



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년08월22일
 (11) 등록번호 10-1890718
 (24) 등록일자 2018년08월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G01N 29/12 (2006.01) G01N 29/09 (2006.01)
 G01N 29/50 (2006.01)
 (52) CPC특허분류
 G01N 29/12 (2013.01)
 G01N 29/09 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2016-0166617
 (22) 출원일자 2016년12월08일
 심사청구일자 2016년12월08일
 (65) 공개번호 10-2018-0065566
 (43) 공개일자 2018년06월18일
 (56) 선행기술조사문헌
 JP11125623 A*
 (뒷면에 계속)

(73) 특허권자
 한국원자력연구원
 대전광역시 유성구 대덕대로989번길 111(덕진동)
 (72) 발명자
 윤두병
 대전광역시 유성구 엑스포로123번길 65-38, 201동
 2304호 (도룡동, 스마트시티)
 박진호
 대전광역시 유성구 관평1로 12, 701동 1301호 (관
 평동, 대덕테크노밸리7단지아파트)
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 특허법인이룸리온

전체 청구항 수 : 총 6 항

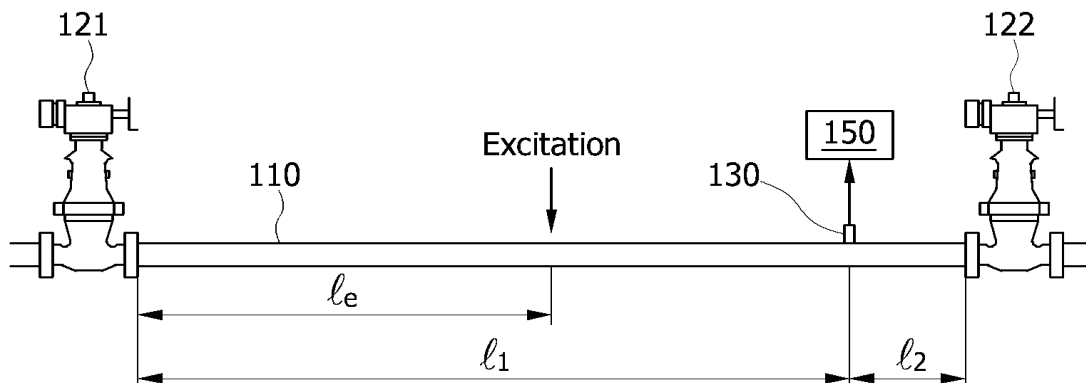
심사관 : 양성지

(54) 발명의 명칭 배관의 노화 상태 감시 방법

(57) 요약

본 발명은 하나의 센서를 이용하여 배관의 길이 방향의 전반적인 노화 상태를 감시하기 위하여, 배관, 배관의 일단 또는 양단에 연결되는 밸브 및 상기 배관에서 분기되는 분기관을 포함하는 배관계에 있어서 배관의 길이 방향의 노화 상태를 감시하는 방법으로서, 배관에 센서를 배치하는 단계와, 배관 내부에 흐르는 유체의 유동 변화로 인해 압력파가 발생되어 배관의 길이 방향으로 전파되는 단계와, 배관의 길이 방향으로 전파된 압력파가 밸브 또는 분기관을 만나 반사되는 단계와, 센서에 의해 압력파를 반복적으로 측정하는 단계와, 반복적으로 측정된 압력파의 공진 주파수 또는 자기상관함수의 반복주기를 이용하여 배관의 길이 방향의 노화 상태를 추정하는 단계를 포함하는 배관의 노화 상태 감시 방법을 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01N 29/50 (2013.01)

(72) 발명자

문순성

대전광역시 유성구 유성대로 1741, 105동 1308호
(전민동, 세종아파트)

양봉수

제주특별자치도 제주시 신성로 14-27 (도남동)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020150026314 A*

JP2007170968 A

KR1020150078894 A

JP2012255799 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 CRC-15-05-ETRI

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 국가과학기술연구회

연구사업명 융합연구사업(미래선도형 융합연구단사업)

연구과제명 자가학습형 지식융합 슈퍼브레인 핵심기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국전자통신연구원 KSB융합연구단

연구기간 2015.12.01 ~ 2018.11.30

명세서

청구범위

청구항 1

배관, 상기 배관의 일단 또는 양단에 연결되는 밸브 및 상기 배관에서 분기되는 분기관을 포함하는 배관계에 있어서 상기 배관의 노화 상태를 감시하는 방법으로서,

상기 배관에 센서를 배치하는 단계;

상기 배관 내부에 흐르는 유체의 유동 변화로 인해 상기 배관 내부에서 압력파가 발생되어 이 압력파가 상기 배관 내부에 포함된 유체를 따라 상기 배관의 길이 방향으로 전파되는 단계;

상기 배관의 길이 방향으로 전파된 상기 압력파가 상기 밸브 또는 분기관을 만나 반사되는 단계;

상기 센서에 의해 상기 압력파를 반복적으로 계측하는 단계; 및

상기 배관의 두께 또는 영계수 감소에 따라 상기 압력파의 전파 속도가 감소됨을 이용하여, 상기 반복적으로 계측된 상기 압력파의 공진 주파수 또는 자기상관함수의 반복주기를 기초로 상기 배관의 노화 상태를 추정하는 단계

를 포함하는 배관의 노화 상태 감시 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 배관의 노화 상태를 추정하는 단계는,

상기 반복적으로 계측된 상기 압력파의 공진 주파수를 미리 설정된 임계 공진 주파수와 비교하여 상기 배관의 노화 상태를 추정하는

배관의 노화 상태 감시 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 배관의 노화 상태를 추정하는 단계는,

상기 반복적으로 계측된 상기 압력파의 자기상관함수의 반복 주기를 미리 설정된 임계 반복 주기와 비교하여 상기 배관의 노화 상태를 추정하는

배관의 노화 상태 감시 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 배관의 노화 상태를 추정하는 단계는,

상기 반복적으로 계측된 상기 압력파의 공진 주파수가 감소될수록 상기 배관의 감육 정도가 증가되거나 상기 배관의 영계수가 감소됨에 따라 상기 배관의 노화 상태가 추정되는

배관의 노화 상태 감시 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 배관의 노화 상태를 추정하는 단계는,

상기 반복적으로 계측된 상기 압력파의 자기상관함수의 반복 주기가 증가될수록 상기 배관의 길이 방향의 감육 정도가 증가되거나 상기 배관의 길이 방향의 영계수가 감소됨에 따라 상기 배관의 노화 상태가 추정되는

배관의 노화 상태 감시 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 유체의 유동 변화는 상기 유체가 상기 밸브 또는 분기관을 지날 때 발생하는

배관의 노화 상태 감시 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 배관의 노화 상태 감시 방법에 관한 것으로, 특히, 배관의 길이 방향의 노화 상태를 감시하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 원자력발전소를 포함한 각종 플랜트의 경우, 초기 건설 시에 설치된 배관의 노후화에 따라 배관의 감육(wall thinning) 및 파단이 발생하는 사례가 보고되고 있다. 특히, 일본 미하마 원전에서의 배관 감육 및 파단 사고가 발생한 이후 배관의 감육 상태를 파악하기 위한 기술에 대한 관심이 증가하고 있는 추세이다.

[0004] 종래의 경우, 배관의 감육 상태를 파악하기 위하여 초음파를 이용한 두께 측정 방식을 이용하고 있다. 여기서, 초음파를 이용한 두께 측정 방식은 검사 대상 배관에 대하여 원주 및 길이 방향으로 일정 간격의 그리드(grid)를 표시하고, 그리드에 해당하는 지점들에 대해 일일이 두께 검사를 수행하는 방식이다.

[0005] 이와 같은 초음파를 이용한 두께 측정 방식은 그리드로 설정된 원주 상의 각 지점에 대하여 센서(초음파)를 옮겨가면서 일일이 두께를 검사하므로 검사 시간이 매우 오래 소요된다. 이 때문에, 발전소의 정해진 예방 정비 기간에 다수의 배관(발전소 별로 수천 개 이상의 검사대상 배관이 존재함)을 검사하기에는 어려움이 따른다.

[0006] 이에 따라, 빠른 시간 내에 배관의 광범위한 부분을 한번에 검사하기 위한 연구에 대한 관심이 높아지고 있다.

[0007] 최근에는 배관 감육이 발생하면 배관을 전파하는 진동파의 전파속도가 변화하는 현상을 감육 감지에 이용하고자, 진동파의 전파속도를 측정하는 방법이 연구되었으나, 이 방법은 전파속도를 측정하기 위하여 두 개의 센서를 사용하여야 하며, 전파속도를 정확하게 측정하기 위하여 두 개의 센서간의 거리를 충분히 확보하여야 하는 단점이 있다. 그리고, 샘플링 주파수(시간 분해능)가 높은 하드웨어를 구비하여야 한다는 단점이 있다. 그리고, 인위적으로 충격가진력을 주어 배관을 전파하는 진동파를 발생시켜야 한다는 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 하나의 센서를 이용하여 배관의 길이 방향의 전반적인 노화 상태를 감시할 수 있는 배관의 노화 상태 감시 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0010] 또한, 본 발명은 다수의 배관의 노화 상태를 검사하는데 걸리는 시간을 단축할 수 있는 배관의 노화 상태 감시 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0011] 또한, 본 발명은 하나의 센서를 이용하여 기존 방법에 비하여 저렴한 비용으로 배관 길이 방향의 전반적인 감옥 상태 및 재질 특성 저하(영계수 감소) 상태를 감시할 수 있는 배관의 노화 상태 감시 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명은 상기 목적을 달성하기 위하여, 배관, 배관의 일단 또는 양단에 연결되는 밸브 및 상기 배관에서 분기되는 분기관을 포함하는 배관계에 있어서 배관의 길이 방향의 노화 상태를 감시하는 방법으로서, 배관에 센서를 배치하는 단계와, 배관 내부에 흐르는 유체의 유동 변화로 인해 압력파가 발생되어 배관의 길이 방향으로 전파되는 단계와, 배관의 길이 방향으로 전파된 압력파가 밸브 또는 분기관을 만나 반사되는 단계와, 센서에 의해 압력파를 반복적으로 계측하는 단계와, 반복적으로 계측된 압력파의 공진 주파수 또는 자기상관함수의 반복주기를 이용하여 배관의 길이 방향의 노화 상태를 추정하는 단계를 포함하는 배관의 노화 상태 감시 방법을 제공한다.

[0014] 여기서, 반복적으로 계측된 압력파의 공진 주파수를 미리 설정된 임계 공진 주파수와 비교하여 배관의 노화 상태를 추정한다.

[0015] 또한, 반복적으로 계측된 압력파의 자기상관함수의 반복 주기를 미리 설정된 임계 반복 주기와 비교하여 배관의 길이 방향의 노화 상태를 추정한다.

[0016] 또한, 반복적으로 계측된 압력파의 공진 주파수가 감소될수록 배관의 길이 방향의 감옥 정도가 증가되거나 배관의 길이 방향의 영계수가 감소된다.

[0017] 또한, 반복적으로 계측된 압력파의 자기상관함수의 반복 주기가 증가될수록 배관의 길이 방향의 감옥 정도가 증가되거나 배관의 길이 방향의 영계수가 감소된다.

[0018] 또한, 유체의 유동 변화는 유체가 밸브 또는 분기관을 지날 때 발생된다.

발명의 효과

[0020] 본 발명에 따르면, 배관의 길이 방향의 전반적인 노화 상태를 감시할 수 있으며, 배관의 노화 상태를 감시함에 있어 하나의 센서를 이용하기 때문에 비용을 절감할 수 있다.

[0021] 또한, 본 발명에 따르면, 배관의 각 지점의 노화 상태가 아닌 배관의 길이 방향의 전반적인 노화 상태를 검사하기 때문에 다수의 배관의 노화 상태를 검사하는데 걸리는 시간을 단축할 수 있다.

[0022] 또한, 본 발명에 따르면, 배관의 노화 상태를 감시함에 있어 배관 내부에 흐르는 유체 유동으로 인해 발생하는 압력파를 이용하기 때문에, 배관의 노화 상태를 감시하기 위해 인위적으로 배관에 진동파를 발생시킬 필요가 없다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 배관의 노화 상태 감시 시스템을 도시한 도면이다.

도 2는 배관의 두께 변화에 따른 압력파의 전파 속도의 변화를 도시한 그래프이다.

도 3은 전산 시뮬레이션을 통해 구현한 압력파의 자기상관함수의 그래프이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 배관의 노화 상태 감시 방법의 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 동일 또는 유사한 구성요소에 대해서는 동일한 참고부호를 붙였다.

[0026] 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성 요소,

부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

- [0027] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 배관의 노화 상태 감시 시스템을 도시한 도면이다.
- [0028] 도 1에 도시한 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 배관의 노화 상태 감시 시스템은 배관계(110, 121, 122), 센서(130) 및 제어부(150)를 포함한다.
- [0029] 배관계(110, 121, 122)는 배관(110), 배관(110)의 일단 또는 양단에 연결되는 밸브(121, 122) 및 배관(110)에서 분기되는 분기관(미도시)을 포함한다. 이 때, 배관(110)내부에 흐르는 유체의 유동 변화(유속, 통과 면적 및 방향 등)로 인해 배관(110)에 유체 기인 진동(Fluid Induced Vibration)이 발생함과 아울러 배관(110) 내부의 유체에 압력파가 발생된다.
- [0030] 이 때, 유체의 유동 변화는 배관(110) 내부에 포함된 유체가 밸브(121, 122) 및 분기관(미도시)을 지날 경우에 발생할 수 있다.
- [0031] 즉, 배관(110) 내부에 흐르는 유체에 유동 변화가 발생되면, 배관(110)의 길이 방향으로 유체를 둘러싼 배관(110)을 따라 진동이 전파되고(진동 모드), 배관(110)의 길이 방향으로 배관(110) 내부에 포함된 유체를 따라 압력파가 전파된다(압력파 모드).
- [0032] 이와 같은 압력파는 배관(110)의 길이 방향으로 전파되다가 밸브(121, 122) 또는 분기관(미도시)을 만나면 임피던스 부정합(Impedance Mismatch)에 의해 압력파의 일부가 반사된다.
- [0033] 여기서, 압력파의 전파 속도(C)는 아래의 수학적 식 1에 의해 정의된다.

수학적 식 1

$$C = C_f \left(1 + \frac{2B_f/r}{Eh/r^2 - \rho h \omega^2} \right)^{-1/2}$$

- [0034]
- [0035] 여기서, C_f는 유체의 음속, B_f는 유체의 체적 탄성 계수, r은 배관(110)의 반지름, h는 배관(110)의 두께, E는 배관(110) 재료의 영계수(Young`s Modulus), ρ는 배관(110)의 밀도, ω는 압력파의 각주파수이다.
- [0036] 상기 수학적 식 1을 참조하면, 압력파의 전파 속도(C)는 배관(110)의 두께(h) 및 배관(110) 재료의 영계수(E)에 따라 변화된다. 즉, 배관(110)의 두께(h) 및 배관(110) 재료의 영계수(E)가 감소하면, 압력파의 전파 속도(C)도 감소하게 된다.
- [0037] 도 2는 배관(110)의 두께 변화에 따른 압력파의 전파 속도의 변화를 도시한 그래프이다.
- [0038] 여기서, 도 2의 가로축은 압력파의 주파수(ω), 세로축은 압력파의 전파 속도(C)를 나타낸 것으로서, 배관(110)의 반지름(r)이 50mm 일 때 배관(110)의 두께(h) 변화에 따라 변화되는 압력파의 전파 속도(C)를 도시하였다. 도 2에 도시한 바와 같이, 배관(110)의 두께(h)가 감소될수록 압력파의 전파 속도(C)는 감소되는 것을 알 수 있다.
- [0039] 이와 같이, 압력파의 전파 속도(C)를 측정하면, 배관(110)의 감속 정도 또는 배관(110)의 영계수 감소 정도를 파악할 수 있게 된다.
- [0040] 그러나, 압력파의 전파 속도(C)를 측정하기 위해서는 통상적으로 2개 이상의 센서가 필요하며, 압력파의 전파 속도(C)를 정확히 측정하기 위해서는 2개의 센서 간의 거리를 충분히 확보해야 한다.
- [0041] 또한, 2개의 센서 간의 압력파 시간 지연을 정확하게 측정하기 위해서는 샘플링 주파수(시간 분해능)가 높은 하드웨어를 구비해야 한다.
- [0042] 이와 달리, 본 발명은 하나의 센서(130)를 통해 전술한 압력파의 배관(110) 내부에서의 반사 현상을 이용하여 배관(110)의 길이 방향의 전반적인 노화 상태를 감시하는 것을 특징으로 한다.
- [0043] 도 1에 도시한 바와 같이, 배관(110) 내부의 임의의 제1지점에서 유체의 유동 변화에 의해 압력파가 발생되었다

고 가정하면, 임의의 제1지점에서 발생된 압력파는 배관의 길이 방향으로 전파되며, 전파된 압력파는 밸브(121, 122) 또는 분기관(미도시)을 만나 일부가 반사된다.

[0044] 한편, 도 1에는 배관(110) 양단에 밸브(121, 122)가 각각 연결되어 압력파가 이들 밸브(121, 122) 사이에서 반사되는 것으로 도시하였지만, 배관(110)에서 분기되는 적어도 하나 이상의 분기관(미도시)이 형성되면, 분기관(미도시)과 분기관(미도시) 사이 또는 분기관(미도시)과 밸브(121, 122) 사이에서 반사될 수도 있다.

[0045] 제1지점에서 발생된 압력파는 배관(110)의 길이 방향을 따라 양측으로 각각 전파되고, 전파된 압력파는 각각 제1밸브(121) 및 제2밸브(122)를 만나 그 일부가 각각 반사된다. 이 때, 배관(110)의 임의의 제2지점에 배치된 센서(130)를 통해 압력파를 측정함으로써 배관(110)의 길이 방향의 노화 상태를 추정할 수 있다.

[0046] 이러한 반사 현상에 의해 센서(130)가 측정한 압력파(P_s)는 아래의 수학적 식 2에 의해 정의된다.

수학적 식 2

$$P_s = \frac{P_e e^{-jk(l_1 - l_s)}}{|1 - R_1 R_2 e^{-2jkL}|} (1 + R_1 e^{-2jkl_1}) (1 + R_2 e^{-2jkl_2})$$

[0047]

[0048] 여기서, P_e 는 제1지점에서 발생된 압력파의 크기, k 는 압력파의 파수(Wave Number), R_1 은 제1밸브(121)의 반사 계수, R_2 는 제2밸브(122)의 반사 계수, l_e 는 제1밸브(121)에서 압력파가 발생된 임의의 제1지점까지의 거리, l_1 은 제1밸브(121)에서 센서(130)가 배치된 임의의 제2지점까지의 거리, l_2 은 센서(130)가 배치된 임의의 제2지점에서 제2밸브(122)까지의 거리, L 은 제1밸브(121) 및 제2밸브(122) 사이의 거리이다.

[0049] 상기 수학적 식 2를 참조하면, 분모($|1 - R_1 R_2 e^{-2jkL}|$)가 가장 작아지는 조건이 만족되면, 배관(110) 내부에서 압력파(P_s)의 공진 모드(Resonance Mode)가 형성된다.

[0050] 여기서, 압력파(P_s)의 파수(k)는 아래의 수학적 식 3에 의해 정의된다.

수학적 식 3

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi f}{c}$$

[0051]

[0052] 여기서, λ 는 압력파(P_s)의 파장, C 는 압력파(P_s)의 전파 속도, f 는 압력파(P_s)의 주파수이다.

[0053] 그리고, 압력파(P_s)의 공진 모드에서의 공진 주파수(f_n)는 아래의 수학적 식 4에 의해 정의된다.

수학적 식 4

$$f_n = \frac{mc}{2L}$$

[0054]

[0055] 여기서, L 은 반사 현상이 발생하는 거리 예를 들면, 제1밸브(121) 및 제2밸브(122) 사이의 거리, m 은 1이상의 정수이다.

[0056] 상기 수학적 식 4를 참조하면, 배관(110)이 설치된 후 배관(110) 내부에 흐르는 유체 유동에 의해 배관(110)에 감속 현상이 발생하거나 영계수 감소 현상이 발생한다. 즉, 시간 경과에 따라서 점차 배관(110) 두께가 감소하거나 배관(110)의 재질 특성이 저하된다. 그리고, 배관(110) 두께가 감소하거나 배관(110)의 재질 특성이 저하되면 배관(110) 내부의 압력파(P_s)의 전파 속도(C)도 감소하게 되며, 결과적으로 배관(110)의 길이 방향으로 전파되는 압력파(P_s)의 공진 주파수(f_n)가 감소하게 된다.

- [0057] 또한, 압력파(Ps)의 전파 속도(c)가 감소하게 되면, 배관(110)의 길이 방향으로 전파되는 압력파(Ps)의 자기상관함수(Auto-Correlation Function)의 반복 주기($\Delta \tau$)가 증가하게 된다.
- [0058] 도 3은 전산 시뮬레이션을 통해 구현한 압력파(Ps)의 자기상관함수의 그래프로서, (a)는 배관(110) 두께(h)가 2mm인 경우이고, (b)는 배관(110) 두께(h)가 1mm인 경우이다.
- [0059] 여기서, 제1밸브(121)의 반사 계수(R1) 및 제2밸브(122)의 반사 계수(R2)는 0.8, 제1밸브(121)에서 압력파(Pe)가 발생된 임의의 제1지점까지의 거리(1e)는 0m, 제1밸브(121)에서 센서(130)가 배치된 임의의 제2지점까지의 거리(11)은 15m, 센서(130)가 배치된 임의의 제2지점에서 제2밸브(122)까지의 거리(12)는 10m, 배관(110)의 반지름(r)은 50mm이다.
- [0060] 도 3에 도시한 바와 같이, 압력파(Ps)의 자기상관함수의 반복 주기($\Delta \tau$)는 배관 두께(h)가 2mm인 경우 보다 1mm인 경우가 더 긴 것을 확인할 수 있다.
- [0061] 이에 따라, 압력파(Ps)의 공진 주파수(fn) 또는 자기상관함수의 반복 주기($\Delta \tau$)를 측정하고 이를 분석하면 배관(110)의 길이 방향의 감육 정도 또는 영계수 감소 정도를 파악할 수 있다.
- [0062] 이와 같이, 배관(110)의 길이 방향의 노화 상태를 감시하기 위해, 센서(130)는 압력파(Ps)를 반복적으로 측정한다. 이 때, 센서(130)는 진동 센서(예컨대, 가속도계) 또는 압력 센서(예컨대, 하이드로폰)일 수 있다.
- [0063] 제어부(150)는 센서(130)에 의해 반복적으로 측정된 압력파(Ps)의 공진 주파수(fn) 또는 자기상관함수의 반복 주기($\Delta \tau$)를 이용하여 배관(110)의 길이 방향의 노화 상태를 추정한다.
- [0064] 구체적으로, 제어부(150)는 반복적으로 측정된 압력파(Ps)의 공진 주파수(fn)를 미리 설정된 임계 공진 주파수와 비교하여 배관(110)의 길이 방향의 노화 상태를 추정하거나, 반복적으로 측정된 압력파(Ps)의 자기상관함수의 반복 주기($\Delta \tau$)를 미리 설정된 임계 반복 주기와 비교하여 배관(110)의 길이 방향의 노화 상태를 추정할 수 있다.
- [0065] 이 때, 최초 설치 시 배관(110) 즉, 감육 현상 또는 영계수 감소가 발생하지 않은 배관(110) 내부의 압력파(Ps)의 공진 주파수(fn) 및 반복 주기($\Delta \tau$)를 임계 공진 주파수 및 임계 반복 주기로 설정할 수 있다.
- [0066] 또한, 관리하고자 하는 배관(110)의 임계 두께를 설정하고, 설정된 임계 두께에 부합하는 공진 주파수(fn) 및 반복 주기($\Delta \tau$)를 임계 공진 주파수 및 임계 반복 주기로 설정할 수 있다.
- [0067] 측정된 압력파(Ps)의 공진 주파수(fn) 및 임계 공진 주파수의 차이가 클수록 배관(110)의 길이 방향의 감육 정도가 커지거나 배관(110)의 길이 방향의 영계수가 저하된 것으로 추정할 수 있다. 그리고, 측정된 자기상관함수의 반복 주기($\Delta \tau$) 및 임계 반복 주기의 차이가 클수록 배관(110)의 길이 방향의 감육 정도가 커지거나 배관(110)의 길이 방향의 영계수가 저하된 것으로 추정할 수 있다.
- [0068] 이에 따라, 본 발명은 배관(110)의 길이 방향의 전반적인 노화 상태를 감시할 수 있으며, 배관(110)의 노화 상태를 감시함에 있어 하나의 센서(130)를 이용하기 때문에 비용을 절감할 수 있다.
- [0069] 또한, 배관(110)의 각 지점의 노화 상태가 아닌 배관(110)의 길이 방향의 전반적인 노화 상태를 검사하기 때문에 다수의 배관(110)의 노화 상태를 검사하는데 걸리는 시간을 단축할 수 있다.
- [0070] 또한, 배관(110)의 노화 상태를 감시함에 있어 배관(110) 내부에 흐르는 유체 유동으로 인해 발생하는 압력파를 이용하기 때문에, 배관(110)의 노화 상태를 감시하기 위해 인위적으로 배관에 진동파를 발생시키는 진동 발생부가 필요 없다.
- [0071] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 배관의 노화 상태 감시 방법의 순서도이다.
- [0072] 이하, 도 4를 참조하여 배관의 노화 상태를 감시하는 방법에 대해 설명하되 전술한 본 발명의 배관의 노화 상태 감시 시스템과 동일한 내용에 대해서는 생략하겠다.
- [0073] 도 4에 도시한 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 배관의 노화 상태 감시 방법은, 배관(110)에 센서(130)를 배치하는 단계(S10)와, 배관(110) 내부에 흐르는 유체의 유동 변화로 인해 압력파가 발생되어 배관(110)의 길이 방향으로 전파되는 단계(S20)와, 배관(110)의 길이 방향으로 전파된 압력파가 밸브(121, 122) 또는 분기관(미도시)을 만나 반사되는 단계(S30)와, 센서(130)에 의해 압력파를 반복적으로 측정하는 단계(S40)와, 반복적으로 측정된 압력파의 공진 주파수(fn) 또는 자기상관함수의 반복 주기($\Delta \tau$)를 이용하여 배관(110)의 길이 방향의 노화 상태를 추정하는 단계(S50)를 포함한다.

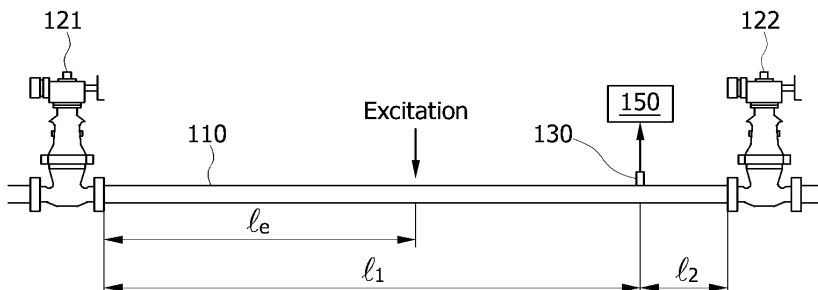
- [0074] 배관(110)의 길이 방향의 노화 상태를 추정하는 단계(S50)는, 반복적으로 측정된 압력파의 공진 주파수(f_n)를 미리 설정된 임계 공진 주파수와 비교하여 배관(110)의 길이 방향의 노화 상태를 추정할 수 있다.
- [0075] 여기서, 반복적으로 측정된 압력파의 공진 주파수(f_n)가 감소될수록 배관(110)의 길이 방향의 감육 정도가 증가되거나 배관(110)의 길이 방향의 영계수가 감소된다.
- [0076] 또한, 반복적으로 측정된 압력파의 자기상관함수의 반복 주기($\Delta \tau$)를 미리 설정된 임계 반복 주기와 비교하여 배관(110)의 길이 방향의 노화 상태를 추정할 수 있다.
- [0077] 여기서, 반복적으로 측정된 압력파의 자기상관함수의 반복 주기($\Delta \tau$)가 증가될수록 배관(110)의 길이 방향의 감육 정도가 증가되거나 배관(110)의 길이 방향의 영계수가 감소된다.
- [0078] 이에 따라, 본 발명의 실시예에 따른 배관의 노화 상태 감시 방법은, 배관(110)의 길이 방향의 전반적인 노화 상태를 감시할 수 있으며, 배관(110)의 노화 상태를 감시함에 있어 하나의 센서(130)를 이용하기 때문에 비용을 절감할 수 있다.
- [0079] 또한, 배관(110)의 각 지점의 노화 상태가 아닌 배관(110)의 길이 방향의 전반적인 노화 상태를 검사하기 때문에 다수의 배관(110)의 노화 상태를 검사하는데 걸리는 시간을 단축할 수 있다.
- [0080] 또한, 배관(110)의 노화 상태를 감시함에 있어 배관(110) 내부에 흐르는 유체 유동으로 인해 발생하는 압력파를 이용하기 때문에, 배관(110)의 노화 상태를 감시하기 위해 인위적으로 배관에 진동파를 발생시키는 진동 발생부가 필요 없다.
- [0081] 이상에서 본 발명의 일 실시예에 대하여 설명하였으나, 본 발명의 사상은 본 명세서에 제시되는 실시 예에 제한되지 아니하며, 본 발명의 사상을 이해하는 당업자는 동일한 사상의 범위 내에서, 구성요소의 부가, 변경, 삭제, 추가 등에 의해서 다른 실시 예를 용이하게 제안할 수 있을 것이나, 이 또한 본 발명의 사상범위 내에 든다고 할 것이다.

부호의 설명

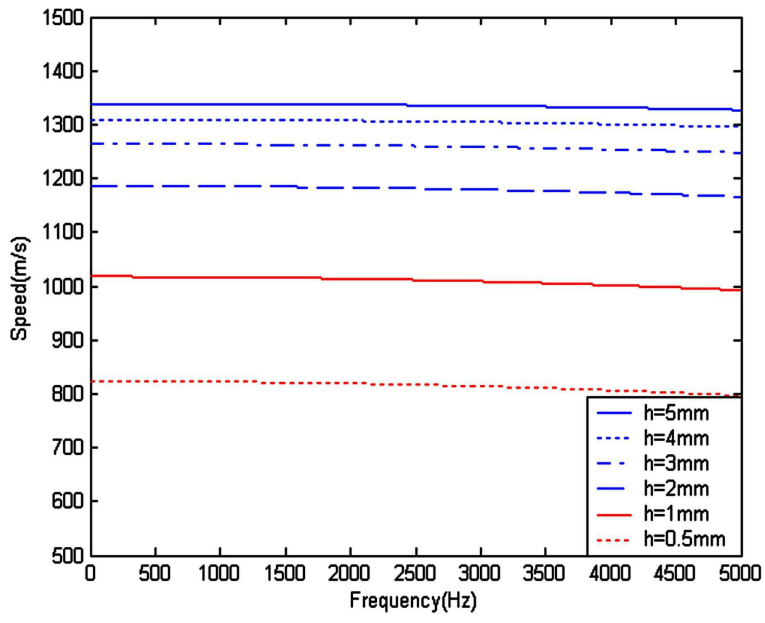
- [0083] 110 : 배관
- 121, 122 : 제1밸브 및 제2밸브
- 130 : 센서
- 150 : 제어부

도면

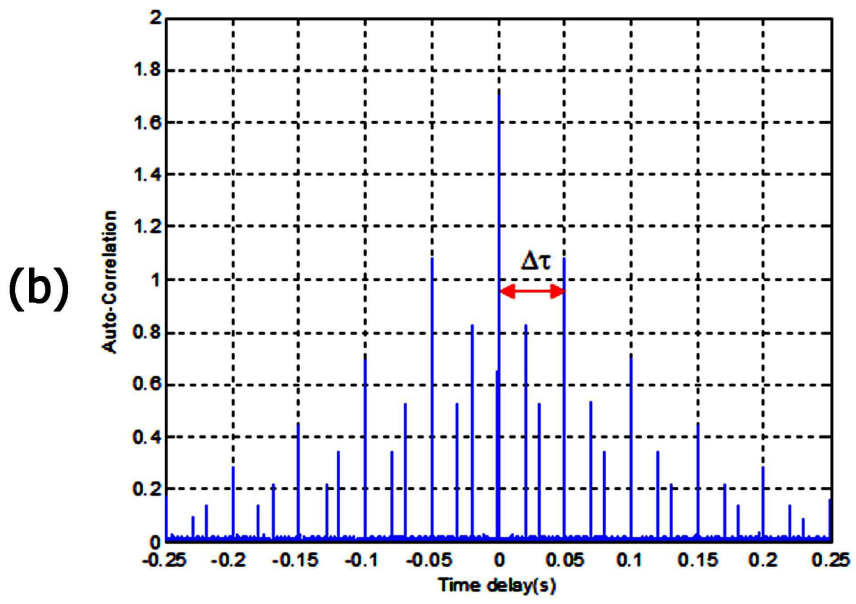
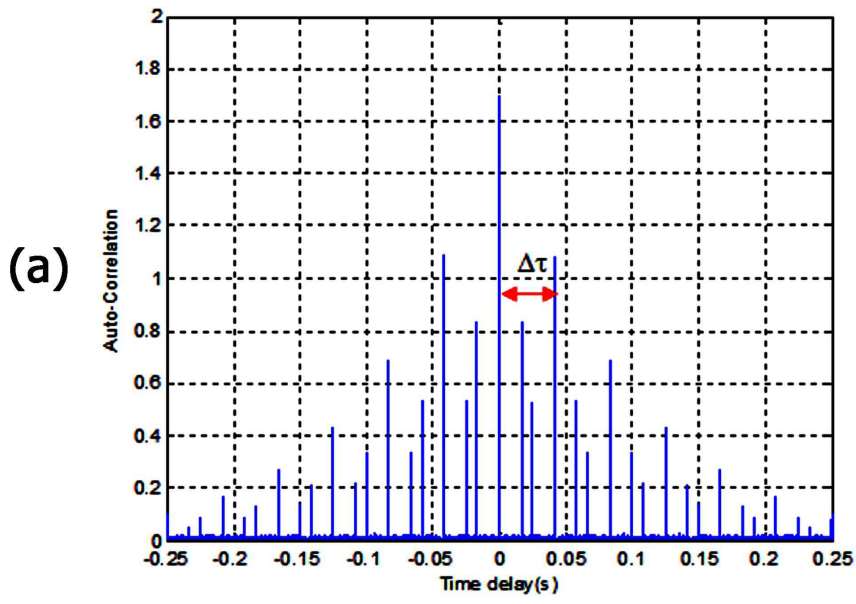
도면1



도면2



도면3



도면4

