



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0032962
(43) 공개일자 2018년04월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 31/12 (2006.01) *G01R 19/04* (2006.01)
G01R 19/10 (2006.01) *G01R 19/25* (2006.01)
 (52) CPC특허분류
G01R 31/12 (2013.01)
G01R 19/04 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2016-0122332
 (22) 출원일자 2016년09월23일
 심사청구일자 없음

(71) 출원인
한국전력공사
 전라남도 나주시 전력로 55(빛가람동)
 (72) 발명자
최문규
 세종특별자치시 만남로 92, 804동 2202호 (고운동, 가락마을8단지)
변인원
 광주광역시 서구 시청서편로4번길 3 (치평동)
임중환
 경기도 구리시 장자호수길 71, 301동 501호 (교문동, 신명아파트)
 (74) 대리인
한양특허법인

전체 청구항 수 : 총 16 항

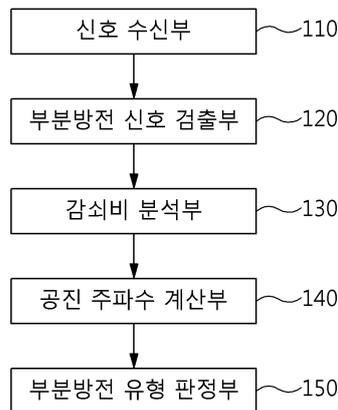
(54) 발명의 명칭 **부분방전 진단 장치 및 방법**

(57) 요약

본 발명은 부분방전 진단 장치 및 방법에 관한 것이다. 이를 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 부분방전 진단 장치는 전력설비의 초음파 신호를 수신하는 신호 수신부; 및 초음파 신호를 분석함으로써 잡음 신호와 부분방전 신호를 구분하되, 부분방전 신호가 검출되면 전력설비에 부분방전이 발생한 것으로 판단하는 부분방전 신호 검출부를 포함하고, 부분방전 신호 검출부는 초음파 신호의 상승 시간을 계산하고, 초음파 신호의 상승 시간이 부분방전 판단 시간 미만인 신호를 부분방전 신호로 구분하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1

100



(52) CPC특허분류

G01R 19/10 (2013.01)

G01R 19/2506 (2013.01)

G01R 19/2513 (2013.01)

G01R 23/02 (2013.01)

G01R 23/165 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

전력설비의 초음파 신호를 수신하는 신호 수신부; 및

상기 초음파 신호를 분석함으로써 잡음 신호와 부분방전 신호를 구분하되, 부분방전 신호가 검출되면 상기 전력 설비에 부분방전이 발생한 것으로 판단하는 부분방전 신호 검출부를 포함하고,

상기 부분방전 신호 검출부는 상기 초음파 신호의 상승 시간을 계산하고, 상기 초음파 신호의 상승 시간이 부분 방전 판단 시간 미만인 신호를 부분방전 신호로 구분하는 것을 특징으로 하는 부분방전 진단 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 부분방전 신호 검출부는 상기 상승 시간이 부분방전 판단 시간 이상인 신호를 잡음 신호로 구분하는 것을 특징으로 하는 부분방전 진단 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 부분방전 신호가 검출될 때, 상기 부분방전 신호에서 제 1 피크 전압과 제 2 피크 전압을 산출하고, 상기 제 1 피크 전압과 상기 제 2 피크 전압 간 감쇠비를 계산하는 감쇠비 분석부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 부분방전 진단 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 부분방전 신호에서 제 1 피크와 제 2 피크간 시간, 그리고 상기 제 1 피크 전압과 상기 제 2 피크 전압 간 감쇠비를 근거로 공진 주파수를 산출하는 공진 주파수 계산부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 부분방전 진단 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 공진 주파수 계산부는

(수학식)

$$f_0 = \frac{1}{t_d \sqrt{1 - \zeta^2}} \quad [Hz]$$

를 통해 상기 공진 주파수를 계산하는 것을 특징으로 하는 부분방전 진단 장치(여기서, t_d 는 상기 부분방전 신호에서 제 1 피크와 제 2 피크간 시간이고, ζ 는 상기 제 1 피크 전압과 상기 제 2 피크 전압 간 감쇠비임).

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 공진 주파수의 크기를 근거로 부분방전의 유형을 판정하는 부분방전 유형 판정부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 부분방전 진단 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 부분방전 유형 판정부는

상기 공진 주파수의 크기에 따라 코로나 결함, 절연체 결함, 파티클 결함, 플로팅 결함 및 외부 잡음 중 적어도 하나로 부분방전의 유형을 판정하는 것을 특징으로 하는 부분방전 진단 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 부분방전 신호 검출부는 0.3 GHz 내지 3GHz 대역의 신호를 검출하는필터 모듈을 포함하고,

상기 부분방전 신호 검출부는 0.3 GHz 내지 3GHz 대역의 초음파 신호를 분석함으로써 상기 잡음 신호와 상기 부분방전 신호를 구분하는 것을 특징으로 하는 부분방전 진단 장치.

청구항 9

신호 수신부에 의해, 전력설비의 초음파 신호를 수신하는 단계;

부분방전 신호 검출부에 의해, 상기 초음파 신호를 분석함으로써 잡음 신호와 부분방전 신호를 구분하는 단계; 및

부분방전 신호 검출부에 의해, 부분방전 신호가 검출되면 상기 전력설비에 부분방전이 발생한 것으로 판단하는 단계를 포함하고,

상기 잡음 신호와 부분방전 신호를 구분하는 단계는,

상기 초음파 신호의 상승 시간을 계산하는 단계; 및

상기 초음파 신호의 상승 시간이 부분방전 판단 시간 미만인 신호를 부분방전 신호로 구분하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 부분방전 진단 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 잡음 신호와 부분방전 신호를 구분하는 단계는,

상기 상승 시간이 부분방전 판단 시간 이상인 신호를 잡음 신호로 구분하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 부분방전 진단 방법.

청구항 11

제9항에 있어서,

감쇠비 분석부에 의해, 상기 부분방전 신호가 검출될 때, 상기 부분방전 신호에서 제 1 피크 전압과 제 2 피크 전압을 산출하는 단계; 및

상기 감쇠비 분석부에 의해, 상기 제 1 피크 전압과 상기 제 2 피크 전압 간 감쇠비를 계산하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 부분방전 진단 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

공진 주파수 계산부에 의해, 상기 부분방전 신호에서 제 1 피크와 제 2 피크간 시간, 그리고 상기 제 1 피크 전압과 상기 제 2 피크 전압 간 감쇠비를 근거로 공진 주파수를 산출하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 부분방전 진단 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 제 1 피크 전압과 상기 제 2 피크 전압 간 감쇠비를 근거로 공진 주파수를 산출하는 단계는
(수학식)

$$f_0 = \frac{1}{t_d \sqrt{1 - \zeta^2}} \quad [Hz]$$

를 통해 이루어지는 것을 특징으로 하는 부분방전 진단 방법(여기서, t_d 는 상기 부분방전 신호에서 제 1 피크와 제 2 피크간 시간이고, ζ 는 상기 제 1 피크 전압과 상기 제 2 피크 전압 간 감쇠비임).

청구항 14

제12항에 있어서,

부분방전 유형 판정부에 의해, 상기 공진 주파수의 크기를 근거로 부분방전의 유형을 판정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 부분방전 진단 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 공진 주파수의 크기를 근거로 부분방전의 유형을 판정하는 단계는,

상기 공진 주파수의 크기에 따라 코로나 결함, 절연체 결함, 파티클 결함, 플로팅 결함 및 외부 잡음 중 적어도 하나로 부분방전의 유형을 판정함으로써 이루어지는 것을 특징으로 하는 부분방전 진단 방법.

청구항 16

제9항에 있어서,

상기 부분방전 신호 검출부에 의해, 0.3 GHz 내지 3GHz 대역의 신호를 검출하는 단계를 더 포함하고,

상기 초음파 신호를 분석함으로써 잡음 신호와 부분방전 신호를 구분하는 단계는 0.3 GHz 내지 3GHz 대역의 초음파 신호를 분석함으로써 이루어지는 것을 특징으로 하는 부분방전 진단 방법.

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 부분방전 진단 장치 및 방법에 관한 것이고, 보다 상세하게 전력설비에서 발생하는 부분방전 검출 시 순수한 부분방전 신호만 검출하고, 이를 진단할 수 있는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] GIS 등과 같은 전력설비의 경우, 설비 이상 또는 장기 사용에 따른 노후화에 의해 부분방전 신호가 발생될 수 있다. 일반적으로, 이러한 부분방전 진단을 위해 종래에는 다음과 같은 방식들이 이용되고 있다.

[0003] 먼저, 종래 기술 중, 온라인, 휴대용 부분방전 진단시스템의 경우 전력설비에서 부분방전 신호를 취득하고, 취득한 부분방전 신호로부터 UHF 대역(0.3~3GHz)의 전자기파 펄스 피크 홀드값을 누적함으로써 부분방전을 진단하는 방식을 채택한다. 이러한 방식은 피크홀드 누적값을 분석하여 부분방전 신호 유형별 결함을 판정할 수 있다.

[0004] 또한, 종래기술 중 부분방전 신호 진단 시스템은 UHF 센서를 통해 전력설비에서 부분방전 신호를 취득하고, 시스템 내부에 내장된 뉴럴 네트워크를 이용함으로써 부분방전 유형을 판단하는 기술이다. 이러한 부분방전 신호 진단 시스템은 펄스형 외부잡음 피크 홀드값을 포함하는 상태로 결함판정 시행할 수 있다(부분방전 신호 < 잡음).

[0005] 다만, 이러한 종래의 부분방전 진단 기술은 절연체 부분방전신호를 파티클로 판정하거나 실제 부분방전이 발생

하였음에도 결함 판정 오류가 발생하는, 진단 정확도가 떨어지는 문제점이 존재하였다. 또한, 부분방전 발생위치 판정에 활용하는 신호가 GIS 내부에서 발생하는 부분방전 신호가 아닌 신호로 위치를 추적하는 경우가 발생할 수 있고, 이 때에는 부분방전의 정확한 진단이 어려운 문제점이 존재한다.

[0006] 또한, 부분방전 신호의 피크홀드 분석법을 통해 부분방전의 패턴을 인식할 경우, 부분방전 패턴에 대한 인식이 떨어지고, 이로 인해 결함 신호의 분석 효과도 미흡한 문제점이 존재한다.

[0007] 이에 따라, 전력설비에서 발생하는 부분방전 검출 시 순수한 부분방전 신호만 검출하고, 이를 판정할 수 있는 새로운 부분방전 진단 기법이 요구된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제2013-0011176호(명칭: 유입 변압기용 초고주파 부분방전 센서)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 전력설비에서 발생하는 부분방전 검출 시 순수한 부분방전 신호만 검출하고, 이를 진단할 수 있는 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기와 같은 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 부분방전 진단 장치는 전력설비의 초음파 신호를 수신하는 신호 수신부; 및 초음파 신호를 분석함으로써 잡음 신호와 부분방전 신호를 구분하되, 부분방전 신호가 검출되면 전력설비에 부분방전이 발생한 것으로 판단하는 부분방전 신호 검출부를 포함하고, 부분방전 신호 검출부는 초음파 신호의 상승 시간을 계산하고, 초음파 신호의 상승 시간이 부분방전 판단 시간 미만인 신호를 부분방전 신호로 구분하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 또한, 부분방전 신호 검출부는 상승 시간이 부분방전 판단 시간 이상인 신호를 잡음 신호로 구분할 수 있다.

[0012] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 부분방전 진단 장치는 부분방전 신호가 검출될 때, 부분방전 신호에서 제 1 피크 전압과 제 2 피크 전압을 산출하고, 제 1 피크 전압과 제 2 피크 전압 간 감쇠비를 계산하는 감쇠비 분석부를 더 포함할 수 있다.

[0013] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 부분방전 진단 장치는 제 1 피크 전압과 제 2 피크 전압 간 감쇠비를 근거로 공진 주파수를 산출하는 공진 주파수 계산부를 더 포함할 수 있다.

[0014] 또한, 공진 주파수 계산부는

[0015] (수학식)

$$f_0 = \frac{1}{t_d \sqrt{1 - \zeta^2}} \quad [Hz]$$

[0016] 를 통해 공진 주파수를 계산할 수 있다(여기서, t_d 는 상기 부분방전 신호에서 제 1 피크와 제 2 피크간 시간이고, ζ 는 상기 제 1 피크 전압과 상기 제 2 피크 전압 간 감쇠비임).

[0018] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 부분방전 진단 장치는 공진 주파수의 크기를 근거로 부분방전의 유형을 판정하는 부분방전 유형 판정부를 더 포함할 수 있다.

[0019] 또한, 부분방전 유형 판정부는 공진 주파수의 크기에 따라 코로나 결함, 절연체 결함, 파티클 결함, 플로팅 결함 및 외부 잡음 중 적어도 하나로 부분방전의 유형을 판정할 수 있다.

[0020] 또한, 부분방전 신호 검출부는 0.3 GHz 내지 3GHz 대역의 신호를 검출하는필터 모듈을 포함하고, 부분방전 신호 검출부는 0.3 GHz 내지 3GHz 대역의 초음파 신호를 분석함으로써 잡음 신호와 상기 부분방전 신호를 구분할 수 있다.

[0021] 상기와 같은 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 부분방전 진단 방법은 신호 수신부에 의해, 전력설비의 초음파 신호를 수신하는 단계; 부분방전 신호 검출부에 의해, 초음파 신호를 분석함으로써 잡음 신호와 부분방전 신호를 구분하는 단계; 및 부분방전 신호 검출부에 의해, 부분방전 신호가 검출되면 전력설비에 부분방전이 발생한 것으로 판단하는 단계를 포함하고, 잡음 신호와 부분방전 신호를 구분하는 단계는, 초음파 신호의 상승 시간을 계산하는 단계; 및 초음파 신호의 상승 시간이 부분방전 판단 시간 미만인 신호를 부분방전 신호로 구분하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0022] 또한, 잡음 신호와 부분방전 신호를 구분하는 단계는 상승 시간이 부분방전 판단 시간 이상인 신호를 잡음 신호로 구분하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0023] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 부분방전 진단 방법은 감쇠비 분석부에 의해, 부분방전 신호가 검출될 때, 부분방전 신호에서 제 1 피크 전압과 제 2 피크 전압을 산출하는 단계; 및 감쇠비 분석부에 의해, 제 1 피크 전압과 제 2 피크 전압 간 감쇠비를 계산하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0024] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 부분방전 진단 방법은 공진 주파수 계산부에 의해, 제 1 피크 전압과 제 2 피크 전압 간 감쇠비를 근거로 공진 주파수를 산출하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0025] 또한, 제 1 피크 전압과 상기 제 2 피크 전압 간 감쇠비를 근거로 공진 주파수를 산출하는 단계는

[0026] (수학식)

$$f_0 = \frac{1}{t_d \sqrt{1 - \zeta^2}} \quad [Hz]$$

[0027] 를 통해 이루어질 수 있다(여기서, t_d 는 상기 부분방전 신호에서 제 1 피크와 제 2 피크간 시간이고, ζ 는 상기 제 1 피크 전압과 상기 제 2 피크 전압 간 감쇠비임).

[0029] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 부분방전 진단 방법은 부분방전 유형 판정부에 의해, 공진 주파수의 크기를 근거로 부분방전의 유형을 판정하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0030] 또한, 공진 주파수의 크기를 근거로 부분방전의 유형을 판정하는 단계는 공진 주파수의 크기에 따라 코로나 결합, 절연체 결합, 파티클 결합, 플로팅 결합 및 외부 잡음 중 적어도 하나로 부분방전의 유형을 판정함으로써 이루어질 수 있다.

[0031] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 부분방전 진단 방법은 부분방전 신호 검출부에 의해, 0.3 GHz 내지 3GHz 대역의 신호를 검출하는 단계를 더 포함하고, 초음파 신호를 분석함으로써 잡음 신호와 부분방전 신호를 구분하는 단계는 0.3 GHz 내지 3GHz 대역의 초음파 신호를 분석함으로써 이루어질 수 있다.

발명의 효과

[0032] 본 발명의 부분방전 진단 장치 및 방법에 따르면 전력설비에서 발생하는 부분방전 검출 시 순수한 부분방전 신호만 검출함으로써, 부분방전 여부를 정확하게 진단할 수 있는 효과가 있다. 즉, 전력 설비 예를 들어, 154kV 이상 운전중인 전력기기에서 발생하는 부분방전 신호는 다양한 결합이 존재할 수 있는데, 본 발명의 일 실시예에 따른 부분방전 진단 장치 및 방법에을 통해 진단할 경우 이의 결합을 정확히 진단할 수 있는 효과가 있다.

[0033] 또한, 본 발명의 부분방전 진단 장치 및 방법에 따르면 정확한 결합의 판정 알고리즘을 적용함으로써, 검출된 부분방전 신호의 결합을 종류별로 판단할 수 있고 이에 따라 적절한 대책 수립이 가능한 장점이 있다.

[0034] 또한, 본 발명의 부분방전 진단 장치 및 방법에 따르면 스펙트럼의 주파수 영역별 신호를 추출하고 해당 주파수 영역별 주파수 특성을 분석함으로써 부분방전의 진단 결과를 보다 정확하게 검증할 수 있다.

[0035] 또한, 본 발명의 부분방전 진단 장치 및 방법에 따르면 부분방전을 분석하기 위한 다양한 구성의 동작이 기준 시각에 동기되어 수행되도록 함으로써 동일한 시각에 감지되는 신호를 바탕으로 정확하게 부분방전을 분석할 수

있다.

[0036] 또한, 본 발명의 부분방전 진단 장치 및 방법에 따르면 보다 정확하게 부분방전의 발생 여부를 진단하고 발생 위치를 검출함으로써, 전력기기의 결함에 따른 열화 및 고장을 미연에 방지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0037] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 부분방전 진단 장치에 대한 블록도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 부분방전 신호 검출부에 대한 블록도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 부분방전 신호 검출부를 통해 검출되는 초음파 신호의 상승 시간의 개념을 설명하기 위한 그래프이다
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 감쇠비 분석부에 대한 블록도이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 감쇠비 분석부를 통해 분석되는 제 1 피크 전압과 제 2 피크 전압을 설명하기 위한 그래프이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 감쇠비 분석부를 통해 검출되는 제 1 피크 전압과 제 2 피크 전압 간 감쇠비를 설명하기 위한 그래프이다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 부분방전 진단 방법에 대한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0038] 본 발명을 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하면 다음과 같다. 여기서, 반복되는 설명, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능, 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다. 본 발명의 실시형태는 당 업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 따라서, 도면에서의 요소들의 형상 및 크기 등은 보다 명확한 설명을 위해 과장될 수 있다.
- [0039] 이하, 본 발명의 실시예에 따른 부분방전 진단 장치(100)에 대하여 설명하도록 한다.
- [0040] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 부분방전 진단 장치(100)에 대한 블록도이다. UHF(ultra high frequency) 센서를 통해 측정된 각종 RF(Radio Frequency)신호를 주파수 방식으로 분석해보면 주파수별 대역 특성을 알 수 있다. 이러한 특성을 이용하면 부분방전 신호와 외부 잡음을 주파수별 시간차, 펄스의 상승시간을 분석하여 제거할 수 있다. 이에 따라, 본 발명의 일 실시예에 따른 부분방전 진단 장치(100)는 상술한 특성을 이용하여 초음파를 분석함으로써 부분방전을 진단하는 것을 특징으로 한다.
- [0041] 이를 위해, 본 발명의 일 실시예에 따른 부분방전 진단 장치(100)는 신호 수신부(110), 부분방전 신호 검출부(120), 감쇠비 분석부(130), 공진 주파수 계산부(140) 및 부분방전 유형 판정부(150)를 포함하여 구성될 수 있다. 여기서, 상술한 구성들은 본 발명의 이해를 돕기 위해 각각 기능별로 구분한 것이고, 실제로는 CPU, MPU 및 GPU와 같은 하나의 처리 장치를 통해 구현되는 것도 가능하다. 이제, 도 1을 참조로 본 발명의 일 실시예에 따른 부분방전 진단 장치(100)에 대한 설명이 이루어진다.
- [0042] 신호 수신부(110)는 전력설비의 초음파 신호를 수신하는 기능을 한다. 상술한 바와 같이, 부분방전이 존재할 때, 신호 수신부(110)를 통해 수신된 전력설비의 초음파 신호를 주파수 방식으로 분석하면, 부분방전에 대한 신호는 그 유형별로 각각 다른 대역(예를 들어, 0.3 내지 3 GHz) 내에 존재함을 알 수 있다. 이에 따라, 본 발명의 일 실시예에 따른 부분방전 진단 장치(100)는 신호 수신부(110)를 통해 전력설비의 초음파 신호를 수신하고, 아래에서 언급되는 구성들을 통해 상기 초음파 신호를 분석함으로써 부분방전을 진단할 수 있다.
- [0043] 부분방전 신호 검출부(120)는 신호 수신부(110)를 통해 수신한 초음파 신호를 분석함으로써 잡음 신호와 부분방전 신호를 구분하는 기능을 한다. 또한, 부분방전 신호 검출부(120)는 신호 분석을 통해 부분방전 신호가 검출되면, 해당 전력설비에 부분방전이 발생한 것으로 판단할 수 있다. 상기 기능을 수행하기 위해, 부분방전 신호 검출부(120)는 도 2에 도시된 바와 같이 필터 모듈(121), 상승 시간 계산 모듈(122) 및 신호 구분 모듈(123)을 포함하여 구성될 수 있다. 여기서, 부분방전 신호 검출부(120)에 포함된 각 구성은 본 발명의 이해를 돕기 위해 각 구성을 기능별로 구분한 것이고, 실제로는 하나의 처리 장치로 구현되는 것도 가능하다.
- [0044] 필터 모듈(121)은 0.3 GHz 내지 3GHz 대역의 신호를 검출하여 통과시키고, 그 외의 대역의 신호는 필터링하는 기능을 한다. 즉, 필터 모듈(121)은 0.3 GHz 내지 3GHz 대역의 초음파 신호는 이하에서 언급되는 분석 과정을

위해 통과시키되, 그 외의 신호는 제거하는 기능을 수행한다. 이는 위에서 설명한 바와 같이 부분방전 유형별로 0.3 GHz 내지 3GHz 대역에서 각각 상이한 신호가 발생하기 때문이고, 상술한 필터 모듈(121)을 통해 부분방전이 아닌 다른 원인에 의해 생성된 초음파 신호(예를 들어, 외부 잡음 등)는 차단되어, 부분방전에 대한 검출 정확도가 보다 높아질 수 있다.

[0045] 상승 시간 계산 모듈(122)은 필터 모듈(121)을 통해 필터링된 초음파 신호에 대해 신호의 상승 시간을 계산하는 기능을 한다. 여기서, 초음파 신호는 도 3에 도시된 것처럼, 시간 축에 따라 그 진폭이 상승 및 하강을 반복하는 형태를 가질 수 있다. 여기서, 상승 시간은 도 3에서 도면부호 t_r 로 표시되어 있고, 신호가 상승하는 부분에서 신호 진폭의 10% 부분으로부터 90% 부분까지의 시간을 나타낸다. 이러한 상승 시간은 아래에서 설명되는 바와 같이 초음파 신호를 잡음 신호와 부분방전 신호로 구분하는데 이용된다.

[0046] 신호 구분 모듈(123)은 상승 시간 계산 모듈(122)을 통해 계산된 초음파 신호의 상승 시간과 부분방전 판단 시간을 비교함으로써, 초음파 신호를 잡음 신호와 부분방전 신호를 구분하는 기능을 한다. 구체적으로, 신호 구분 모듈(123)은 초음파 신호의 상승 시간이 부분방전 판단 시간 이상인 경우 해당 신호 부분을 잡음 신호로 구분하고, 초음파 신호의 상승 시간이 부분방전 판단 시간 미만인 경우 해당 신호 부분을 부분방전 신호로 구분하는 기능을 한다. 이렇게 초음파 신호가 구분되면, 신호 구분 모듈(123)은 초음파 신호 중 잡음 신호를 제거하고, 부분방전 신호를 감쇠비 분석부(130)로 전달할 수 있다. 여기서, 부분방전 판단 시간은 예를 들어, 1ns로 설정될 수 있고 전력설비의 설치 환경에 따라 다양한 값으로 변경될 수 있다.

[0047] 또한, 신호 구분 모듈(123)은 상기 구분 과정을 통해 부분방전 신호가 검출되면, 전력설비에 부분방전이 발생하였다고 판단할 수 있고, 이를 관리자 또는 사용자에게 더 알릴 수 있다.

[0048] 감쇠비 분석부(130)는 부분방전 신호 검출부(120)를 통해 부분방전 신호가 검출될 때, 부분방전 신호에서 제 1 피크 전압과 제 2 피크 전압을 산출하고, 제 1 피크 전압과 상기 제 2 피크 전압 간 감쇠비를 계산하는 기능을 한다. 이를 위해, 감쇠비 분석부(130)는 도 4에 도시된 바와 같이, 제 1 피크 전압 산출 모듈(131), 제 2 피크 전압 산출 모듈(132) 및 감쇠비 계산 모듈(133)을 포함하여 구성될 수 있다. 앞서 설명한 바와 같이, 감쇠비 분석부(130)에 포함된 각 구성은 본 발명의 이해를 돕기 위해 각 구성을 기능별로 구분한 것이고, 실제로는 하나의 처리 장치로 구현되는 것도 가능하다.

[0049] 제 1 피크 전압 산출 모듈(131) 및 제 2 피크 전압 산출 모듈(132)은 각각 부분방전 신호에서 제 1 피크 전압과 제 2 피크 전압을 산출하는 기능을 한다. 위에서 설명한 것처럼, 부분방전 신호는 도 5에 도시된 바와 같이 시간 축에 따라 그 진폭이 상승 및 하강 패턴을 갖게 된다. 여기서, 제 1 피크 전압 산출 모듈(131)과 제 2 피크 전압 산출 모듈(132)은 각각 부분방전 신호 중 그 진폭이 높은 순으로 제 1 피크 전압과 제 2 피크 전압을 산출하는 기능을 한다. 여기서, 제 1 피크 전압 산출 모듈(131)과 제 2 피크 전압 산출 모듈(132)을 통해 이루어지는 제 1 피크 전압과 제 2 피크 전압을 산출하는 방법은 아래의 수학적 식 1 및 2와 같이 표현될 수 있다.

수학적 식 1

[0050]
$$V_{peak1} = \left[1 + e^{-\frac{\pi}{\sqrt{4Q^2-1}}} \right] \times 1$$

수학적 식 2

[0051]
$$V_{peak2} = \left[1 + e^{-\frac{2\pi}{\sqrt{4Q^2-1}}} \right] \times 1$$

[0052] 또한, 수학적 식 1 및 2에서 V_{peak1} 는 제 1 피크 전압을 나타내고, V_{peak2} 는 제 2 피크 전압을 나타내고, Q는 첨예도를 나타내며, Q는 아래의 수학적 식 3과 같이 표현될 수 있다.

수학식 3

$$Q = \frac{1}{\sqrt{\left[\frac{2\pi}{\delta}\right]^2 + 1}}, \delta = \ln(\alpha)$$

[0053]

[0054]

감쇠비 계산 모듈(133)은 상기 수학식 1 및 2를 통해 검출된 제 1 피크 전압과 제 2 피크 전압을 이용하여, 제 1 피크 전압과 제 2 피크 전압 간 감쇠비를 계산하는 기능을 한다. 여기서, 제 1 피크 전압과 제 2 피크 전압 간 감쇠비는 아래에서 설명되는 공진 주파수의 산출에 이용될 수 있으며, 공진 주파수는 그 크기에 따라 부분방전의 유형을 판단하는데 이용될 수 있다. 감쇠비 계산 모듈(133)을 통해 이루어지는 제 1 피크 전압과 제 2 피크 전압 간 감쇠비는 아래의 수학식 4 및 수학식 5를 통해 산출될 수 있다.

수학식 4

$$\alpha = \frac{V_{peak1} - A}{V_{peak2} - A}$$

[0055]

[0056]

수학식 4는 감쇠비 계산 모듈(133)을 통해 제 1 피크 전압(V_{peak1})과 제 2 피크 전압(V_{peak2})간 감쇠 비율(α)을 산출하는 방법을 나타낸다. 수학식 4에서 V_{peak1} 는 제 1 피크 전압을 나타내고, V_{peak2} 는 제 2 피크 전압을 나타내며, A는 도 5에 도시된 것처럼 신호의 제로 크로싱 지점을 기준으로, 제 1 피크 전압(V_{peak1})과 제 2 피크 전압(V_{peak2})의 절대 크기 비교값을 나타낸다. 또한, A는 수학식 3에 적용되는 요소로 수학식 5의 ζ 값으로 활용하여 감쇠율 산출용 그래프에 적용하여 보다 정확한 감쇠비율값을 산출할 수 있다.

[0057]

감쇠비 계산 모듈(133)은 상술한 수학식 4를 통해 산출된 감쇠 비율(α)을 이용하여, 아래의 수학식 5로 도시된 바와 같이, 제 1 피크 전압과 제 2 피크 전압간 최종 감쇠비(이하, 감쇠비, ζ)를 산출할 수 있다.

수학식 5

$$\zeta = \frac{1}{\sqrt{\left[\frac{2\pi}{\delta}\right]^2 + 1}}$$

[0058]

[0059]

수학식 5에서 ζ 는 제 1 피크 전압과 제 2 피크 전압간 감쇠비를 나타낸다.

[0060]

여기서, 부분방전 신호의 경우 그 유형에 따라 제 1 피크 전압과 제 2 피크 전압간 감쇠비(ζ)가 도출될 수 있다. 이에 따라, 수학식 5를 통해 도출된 제 1 피크 전압과 제 2 피크 전압간 감쇠비(ζ)를 이용하여 영역을 분석하면, 정확한 부분방전의 유형 판정이 가능해진다. 다만 보다 정확한 유형 판정을 위해서는 아래의 공진 주파수 계산부(140)를 통해 공진 주파수를 도출하고, 공진 주파수를 이용하여 부분방전 유형을 판정하는 것이 바람직하다.

[0061]

공진 주파수 계산부(140)는 감쇠비 분석부(130)를 통해 계산된 제 1 피크 전압과 제 2 피크 전압 간 감쇠비를 근거로 공진 주파수를 산출하는 기능을 한다. 또한, 공진 주파수 계산부(140)는 공진 주파수를 계산할 때, 상술

한 2개의 피크 전압 간 시간차를 고려함으로써 부분방전 검출에 발생할 수 있는 오차를 최소화시킬 수 있다. 여기서, 공진 주파수 계산부(140)는 아래의 수학적 식 6을 통해 공진 주파수를 산출할 수 있다.

수학적 식 6

$$f_0 = \frac{1}{t_d \sqrt{1 - \zeta^2}} \quad [Hz]$$

[0062]

[0063]

수학적 식 6에서, t_d 는 상기 부분방전 신호에서 제 1 피크와 제 2 피크간 시간을 나타내고, ζ 는 제 1 피크 전압과 상기 제 2 피크 전압 간 감쇠비를 나타낸다. 여기서, 제 1 피크와 제 2 피크간 시간(t_d)은 도 6에 도시된 바와 같이, 부분방전 신호에서 진폭이 가장 높은 2개의 피크 전압간 시간을 나타낸다.

[0064]

부분방전 유형 판정부(150)는 공진 주파수 계산부(140)를 통해 계산된 공진 주파수를 이용하여 부분방전의 유형을 판정하는 기능을 한다. 구체적으로, 부분방전 유형 판정부(150)는 공진 주파수 계산부(140)를 통해 계산된 공진 주파수의 크기에 따라 부분방전의 유형을 검출할 수 있다. 예를 들어, GIS와 같은 변전설비의 경우 코로나 결함, 절연체 결함, 파티클 결함 및 플로팅 결함 등이 존재할 수 있는데, 각 결함의 종류에 따라 공진 주파수의 크기는 각각 상이하다.

[0065]

이에 따라 부분방전 유형 판정부(150)는 이러한 공진 주파수의 크기를 근거로 부분방전 유형을 분류할 수 있다. 예를 들어, 부분방전 유형 판정부(150)는 공진 주파수의 크기가 약 0.5GHz인 경우 이를 코로나 결함으로 구분할 수 있고, 공진 주파수의 크기가 약 1GHz인 경우 이를 절연체 결함으로 구분할 수 있다. 여기서, 결함 판정에 이용된 주파수의 크기는 단지 예시일 뿐이고 전력 설비의 종류 또는 설치 환경에 따라 그 공진 주파수의 크기는 달라질 수 있으므로, 여기서 공진 주파수는 특정 값으로 제한하지 않는다.

[0066]

또한, 부분방전 유형 판정부(150)는 상기 공진 주파수의 크기에 따라 상기 부분방전 신호가 결함이 아닌 외부 잡음에 의해 생성되었는지의 여부를 더 판단할 수 있다. 이에 따라, 본 발명의 일 실시예에 따른 부분방전 진단 장치(100)는 결함 발생 여부를 더 정확히 판단할 수 있고, 부분방전 발생 시, 이의 원인을 각각 구분하여 진단하는 것도 가능하다.

[0067]

이처럼, 본 발명의 일 실시예에 따른 부분방전 진단 장치(100)에 따르면, 잡음 제거, 시간차 오차 그리고 주파수 분석을 이용한 해석 기법으로서, 종래의 부분방전 기법에서 발생한 진단 오차의 발생을 없애거나 또는 최소화시킬 수 있는 장점이 있다.

[0068]

또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 부분방전 진단 장치(100)는 앞서 언급한 것처럼 부분방전 여부를 정확하게 진단할 수 있으므로, 다양한 분야에 응용되어 활용될 수 있다. 예를 들어, 부분방전 발생 시 부분방전의 발생 위치를 검출하는 방법의 경우 종래에는 부분방전의 검출 정확도가 떨어지는 점에 기인하여 정확한 위치 산출을 하지 못하거나, 또는 부분방전이 발생하지 않은 상황에서 특정 위치에 부분방전이 발생하였다고 관리자에게 알리는 문제점이 존재하였다. 반면, 본 발명의 부분방전 진단 장치(100)를 활용할 경우, 부분방전의 발생 여부를 정확히 진단할 수 있고, 그 신호도 잡음이 제거되고 시간차 오차 등이 고려된 신호이므로 부분방전 위치를 보다 정확히 탐색하는데 활용될 수 있다.

[0069]

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 부분방전 진단 방법에 대한 흐름도이다. 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 부분방전 진단 방법은 UHF 센서를 통해 측정된 무선 신호 즉, 초음파 신호에 대해 주파수별 시간차, 신호의 상승 시간을 이용하여 잡음 신호를 제거함으로써 순수한 부분방전 신호를 추출하고, 추출한 부분방전 신호를 근거로 부분방전 여부를 진단할 뿐만 아니라 유형을 판단하는 것을 특징으로 한다. 이제, 도 7을 참조로, 본 발명의 일 실시예에 따른 부분방전 진단 방법에 대한 설명이 이루어진다. 아래에서는 위에서 언급된 부분과 중복되는 사항은 생략하여 그 설명이 이루어진다.

[0070]

S110 단계는 신호 수신부에 의해, 전력설비의 초음파 신호를 수신하는 단계이다. 상술한 바와 같이, 부분방전이 존재할 때, S110 단계를 통해 수신된 전력설비의 초음파 신호를 주파수 방식으로 분석하면, 부분방전에 대한 신호는 유형별로 각각 다른 대역(예를 들어, 0.3 내지 3 GHz) 내에 존재한다. 이에 따라, S110 단계를 통해 먼저

초음파 신호를 수신하고, 아래에서 설명되는 분석 방법을 통해 부분방전 진단이 이루어질 수 있다.

- [0071] S120 단계는 부분방전 신호 검출부에 의해, 초음파 신호를 분석함으로써 잡음 신호와 부분방전 신호를 구분하는 단계이다. 구체적으로, S120 단계는 초음파 신호의 상승 부분 즉, 신호 진폭의 10% 부분에서 90% 부분까지의 신호에 대한 시간(즉, 상승 시간)을 계산하고, 상기 초음파 신호의 상승 시간과 부분방전 판단 시간을 비교함으로써 잡음 신호와 부분방전 신호를 구분하는 단계이다. 여기서, S120 단계는 초음파 신호의 상승 시간이 부분방전 판단 시간 이상인 경우 해당 신호를 잡음 신호로 판단할 수 있고, 초음파 신호의 상승 시간이 부분방전 판단 시간 미만인 경우 해당 신호를 부분방전 신호로 판단할 수 있다.
- [0072] 또한, 상술한 것처럼 부분방전이 발생하게 되면, 해당 부분방전 신호는 0.3 GHz 내지 3GHz 대역 내에 존재하게 된다. 이에 따라, S120 단계는 필터링을 통해 0.3 GHz 내지 3GHz 대역 내의 초음파 신호를 추출하는 단계를 포함할 수 있다. 이에 따라, S120 단계를 통해 이루어지는 초음파 신호의 분석 과정은 0.3 GHz 내지 3GHz 대역 내의 초음파 신호에 대해 이루어질 수 있다.
- [0073] S130 단계는 부분방전 신호 검출부에 의해, S120 단계를 통해 부분방전 신호가 검출되었는지 판단하는 단계이다. S130 단계를 통한 판단 결과, 부분방전 신호가 검출된 것으로 판단되면 제어는 S140 단계로 전달되어 부분방전이 발생한 것으로 판단하고, 이를 관리자 또는 사용자에게 알리는 단계가 수행된다. 그렇지 않은 경우, 제어는 S110 단계로 전달되어 상술한 단계들을 재수행한다.
- [0074] S150 단계는 감쇠비 분석부에 의해, 부분방전 신호가 검출될 때, 부분방전 신호에서 제 1 피크 전압과 제 2 피크 전압을 산출하는 단계이고, S160 단계는 감쇠비 분석부에 의해, 제 1 피크 전압과 제 2 피크 전압 간 감쇠비를 계산하는 단계이다. 구체적으로, S150 단계 및 S160 단계는 S120 단계를 통해 구분된 부분방전 신호를 수신하고, 수신된 부분방전 신호를 근거로 제 1 피크 전압과 제 2 피크 전압을 산출하며, 산출한 제 1 피크 전압과 제 2 피크 전압 간 감쇠비를 계산하는 단계이다. 여기서, 제 1 피크 전압과 제 2 피크 전압을 산출하는 방법은 위에서 수학식 1 내지 3을 참조로 설명되었고, 제 1 피크 전압과 제 2 피크 전압의 감쇠비를 계산하는 방법은 위에서 수학식 4 및 5를 참조로 설명되었으므로, 중복되는 설명은 생략한다.
- [0075] S170 단계는 S160 단계를 통해 계산된 제 1 피크 전압과 제 2 피크 전압 간 감쇠비를 근거로 공진 주파수를 산출하는 단계이다. 여기서, S170 단계는 2개의 피크 시간들간 시간 차에 의한 시간 오차가 발생하지 않도록, 상기 부분방전 신호에서 제 1 피크와 제 2 피크간 시간과, S160 단계를 통해 계산된 제 1 피크 전압과 제 2 피크 전압 간 감쇠비를 고려함으로써 이루어질 수 있다. 여기서, S170 단계를 통해 이루어지는 공진 주파수를 계산하는 방법은 위에서 수학식 6 및 수학식 7을 참조로 상세히 이루어졌으므로, 이에 대한 추가적인 설명은 생략된다.
- [0076] S180 단계는 S170 단계를 통해 계산된 공진 주파수의 크기를 근거로 부분방전 유형을 판단하는 단계이다. 즉, S180 단계는 S170 단계를 통해 계산된 공진 주파수의 크기에 따라, 코로나 결함, 절연체 결함, 파티클 결함, 플로팅 결함 및 외부 잡음 중 적어도 하나로 부분방전의 유형을 판정할 수 있다.
- [0077] 이상에서와 같이 도면과 명세서에서 최적의 실시예가 개시되었다. 여기서 특정한 용어들이 사용되었으나, 이는 단지 본 발명을 설명하기 위한 목적에서 사용된 것이지 의미 한정이나 특허청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다. 그러므로, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

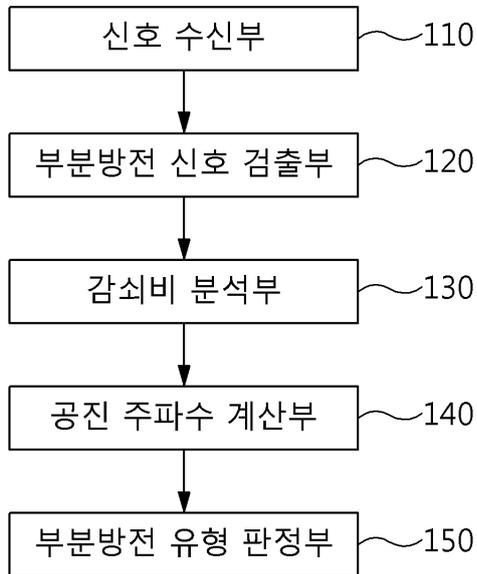
부호의 설명

- [0078] 100 : 부분방전 진단 장치 110 : 신호 수신부
- 120 : 부분방전 신호 검출부 130 : 감쇠비 분석부
- 140 : 공진 주파수 계산부 150 : 부분방전 유형 판정부

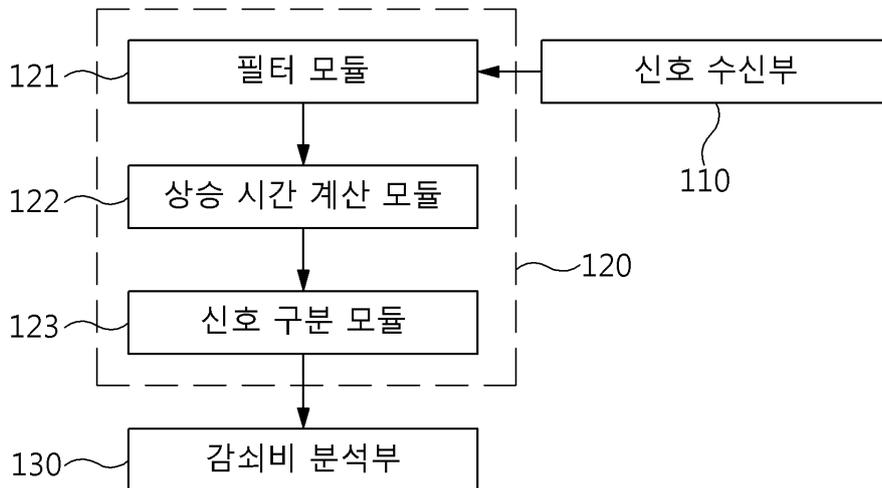
도면

도면1

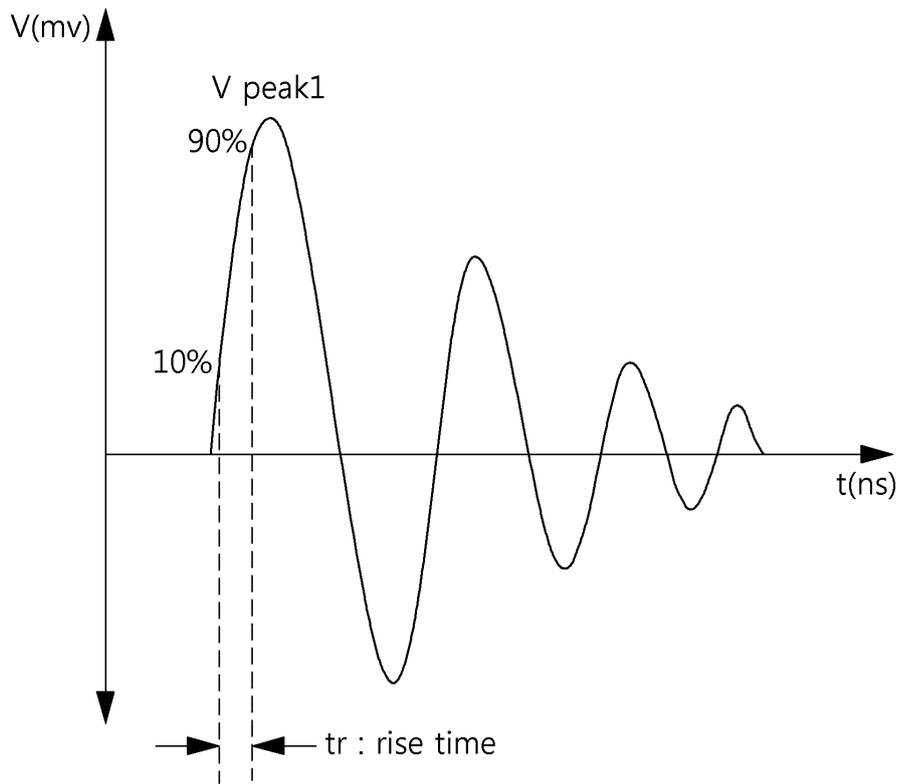
100



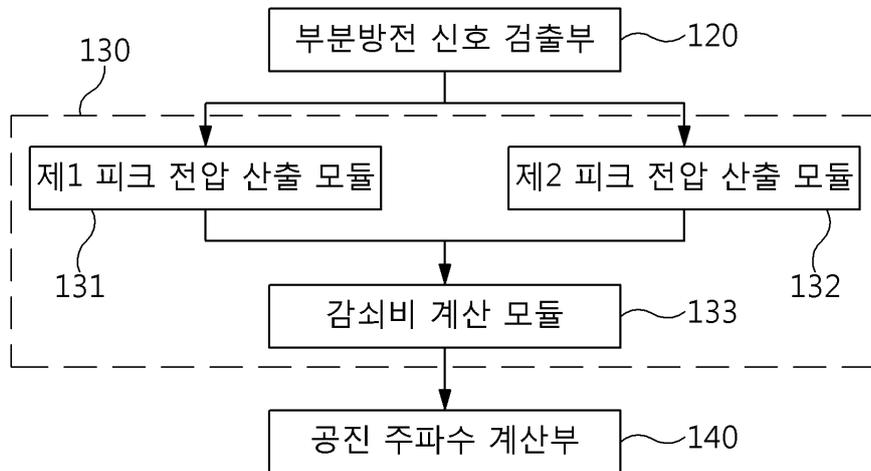
도면2



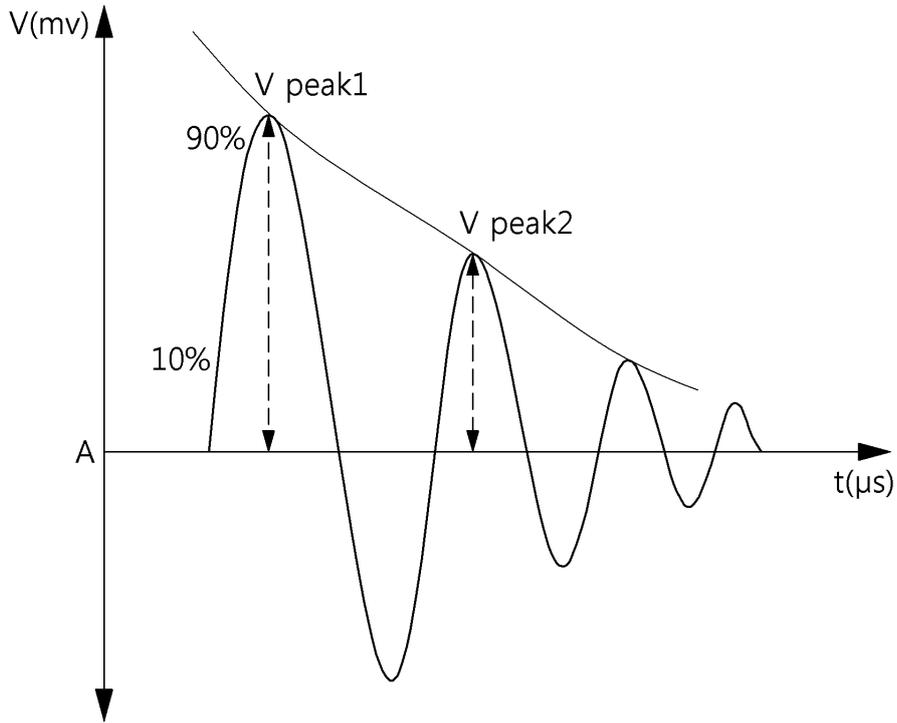
도면3



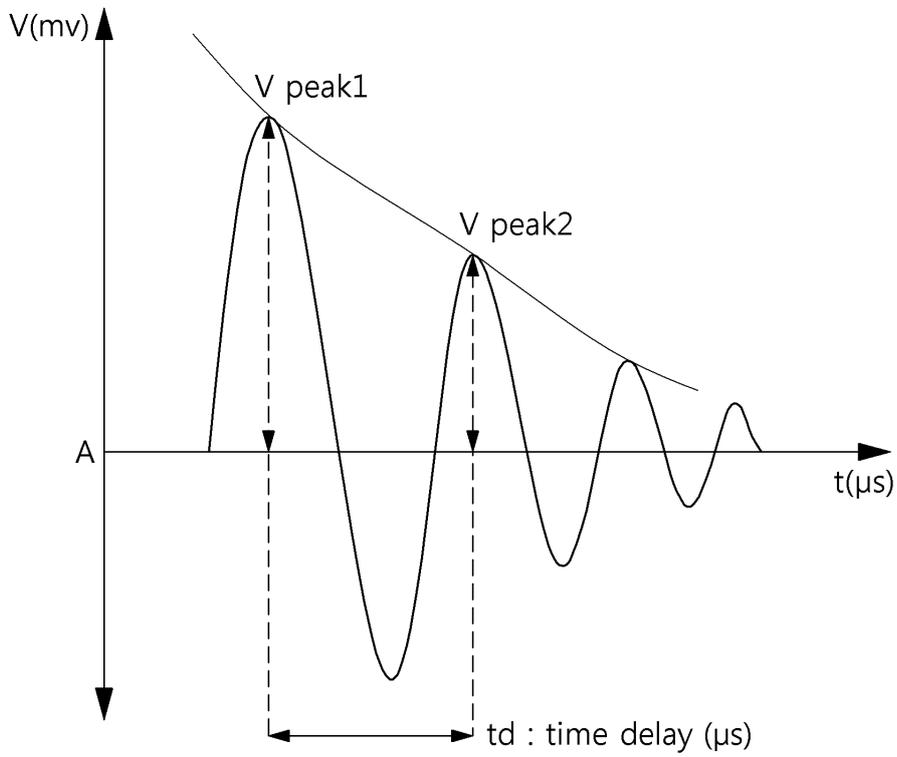
도면4



도면5



도면6



도면7

