치의 주파수와 동기화를 위한 별도의 동기신호 입력선로 저주파 중첩장치를 상호 연결시키거나, 저주파 중첩신호의 출력인 중첩변성기의 2차 측에 해당하는 2중 접지선의 a점에서의 저주파 전압신호를 절연감시 장치로 연결시켜야 한다. 선행기술문헌인 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] 전술한 종래기술의 문제점들을 해결하기 위해, 본 출원의 출원인은 2011년 11월 20일자로 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, 정현파 함수형 활성 절연저항 측정 기법에 적용되는 임피던스 계산 시, 이산 푸리에 변환에 따른 수백 내지 수천 회의 곱셈 연산을 생략함으로써 신속한 임피던스 계산이 가능한 임피던스 연산 장치를 제공하는 것을 해결하고자 하는 기술적 과제로 한다.

[0011] 또한, 본 발명은 상기 임피던스 연산 장치를 포함하는 정현파 함수형 활성 절연저항 측정 장치를 제공하는 것을 해결하고자 하는 다른 기술적 과제로 한다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기 기술적 과제를 해결하기 위한 수단으로서 본 발명은,

[0013] 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 구비되는 임피던스 연산 장치에 있어서,

[0014] 상기 함수 발생기에서 출력되는 정현파 신호의 전압과 상기 검출저항의 양단 전압 사이의 위상 차에 해당하는 위상각을 산출하는 위상차 산출부; 및

[0015] 상기 위상차 산출부에서 산출된 위상각과, 상기 정현파 신호의 전압의 최대값 및 상기 검출저항의 양단 전압의

최대값을 이용하여, 상기 회로 루프에서 상기 함수 발생기에서 들여다 본 상기 회로 루프의 입력 임피던스를 산출하는 임피던스 연산부

[0016] 를 포함하는 정현파 함수형 활선 절연저항 측정 장치에 구비되는 임피던스 연산 장치를 제공한다.

[0017] 본 발명의 일 실시형태에서, 상기 임피던스 연산부는, 식
$$Z = \frac{V_{re}^S - jV_{im}^S}{I} = \frac{Rt(V_{re}^S - jV_{im}^S)}{V^T} = Rt \times \frac{V_{max}^S}{V_{Tmax}^S} \angle \theta = Rt \times \frac{V_{max}^S}{V_{Tmax}^S} (\cos\theta + j\sin\theta)$$
](Z : 입력임피던스, V_{re}^S : 상기 함수 발생기에서 출력되는 정현파 신호의 전압의 실수부, V_{im}^S : 상기 함수 발생기에서 출력되는 정현파 신호의 전압의 허수부, V^T : 상기 검출저항의 양단 전압, Rt : 상기 검출저항의 저항값, V_{max}^S : 상기 함수 발생기에서 출력되는 정현파 신호의 전압의 최대값, V_{Tmax}^S : 상기 검출저항의 양단 전압의 최대값, θ : 상기 위상각)에 의해 상기 입력 임피던스를 산출할 수 있다.

[0018] 상기 다른 기술적 과제를 해결하기 위한 수단으로서 본 발명은,

[0019] 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,

[0020] 상기 함수 발생기에서 출력되는 정현파 신호의 전압과 상기 검출저항의 양단 전압 사이의 위상 차에 해당하는 위상각을 산출하는 위상차 산출부와, 상기 위상차 산출부에서 산출된 위상각과, 상기 정현파 신호의 전압의 최대값 및 상기 검출저항의 양단 전압의 최대값을 이용하여, 상기 회로 루프에서 상기 함수 발생기에서 들여다 본 상기 회로 루프의 입력 임피던스를 산출하는 임피던스 연산부를 포함하는 임피던스 연산 장치; 및

[0021] 상기 임피던스 연산 장치에서 연산된 임피던스의 실수부와 허수부 및 상기 검출저항의 저항값을 이용하여 상기 절연저항을 산출하는 절연저항 산출부

[0022] 를 포함하는 정현파 함수형 활선 절연저항 측정 장치를 제공한다.

[0023] 본 발명의 일 실시형태에서, 상기 임피던스 연산부는, 식
$$Z = \frac{V_{re}^S - jV_{im}^S}{I} = \frac{Rt(V_{re}^S - jV_{im}^S)}{V^T} = Rt \times \frac{V_{max}^S}{V_{Tmax}^S} \angle \theta = Rt \times \frac{V_{max}^S}{V_{Tmax}^S} (\cos\theta + j\sin\theta)$$
](Z : 입력임피던스, V_{re}^S : 상기 함수 발생기에서 출력되는 정현파 신호의 전압의 실수부, V_{im}^S : 상기 함수 발생기에서 출력되는 정현파 신호의 전압의 허수부, V^T : 상기 검출저항의 양단 전압, Rt : 상기 검출저항의 저항값, V_{max}^S : 상기 함수 발생기에서 출력되는 정현파 신호의 전압의 최대값, V_{Tmax}^S : 상기 검출저항의 양단 전압의 최대값, θ : 상기 위상각)에 의해 상기 입력 임피던스를 산출할 수 있다.

[0024] 본 발명의 일 실시형태에서, 상기 절연저항 산출부는, 식
$$Rins = \frac{\sqrt{(Z_{re} - Rt)^2 + Z_{im}^2}}{\cos \theta}$$
]($Rins$: 절연저항의 저항값, Z_{re} : 상기 입력 임피던스의 실수부, Z_{im} : 상기 입력 임피던스의 허수부, Rt : 상기 검출저항의 저항값,

$\theta = \sin^{-1} \frac{Z_{im}}{\sqrt{(Z_{re} - Rt)^2 + Z_{im}^2}}$)을 이용하여 절연저항을 산출할 수 있다.

발명의 효과

[0025] 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 형성

되는 접지-상기 함수 발생기-상기 검출저항-상기 절연저항-접지로 이루어지는 회로 루프 상에서, 함수 발생기에서 바라본 회로 루프의 입력 임피던스를, 복잡하고 수많은 회수의 연산이 필요한 이산 푸리에 변환법을 사용하지 않고서 간단히 산출할 수 있다. 이를 통해 입력 임피던스의 연산에 소요되는 시간을 현저하게 감소시킬 수 있으며, 나아가 신속한 절연저항의 저항값 측정을 가능하게 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 종래의 활성 절연저항 측정 장치의 회로도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시형태에 따른 임피던스 연산 장치 및 이를 포함하는 활성 절연저항 측정 장치의 블록 구성도이다.

도 3은 도 1에 도시된 활성 절연저항 측정 장치에 의해 형성되는 회로 루프의 단순 등가회로도이다.

도 4는 정현파형 활성 절연저항 측정 장치에서 측정되는 정현파 신호의 전압 및 검출저항의 양단 전압의 파형을 도시한 도면이다.

도 5는 정현파형 활성 절연저항 측정 장치에서 전압의 이산 푸리에 변환법을 통한 분석을 설명하는 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시형태에 따른 임피던스 연산 장치의 복소 전압 계산 기법을 설명하기 위한 도면이다.

도 7는 도 1에 도시된 활성 절연저항 측정 장치에 의한 주파수 임피던스에 따른 임피던스 궤적을 도시한 도면이다.

도 8는 도 1에 도시된 활성 절연저항 측정 장치에 의해 주파수 임피던스 궤적을 측정된 결과를 도시한 도면이다.

도 9는 도 1에 도시된 활성 절연저항 측정 장치의 절연저항 측정 알고리즘의 개념을 설명하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 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.

[0028] 도 2는 본 발명의 일 실시형태에 따른 임피던스 연산 장치 및 이를 포함하는 활성 절연저항 측정 장치의 블록 구성도이다. 도 2에 도시된 본 발명의 일 실시형태에 따른 임피던스 연산 장치는, 도 1에 도시된 절연저항 연산부(16) 내에 구비될 수 있다.

[0029] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시형태에 따른 임피던스 연산 장치(20)는, 위상차 산출부(21)와 임피던스 연산부(22)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0030] 위상차 산출부(21)는, 도 1에 도시된 것과 같은 절연저항 측정 장치에서 함수 발생기(11)에서 출력되는 정현파 신호의 전압(V^S)과 오차증폭기(13)에 의해 검출된 검출저항(12)의 양단 전압(V^T)을 제공받아, 정현파 신호의 전압(V^S)과 검출저항(12)의 양단 전압(V^T) 사이의 위상 차에 해당하는 위상각을 산출할 수 있다. 위상차 산출부(21)는 당 기술분야에 알려진 다양한 위상차 산출 기법을 이용하여 위상각을 산출할 수 있다.

[0031] 임피던스 연산부(22)는 위상차 산출부(21)에서 산출된 위상각과 함수 발생기(11)에서 출력되는 정현파 신호의 전압(V^S)의 최대값 및 오차증폭기(13)에 의해 검출된 검출저항(12)의 양단 전압(V^T)의 최대값을 이용하여, 도 1의 절연저항 측정 장치에서 형성된 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.

[0032] 한편, 본 발명의 일 실시형태에 따른 임피던스 연산 장치를 포함하는 절연저항 측정 장치는 전술한 위상차 산출부(21) 및 임피던스 연산부(22)로 이루어진 임피던스 연산 장치에서 출력되는 임피던스를 이용하여 절연저항의 저항값을 산출하는 절연저항 산출부(31)를 더 포함할 수 있다.

[0033] 이하, 전술한 구성을 갖는 임피던스 연산 장치 및 이를 포함하는 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.

[0034] 본 발명의 일 실시형태에 따른 임피던스 연산 장치(20)는 함수 발생기(11)에 의해 인가된 정현파 신호의 전압(V^S) 및 차동증폭기(13)에서 검출된 검출저항(12)의 양단 전압(V^T)에 대해 이산 푸리에 변환(Discrete Fourier Transformation: DFT)법을 적용하지 않고 임피던스를 연산할 수 있다. 즉, 본 발명의 일 실시형태에 따른 임피던스 연산 장치(20)는 함수 발생기(11)에서 출력되는 정현파 신호의 전압(V^S) 및 차동증폭기(13)에서 검출된 검출저항(12)의 양단 전압(V^T) 사이의 위상차에 해당하는 위상각과 정현파 신호의 전압(V^S)의 최대값 및 검출저항(12)의 양단 전압(V^T)의 최대값을 이용하여 도 3의 등가회로 내에서 함수 발생기(11)에서 바라본 등가회로의 입력 임피던스(Z)를 산출할 수 있다.

[0035] 환산 절연저항 측정 장치에서 사용되었던 종래의 임피던스 연산 기법은 정현파 신호의 전압(V^S) 및 검출저항(12)의 양단 전압(V^T)에 대해 이산 푸리에 변환법을 적용하여 임피던스(Z)를 연산하였다. 본 발명의 이해를 돕기 위해, 종래의 임피던스 연산 기법에 대해 간단히 설명하기로 한다.

[0036] 도 3은 접지-함수 발생기(11)-검출저항(12)-절연저항(Rins)-접지로 구현되는 회로 루프를 도시한 단순 등가회로도이다. 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.

[0037] 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.

[0038] [식 1]

[0039]
$$V^S = V_{re}^S + jV_{im}^S$$

[0040] [식 2]

[0041]
$$V^T = V_{re}^T + jV_{im}^T$$

[0042] 이 때, 전체 임피던스를 통하여 흐르는 전류(I)는 다음의 식 3과 같이 표현될 수 있다.

[0043] [식 3]

[0044]
$$I = \frac{V^T}{R_t} = \frac{V_{re}^T}{R_t} + j \frac{V_{im}^T}{R_t}$$

[0045] 상기 식 3에서 Rt는 검출저항(12)의 저항값이다.

[0046] 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.

[0047] [식 4]

$$Z = \frac{V}{I}$$

[0048]

[0049] [식 5]

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

[0050]

[0051] 특히, $V^T = V_{re}^T$ 로 실수성분만 있는 경우는, 전체 임피던스의 값은 다음의 식 6과 같이 간단하게 계산하여 구할 수 있다.

[0052] [식 6]

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

[0053]

[0054] 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.

[0055] 종래에는 상기 식 6에 따라 임피던스를 연산하기 위해, 함수 발생기(11)의 정현파 신호의 전압(V^S) 및 검출저항(12)의 양단 전압(V^T) 각각의 실수부와 허수부를 다음과 같이 연산하였다.

[0056] 도 4는 정현파형 활선 절연저항 측정 장치에서 함수 발생기(11)의 정현파 신호의 전압(V^S) 및 검출저항(12)의 양단 전압(V^T)의 파형을 도시한 도면이다. 또한, 도 5는 정현파형 활선 절연저항 측정 장치에서 전압의 이산 푸리에 변환법을 통한 분석을 설명하는 도면이다.

[0057] 도 4에서, 측정시간의 범위를 t_0 에서 t_4 까지로 하면 검출저항(12)의 양단 전압(V^T)은 실수 성분만 존재하며(즉, $V^T = V_{re}^T$), 전체 임피던스(Z)의 값은 전술한 식 6과 같이 간단하게 계산하여 구할 수 있다.

[0058] 함수 발생기(11)에서 출력되는 정현파 신호의 전압(V^S)과 검출저항(12)의 양단전압(V^T)의 실수값과 허수값을 구하기 위하여 하기 식 7 내지 식 10과 같이 푸리에 계수 공식을 사용한다.

[0059] [식 7]

$$V_{re}^T = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_4} V^T \sin(2\pi ft) dt$$

[0060]

[0061] [식 8]

$$V_{im}^T = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_4} V^T \cos(2\pi ft) dt = 0$$

[0062]

[0063] [식 9]

$$V_{re}^S = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t^4} V^S \sin(2\pi ft) dt = 0$$

[0064]

[0065] [식 10]

$$V_{im}^S = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t^4} V^S \cos(2\pi ft) dt = 0$$

[0066]

[0067] 그러나, 상기 식 7 내지 식 10은 실제 디지털 연산이 이루어지는 연산 장치(예를 들어, 마이크로 프로세서 등)을 사용하여 연산이 이루어질 수 없으므로, 도 5에 도시된 것과 같이, N 개의 샘플로 나누어 연산하는 이산 푸리에 변환이 적용되어야 한다. 다음의 식 11 내지 식 14는 N 개의 샘플로 나누어 연산하는 이산 푸리에 변환이 적용된 식을 나타낸다.

[0068] [식 11]

$$V_{re}^T \approx \frac{2}{T} \sum_{k=0}^N V^T \times \sin(2\pi f \times k \times \Delta t) \times \Delta t$$

[0069]

[0070] [식 12]

$$V_{im}^T \approx \frac{2}{T} \sum_{k=0}^N V^T \times \cos(2\pi f \times k \times \Delta t) \times \Delta t = 0$$

[0071]

[0072] [식 13]

$$V_{re}^S \approx \frac{2}{T} \sum_{k=0}^N V^S \times \sin(2\pi f \times k \times \Delta t) \times \Delta t$$

[0073]

[0074] [식 14]

$$V_{im}^S \approx \frac{2}{T} \sum_{k=0}^N V^S \times \cos(2\pi f \times k \times \Delta t) \times \Delta t$$

[0075]

[0076] 상기 식 11 내지 식 14에서, $\Delta t = \frac{T}{N}$ 이다.

[0077] 전술한 것과 같은, 종래의 임피던스 연산을 위한 이산 푸리에 변환법의 적용은, 계산의 정밀도를 높이기 위해 샘플 수(N)을 수백 내지 수천 개로 설정하여 연산이 이루어진다. 예를 들어, N을 1000으로 설정하는 경우, 임피던스 연산을 위한 프로세서가 정현파 신호의 전압(V^S)과 검출저항(12)의 양단전압(V^T)의 실수값과 허수값을 구하기 위해서 수천번의 곱셈연산이 이루어져야 한다. 이러한 수많은 회수의 연산에는 많은 시간이 소요되고 프로세서에도 부하를 증가시켜 절연저항 측정 결과를 도출하는데 심각한 시간 지연이 발생할 수 있다.

[0078] 이에 반해, 본 발명의 일 실시형태에 따른 임피던스 연산 장치는, 함수 발생기(11)의 정현파 신호의 전압(V^S)과 검출저항(12)의 양단전압(V^T)의 위상차 및 각각의 최대값을 이용하여 매우 간단하게 정현파 신호의 전압(V^S)과

검출저항(12)의 양단전압(V^T)의 실수부 및 허수부를 계산하고 이를 통해 임피던스를 산출할 수 있다.

[0079] 도 6은 본 발명의 일 실시형태에 따른 임피던스 연산 장치의 복소 전압 계산 기법을 설명하기 위한 도면이다.

[0080] 정현파 신호의 전압(V^S)과 검출저항(12)의 양단전압(V^T)은 모두 정현파의 형태를 갖는 신호로서, 도 6에 도시한 것과 같이 검출저항(12)의 양단전압(V^T)을 기준으로 하는 페이지도로 표현이 가능하다. 이 때, 페이지의 크기는 각 전압의 최대값이 되며, 위상각(θ)은 두 전압의 위상차가 된다. 따라서, 전체 임피던스(Z)는 다음의 식 15와 같이 간단히 복소값으로 계산될 수 있다. 다시 설명하면, 함수 발생기(11)의 정현파 신호의 전압(V^S)과 검출저항(12)의 양단전압(V^T)의 최대값(V_{\max}^S , V_{\max}^T) 및 양 전압의 위상차에 해당하는 위상각(θ)를 측정하면 전체 임피던스(Z)의 복소값을 식 15에 의하여 간단히 계산하여 구할 수 있다.

[0081] [식 15]

[0082]
$$Z = \frac{V_{re}^S - jV_{im}^S}{I} = \frac{Rt(V_{re}^S - jV_{im}^S)}{V^T} = Rt \times \frac{V_{\max}^S}{V_{\max}^T} \angle \theta = Rt \times \frac{V_{\max}^S}{V_{\max}^T} (\cos\theta + j\sin\theta)$$

[0083] 즉, 본 발명의 일 실시형태에 따른 임피던스 연산 장치는, 위상차 검출부(21)에서 함수 발생기(11)의 정현파 신호의 전압(V^S)과 검출저항(12)의 양단전압(V^T)이 갖는 위상차에 해당하는 위상각(θ)을 산출하고, 임피던스 연산부(22)에서, 위상차 검출부(21)에서 함수 발생기(11)의 정현파 신호의 전압(V^S)과 검출저항(12)의 양단전압(V^T) 각각의 최대값과 위상각(θ)을 이용하여 상기 식 15와 같은 연산을 통해 간단하게 임피던스를 산출할 수 있다.

[0084] 이에 더하여, 본 발명의 일 실시형태에 따른 임피던스 연산 장치를 포함하는 활성 절연저항 측정 장치는 절연저항 산출부(31)에 의해 절연저항의 저항값을 산출할 수 있다. 절연저항 산출부(31)의 절연저항 저항값 산출기법을 간단히 설명하면 다음과 같다.

[0085] 도 3에서 전체 임피던스(Z)는 다음의 식 16과 같이 계산될 수 있다.

[0086] [식 16]

[0087]
$$\begin{aligned} Z &= Rt + j2\pi fL + \frac{1}{j2\pi f(Cins)} = Rt + j2\pi fL + \frac{(Rins) - j(Rins)^2 \times 2\pi f(Cins)}{1 + ((Rins) \times 2\pi f(Cins))^2} \\ &= \frac{(Rins) + Rt((Rins) \times 2\pi f(Cins))^2}{1 + ((Rins) \times 2\pi f(Cins))^2} \\ &\quad + j \frac{2\pi fL + 2\pi fL((Rins) \times 2\pi f(Cins))^2 - (Rins)^2 \times 2\pi f(Cins)}{1 + ((Rins) \times 2\pi f(Cins))^2} \end{aligned}$$

[0088] 상기 식 16에서 f 는 함수 발생기(11)에서 출력되는 정현파 신호의 주파수이다.

[0089] 상기 식 16에 따르면, 임피던스 성분은 복소형태를 갖으며, 이를 복소평면에 나타내면 주파수에 따른 임피던스 궤적은 도 7와 같이 반원의 모양을 나타낸다. 임피던스 궤적의 주요한 특징은 다음의 식 17 내지 식 19과 같이 나타난다.

[0090] [식 17]

[0091]
$$f = \frac{1}{\pi\sqrt{L(Cins)}} \text{에서 } Z = Z_{re} = Rt$$

[0092] [식 18]

[0093]
$$f = \frac{1}{2\pi(R_{ins})(C_{ins})}$$
 에서 $Z = Z_{re} + jZ_{im} = (R_t + R_{ins}) + j\left(\frac{R_{ins}}{2}\right)$

[0094] [식 19]

[0095]
$$f=0$$
에서 $Z = Z_{re} = R_t + R_{ins}$

[0096] 도 8은 $R_t=1M\Omega$, $R_{ins}=3M\Omega$ 으로 가상적으로 주었을 경우, 주파수에 따른 임피던스 궤적 측정결과를 보인다. 실수축의 교점은 정확히 $R_t=1M\Omega$, $(R_{ins} + R_t)=4M\Omega$ 에서 발생하며, 반원의 반지름도 수식에서 예측한 것처럼 정확히 $(R_{ins} /2)=1.5M\Omega$ 의 값을 갖는 것을 알 수 있다.

[0097] 이러한 임피던스 궤적에서 볼 때, 도 9와 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 20 내지 식 22과 같은 관계를 갖는다.

[0098] [식 20]

[0099]
$$\sin \theta = \frac{Z_{im}}{\sqrt{(Z_{re} - R_t)^2 + Z_{im}^2}}$$

[0100] [식 21]

[0101]
$$\theta = \sin^{-1} \frac{Z_{im}}{\sqrt{(Z_{re} - R_t)^2 + Z_{im}^2}}$$

[0102] [식 22]

[0103]
$$R_{ins} = \frac{\sqrt{(Z_{re} - R_t)^2 + Z_{im}^2}}{\cos \theta}$$

[0104] 결론적으로, 도 7의 임피던스 궤적에서 볼 때 반원상 임의 주파수에서 구해지는 복소 임피던스의 실수성분(Z_{re})과 허수성분(Z_{im})을 측정하면 검출저항(12)의 저항값(R_t)의 값을 알고 있으므로 절연저항 값(R_{ins})를 상기 식들에 의하여 산출할 수 있다. 즉, 절연저항 산출부(31)는 임피던스 연산 장치(20)에서 연산된 임피던스(Z)의 실수부와 허수부 및 검출저항(12)의 저항값(R_t)을 제공받아, 상기 식 21 및 식 22를 이용하여 활성 절연저항을 측정할 수 있다.

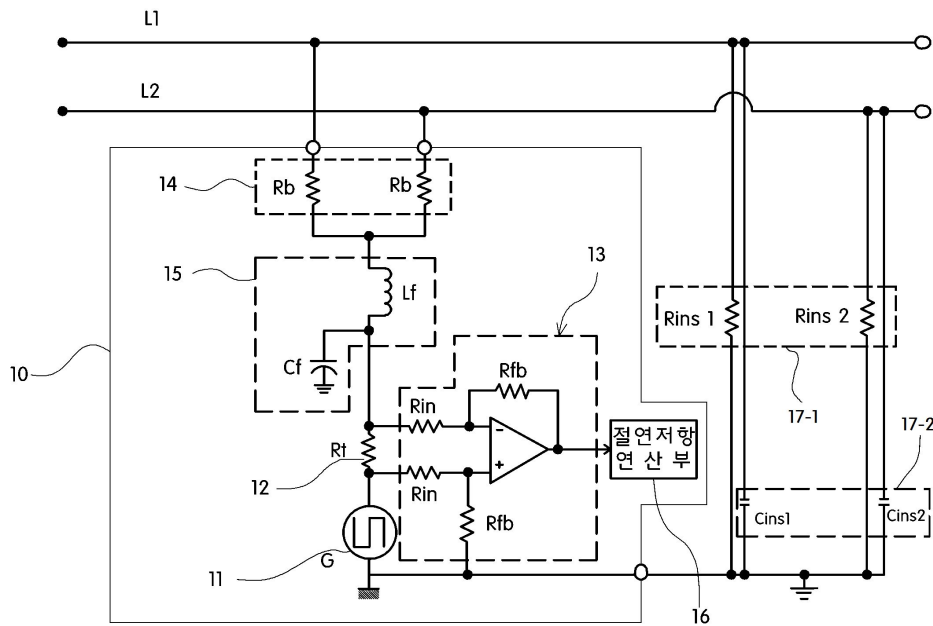
[0105] 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시 예에 관하여 설명하였으나 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 국한되지 않으며, 후술되는 특허청구의 범위 및 이 특허청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

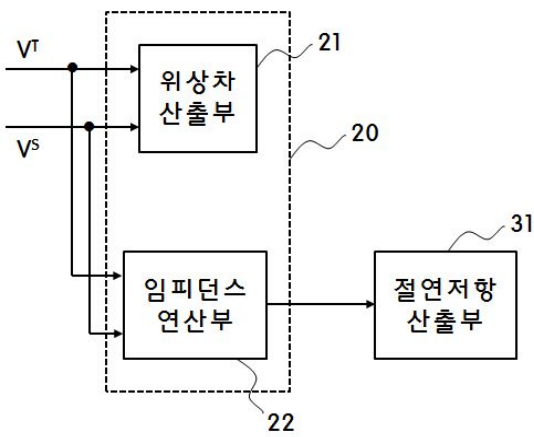
- [0106]
- | | |
|-------------------|----------------|
| 10: 활성 절연저항 측정 장치 | 11: 함수 발생기 |
| 12: 검출저항 | 13: 오차증폭기 |
| 14: 브릿지 저항 | 15: 지역통과 필터 |
| 16: 절연저항 연산부 | 17-1: 절연저항 |
| 17-2: 분포기생 커패시턴스 | 20: 임피던스 연산 장치 |
| 21: 위상차 산출부 | 22: 임피던스 연산부 |
| 31: 절연저항 산출부 | L1, L2: 전력선 |

도면

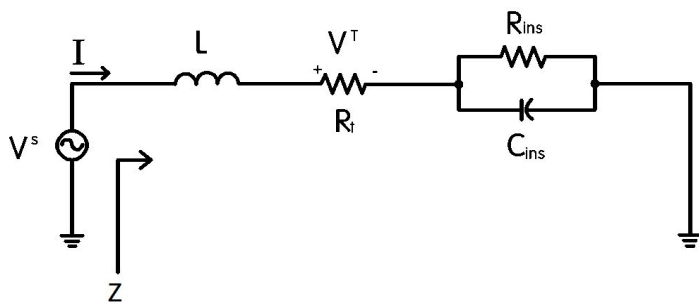
도면1



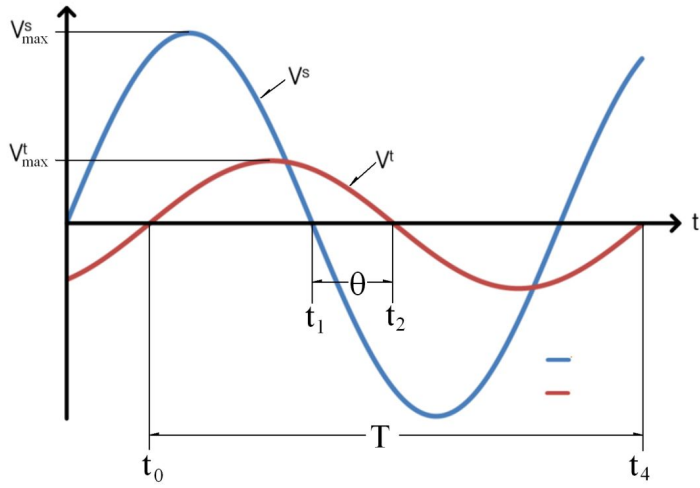
도면2



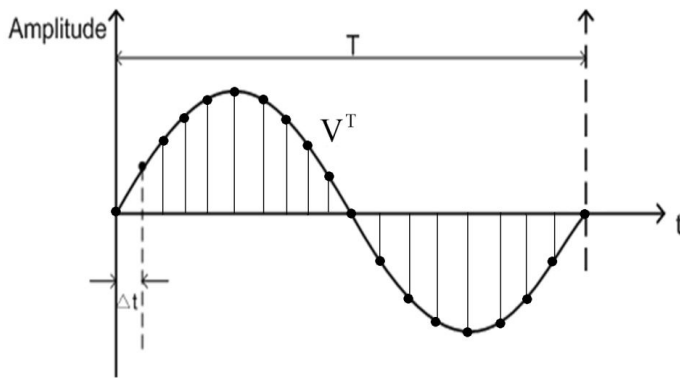
도면3



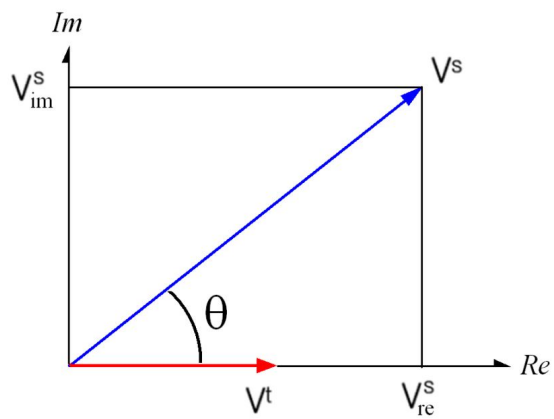
도면4



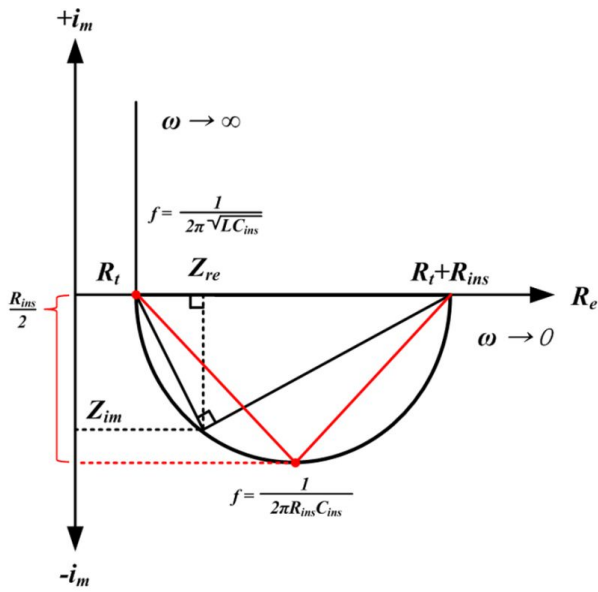
도면5



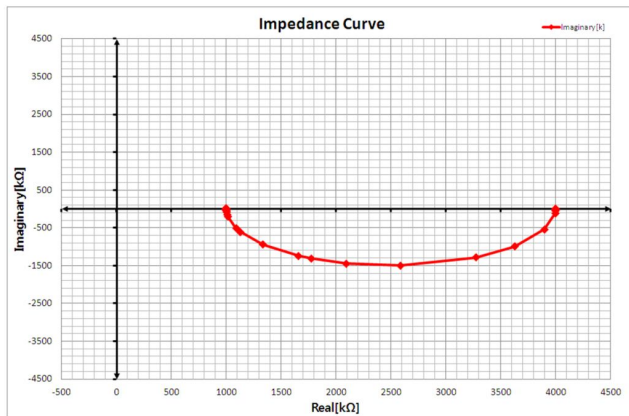
도면6



도면7



도면8



도면9

