(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년12월11일
(11) 등록번호 10-1576007
(24) 등록일자 2015년12월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G05B 23/02 (2006.01) *G01M 13/00* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G05B 23/02 (2013.01)
B60K 17/28 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0128454
(22) 출원일자 2015년09월10일
심사청구일자 2015년09월10일
(56) 선행기술조사문헌
KR100651188 B1
KR1020130133040 A
JP2013088121 A

(73) 특허권자
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
이바울
대전광역시 유성구 봉명로 93, 도안휴먼시아 6단지 센트럴시티 603동 1303호
김완수
경기도 평택시 경기대로 508 평택소사벌휴먼시아 2단지아파트 203동 103호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이충한

전체 청구항 수 : 총 7 항 심사관 : 강석제

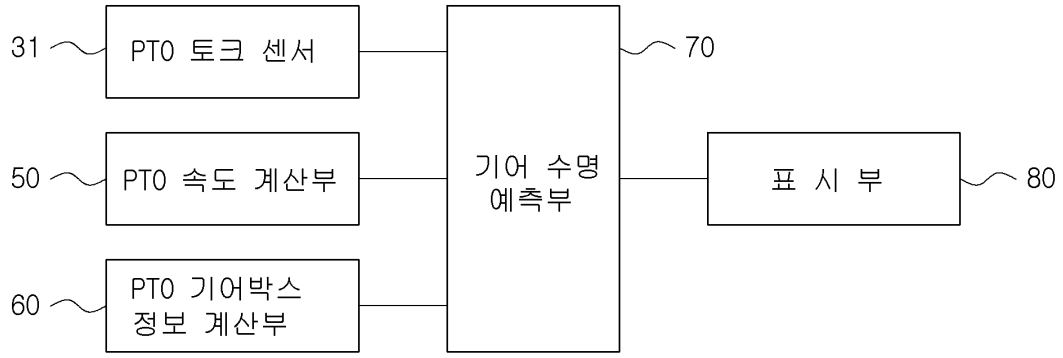
(54) 발명의 명칭 **트랙터 PTO축 어댑터를 이용한 PTO기어 잔여수명 예측장치 및 그 방법**

(57) 요 약

농업기계나 건설기계와 같이 작업기가 마련된 트랙터에서 PTO 기어박스 내의 기어들의 잔여 수명을 실시간으로 예측할 수 있도록 한 트랙터 PTO축 어댑터를 이용한 PTO기어 잔여수명 예측장치 및 그 방법에 관한 것으로서, PTO 축과 작업기 사이에 마련된 PTO 어댑터; PTO 토크를 측정하는 PTO 토크 센서; 엔진 회전수를 기초로 PTO 속

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도2



도를 계산하는 PTO 속도 계산부; PTO 기어박스에 마련된 기어의 정보가 저장된 PTO기어박스정보 저장부; 상기 PTO 토크 센서와 PTO 속도 계산부 및 PTO기어박스정보 저장부에서 각각 획득한 PTO 기어 부하를 기초로 응력을 계산하고, 계산한 응력으로 기어의 피로 손상을 계산하여 기어의 잔여 수명을 예측하는 기어 수명 예측부; 및 상기 기어 수명 예측부에서 예측한 기어 잔여 수명을 디스플레이해주는 표시부를 포함하여, 트랙터 PTO축 어댑터를 이용한 PTO기어 잔여수명 예측장치를 구현함으로써, 기존의 트랙터 구조상 PTO축 토크 측정의 어려움을 개선하게 된다.

(52) CPC특허분류
G01M 13/00 (2013.01)
G05B 2219/37209 (2013.01)

(72) 발명자
김연수
대전광역시 유성구 자운로221번길 62, 811동 504호 (추목동, 칠성대아파트)
박수곤
서울특별시 영등포구 여의대방로 249 우주마루아파트 201동 2201호
이대현
대전광역시 유성구 궁동로68번길 15, 201호
김용주
세종 도움1로 55, 903동 1502호 (종촌동, 가재마을9단지)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 714002-7
부처명 농림수산식품기술기획평가원
연구관리전문기관 농림수산식품기술기획평가원
연구사업명 농림축산식품연구센터지원사업
연구과제명 농작업환경 및 작물계측을 통한 지능형 농작업기계 제어기술개발
기 여 율 1/1
주관기관 전남대학교
연구기간 2014.09.18 ~ 2021.09.17

명 세 서

청구범위

청구항 1

트랙터의 PTO 기어박스에 마련된 각각의 PTO기어의 잔여수명을 예측하는 장치로서,

PTO 토크를 측정하는 PTO 토크 센서;

엔진 회전수를 기초로 PTO 속도를 계산하는 PTO 속도 계산부;

PTO 기어박스에 마련된 기어의 정보가 저장된 PTO기어박스정보 저장부;

상기 PTO 토크 센서와 PTO 속도 계산부 및 PTO기어박스정보 저장부에서 각각 획득한 PTO 기어 부하를 기초로 응력을 계산하고, 계산한 응력으로 기어의 피로 손상을 계산하여 기어의 잔여 수명을 예측하는 기어 수명 예측부; 및

상기 기어 수명 예측부에서 예측한 기어 잔여 수명을 디스플레이해주는 표시부를 포함하는 것을 특징으로 하는 트랙터 PTO축 어댑터를 이용한 PTO기어 잔여수명 예측장치.

청구항 2

청구항 1에서, PTO 축과 작업기 사이의 동력을 연결해주는 PTO 어댑터를 더 포함하고, 상기 PTO 토크 센서는 상기 PTO 어댑터에 마련되는 것을 특징으로 하는 트랙터 PTO축 어댑터를 이용한 PTO기어 잔여수명 예측장치.

청구항 3

청구항 2에서, 상기 PTO 토크 센서는 상기 PTO 축에 직접적으로 접촉하여 PTO 토크를 측정하는 접촉식 회전 토크 센서로 구현되는 것을 특징으로 하는 트랙터 PTO축 어댑터를 이용한 PTO기어 잔여수명 예측장치.

청구항 4

청구항 1에서, 상기 기어 수명 예측부는 상기 PTO 토크 센서와 PTO 속도 계산부 및 PTO기어박스정보 저장부로부터 각각 PTO 기어 부하를 수집하는 PTO 부하 수집부; 상기 PTO 부하 수집부에서 수집한 부하 정보를 기초로 기어의 응력을 계산하는 기어 응력 계산부; 기어의 재질을 기초로 미리 설정된 S-N 선도를 이용하여 실시간으로 기어가 받는 응력 횟수를 계산하는 응력 횟수 계산부를 포함하는 것을 특징으로 하는 트랙터 PTO축 어댑터를 이용한 PTO기어 잔여수명 예측장치.

청구항 5

청구항 4에서, 상기 기어 수명 예측부는 기어의 피로 손상 값을 계산하는 피로 손상 계산부; 상기 피로 손상 값을 기초로 기어의 잔여 수명을 예측하는 기어 잔여수명 예측부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 트랙터 PTO축 어댑터를 이용한 PTO기어 잔여수명 예측장치.

청구항 6

트랙터의 PTO 기어 박스에 마련된 각각의 PTO기어의 잔여수명을 예측하는 방법으로서,

(a) PTO 기어 박스의 기어에 대한 부하를 PTO 부하 수집부(71)를 통하여 측정하는 단계;

(b) 상기 (a)단계에서 측정한 PTO 기어의 부하 정보를 기초로 기어 응력을 기어 응력 계산부(72)를 통하여 계산하는 단계;

(c) 기어의 재질을 기초로 미리 설정된 S-N 선도를 이용하여 실시간으로 기어가 받는 응력 횟수를 응력 횟수 계산부(73)을 통하여 계산하는 단계;

(d) 기어의 피로 손상 값을 피로 손상 계산부(74)를 통하여 계산하는 단계;

(e) 상기 피로 손상 값을 기초로 기어 잔여수명 예측부(75)를 통하여 기어의 잔여 수명을 예측하는 단계; 및

(f) 상기 (e)단계에서 예측한 기어 잔여수명 예측 결과를 표시부(80)를 통하여 디스플레이해주는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 트랙터 PTO축 어댑터를 이용한 PTO기어 잔여수명 예측방법.

청구항 7

청구항 6에서, 상기 (a)단계의 기어에 대한 부하는 PTO 토크, 엔진 회전수, PTO 속도, 기어의 재료, 윤활유 종류, 기어 표면의 열처리 정보 중 적어도 어느 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 트랙터 PTO축 어댑터를 이용한 PTO기어 잔여수명 예측방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 트랙터 PTO(Power Take Off; 동력인출장치)축 어댑터를 이용한 PTO기어 잔여수명 예측에 관한 것으로, 특히 농업기계나 건설기계와 같이 작업기가 마련된 트랙터에서 PTO 기어박스 내의 기어들의 잔여 수명을 실시간으로 예측할 수 있도록 한 트랙터 PTO축 어댑터를 이용한 PTO기어 잔여수명 예측장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로 농업기계나 건설기계와 같은 트랙터는 전방 또는 후방에 구동 가능하게 장착된 가래, 쟁기, 써레, 수확기 등의 작업기를 견인하면서 논이나 밭을 경작하게 된다.

[0003] 넓은 면적의 논이나 밭을 경작할 경우 이용되는 장비로 대부분 트랙터의 후방에 플라우(plow), 해로우(harrow), 로터베이터 등의 작업기를 부착하여 트랙터를 운행함으로써, 경운, 쇄토작업 및 병해충방제, 양수, 탈곡 등 각종 농작업을 하게 된다. 상기와 같이 트랙터에 부착되는 다양한 작업기는 트랙터의 후방에 위치되어 엔진으로부터 연동되는 PTO축의 회전력을 동력원으로 사용한다.

[0004] 특히, 자동차 엔진의 동력 전달과 다르게 트랙터는 엔진을 통해 변속기, 구동 차축뿐만 아니라 PTO축에 동력이 전달되며, 이는 PTO 기어박스에 있는 기어로 전달된다.

[0005] PTO 기어박스의 기어들은 트랙터가 여러 작업을 하는 동안에 변동 부하를 받게 되고, 이는 기어 수명 및 파손과 밀접한 관련이 있어, 기어 수명 예측이 매우 중요하다.

[0006] 기어박스의 운전 수명을 예측하기 위한 종래의 기술이 하기의 <특허문헌 1> 에 개시되었다.

[0007] <특허문헌 1> 에 개시된 종래기술은 기어박스의 상세한 모델을 생성하고, 운전중 기어박스에 작용하는 힘과 모멘트를 규칙적으로 생성하며, 모델은 각각의 기어박스의 구성요소의 총 손상의 예측으로 연속적으로 갱신하도록 하며, 주어진 시간 주기 동안 고장 확률 등을 계산하여 기어박스의 운전 수명을 예측하게 된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 10-2011-0005893호(2011.01.10. 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 그러나 상기와 같은 일반적인 트랙터 및 종래기술은 트랙터에서 PTO를 통해 작업기를 연결하여 사용할 때, PTO 기어박스에 마련된 기어들의 잔여 수명은 예측할 수 없는 단점이 있다.

[0010] 따라서 본 발명은 상기와 같은 종래기술에서 발생하는 제반 문제점을 해결하기 위해서 제안된 것으로서, 농업기계나 건설기계와 같이 작업기가 마련된 트랙터에서 PTO 기어박스 내의 기어들의 잔여 수명을 실시간으로 예측할 수 있도록 한 트랙터 PTO축 어댑터를 이용한 PTO기어 잔여수명 예측장치 및 그 방법을 제공하는 데 그 목적이 있다.

[0011] 본 발명의 다른 목적은 PTO 축과 작업기 사이에 어댑터를 장착한 후 어댑터 위에 PTO 토크 센서를 장착하여 PTO 축에 걸리는 실시간 토크를 측정하도록 하여, 기존의 구조상 PTO축 토크 측정의 어려움을 개선할 수 있도록 한 트랙터 PTO축 어댑터를 이용한 PTO기어 잔여수명 예측장치 및 그 방법을 제공하는 것이다.

[0012] 본 발명의 또 다른 목적은 PTO 기어들의 잔여 수명을 정확히 예측함으로써, 기어 교체 시기를 놓쳐 발생하는 안전 위협 문제와 파손 부품의 수리에 따른 시간 손실을 해소할 수 있도록 한 트랙터 PTO축 어댑터를 이용한 PTO 기어 잔여수명 예측장치 및 그 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0013] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명에 따른 트랙터 PTO축 어댑터를 이용한 PTO기어 잔여수명 예측장치는 PTO 토크를 측정하는 PTO 토크 센서; 엔진 회전수를 기초로 PTO 속도를 계산하는 PTO 속도 계산부; PTO 기어박스에 마련된 기어의 정보가 저장된 PTO기어박스정보 저장부; 상기 PTO 토크 센서와 PTO 속도 계산부 및 PTO기어박스정보 저장부에서 각각 획득한 PTO 기어 부하를 기초로 응력을 계산하고, 계산한 응력으로 기어의 피로 손상을 계산하여 기어의 잔여 수명을 예측하는 기어 수명 예측부; 상기 기어 수명 예측부에서 예측한 기어 잔여 수명을 디스플레이해주는 표시부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 또한, 본 발명에 따른 트랙터 PTO축 어댑터를 이용한 PTO기어 잔여수명 예측장치는 PTO 축과 작업기 사이의 동력을 연결해주는 PTO 어댑터를 더 포함하고, 상기 PTO 토크 센서는 상기 PTO 어댑터에 마련되는 것을 특징으로 한다.

[0015] 상기에서 PTO 토크 센서는 상기 PTO 축에 직접적으로 접촉하여 PTO 토크를 측정하는 접촉식 회전 토크 센서로 구현되는 것을 특징으로 한다.

[0016] 상기에서 기어 수명 예측부는 상기 PTO 토크 센서와 PTO 속도 계산부 및 PTO기어박스정보 저장부로부터 각각 PTO 기어 부하를 수집하는 PTO 부하 수집부; 상기 PTO 부하 수집부에서 수집한 부하 정보를 기초로 기어의 응력을 계산하는 기어 응력 계산부; 기어의 재질을 기초로 미리 설정된 S-N 선도를 이용하여 실시간으로 기어가 받는 응력 횟수를 계산하는 응력 횟수 계산부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0017] 상기에서 기어 수명 예측부는 기어의 피로 손상 값을 계산하는 피로 손상 계산부; 상기 피로 손상 값을 기초로 기어의 잔여 수명을 예측하는 기어 잔여수명 예측부를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위하여, 트랙터의 PTO 기어 박스에 마련된 각각의 PTO기어의 잔여수명을 예측하는 방법으로서, (a) PTO 기어 박스의 기어에 대한 부하를 PTO 부하 수집부(71)를 통하여 측정하는 단계; (b) 상기 (a)단계에서 측정한 PTO 기어의 부하 정보를 기초로 기어 응력을 기어 응력 계산부(72)를 통하여 계산하는 단계; (c) 기어의 재질을 기초로 미리 설정된 S-N 선도를 이용하여 실시간으로 기어가 받는 응력 횟수를 응력 횟수 계산부(73)을 통하여 계산하는 단계; (d) 기어의 피로 손상 값을 피로 손상 계산부(74)를 통하여 계산하는 단계; (e) 상기 피로 손상 값을 기초로 기어 잔여수명 예측부(75)를 통하여 기어의 잔여 수명을 예측하는 단계; 및 (f) 상기 (e)단계에서 예측한 기어 잔여수명 예측 결과를 표시부(80)를 통하여 디스플레이해주는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0019] 상기에서 (a)단계의 기어에 대한 부하는 PTO 토크, 엔진 회전수, PTO 속도, 기어의 재료, 윤활유 종류, 기어 표면의 열처리 정보 중 적어도 어느 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0020] 본 발명에 따르면 농업기계나 건설기계와 같이 작업기가 마련된 트랙터에서 PTO 기어박스 내의 기어들의 잔여 수명을 실시간으로 예측할 수 있으므로, 이를 기반으로 기어 수명이 다하기 이전에 미리 기어를 교체함으로써, 기어의 고장 및 파손으로 인해 발생하는 2차 및 3차 다른 부품의 파손을 방지할 수 있는 장점이 있다.

[0021] 또한, 본 발명에 따르면 기어박스의 교체비 또는 수리비는 매우 고가인데, 미리 기어 수명을 예측하여 사전에 적절히 대처할 수 있도록 도모해줌으로써, 기어 교체 시기를 놓쳐 2차 및 3차 부품 파손으로 인해 발생할 수 있는 작업자의 안전 위협 사항도 해소할 수 있는 장점이 있다.

[0022] 또한, 본 발명에 따르면 기어 교체 시기를 인지하지 못하고, 작업자의 주관적인 판단에 의해 수명이 다하지 않은 기어를 교체함으로써 발생하는 비용 부담도 줄여 줄 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 트랙터 PTO축 어댑터를 이용한 PTO기어 잔여수명 예측장치가 적용되는 트랙터의 개략 구성도,

도 2는 본 발명의 바람직한 실시 에에 따른 트랙터 PTO축 어댑터를 이용한 PTO기어 잔여수명 예측장치의 블록 구성도,

도 3은 도 2의 기어수명 예측부의 실시 예 블록 구성도,

도 4는 본 발명에 적용되는 PTO 어댑터의 실시 예 사시도,

도 5는 본 발명에 적용되는 기어 AGMA 팩터를 나타낸 표,

도 6은 본 발명에 적용되는 Spur 기어 스펙을 나타낸 표,

도 7은 본 발명에 적용되는 AGMA 팩터를 나타낸 표,

도 8은 본 발명에 적용된 피니언 및 기어의 응력 예시도,

도 9는 본 발명에 적용되는 금속 S-N선도,

도 10은 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 트랙터 PTO축 어댑터를 이용한 PTO기어 잔여수명 예측방법을 보인 흐름도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 이하 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 트랙터 PTO축 어댑터를 이용한 PTO기어 잔여수명 예측장치 및 그 방법을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0025] <실시 예1>

[0026] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 트랙터 PTO축 어댑터를 이용한 PTO기어 잔여수명 예측장치가 적용되는 트랙터의 개략 구성도이다.

[0027] 본 발명에 따른 트랙터 PTO축 어댑터를 이용한 PTO기어 잔여수명 예측장치가 적용되는 트랙터는 통상의 트랙터(10)의 엔진에 연결되는 PTO축(20)을 이용하여 작업기(40)를 연결하고, 작업기(40)를 동작시킨다.

[0028] 여기서 본 발명은 PTO축(20)과 작업기(40)를 연결하여 트랙터 엔진에서 발생한 동력을 작업기로 전달하기 위한 연결 장치로 PTO 어댑터(30)를 이용한다. PTO 축(20)과 작업기(40) 사이에 PTO 어댑터(30)를 장착한 후 PTO 어댑터(30) 위에 PTO 토크 센서(31)를 장착하여 PTO축(20)에 걸리는 토크를 실시간으로 측정한다. 이로써 기존의 트랙터 구조상 PTO축 토크 측정의 어려움을 개선할 수 있게 되는 것이다.

[0029] PTO 어댑터(30)는 도 4a 및 도 4b에 도시한 바와 같이, 내부에 트랙터 PTO축(20)을 삽입하여 결합하기 위한 결합부(32)가 형성된 몸체(33)가 마련된다. 몸체(33)의 일단에는 작업기(40)와 결합하는 작업기 결합부(34)가 구비되고, 몸체(33)의 일부에는 상기 PTO축(20)과 직접적으로 접촉되어 PTO 토크를 측정하는 접촉식 회전 토크 센서인 PTO 토크 센서(31)가 설치된다.

[0030] 여기서 PTO 토크 센서(31)는 스트레인 게이지(strain gage)와 같은 측정 센서를 이용할 수 있다.

[0031] 도 2는 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 PTO기어 잔여수명 예측장치 블록 구성도이다.

[0032] 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 PTO기어 잔여수명 예측장치는 PTO 토크 센서(31), PTO 속도 계산부(50), PTO기어박스정보 저장부(60), 기어 수명 예측부(70) 및 표시부(80)를 포함한다.

[0033] PTO 토크 센서(31)는 상기 PTO축(20)과 직접적으로 접촉되어 PTO 토크를 측정한다.

[0034] PTO 속도 계산부(50)는 엔진 회전수를 기초로 PTO 속도를 계산하는 역할을 한다. 엔진 회전수는 트랙터의 엔진 회전수 검출장치를 그대로 이용하는 것이 바람직하다.

[0035] PTO기어박스정보 저장부(60)는 PTO 기어박스에 마련된 기어의 정보를 저장하는 역할을 한다. 여기서 기어의 정보는 기어의 재료, 윤활유 종류, 기어 표면의 열처리 정보 등을 포함할 수 있다.

[0036] 기어 수명 예측부(70)는 상기 PTO 토크 센서(31)와 PTO 속도 계산부(50) 및 PTO기어박스정보 저장부(60)에서 각각 획득한 PTO 기어 부하를 기초로 응력을 계산하고, 계산한 응력으로 기어의 피로 손상을 계산하여 기어의 잔여 수명을 예측하는 역할을 한다.

[0037] 이러한 기어 수명 예측부(70)는 도 3에 도시한 바와 같이, 상기 PTO 토크 센서(31)와 PTO 속도 계산부(50) 및 PTO기어박스정보 저장부(60)로부터 각각 PTO 기어 부하를 수집하는 PTO 부하 수집부(71); 상기 PTO 부하 수집부(71)에서 수집한 부하 정보를 기초로 기어의 응력을 계산하는 기어 응력 계산부(72_; 기어의 재질을 기초로 미리 설정된 금속 S-N선도를 이용하여 실시간으로 기어가 받는 응력 횟수를 계산하는 응력 횟수 계산부(73); 기어의 피로 손상 값을 계산하는 피로 손상 계산부(74); 상기 피로 손상 값을 기초로 기어의 잔여 수명을 예측하는 기어 잔여수명 예측부(75)를 포함한다.

[0038] 표시부(80)는 상기 기어 수명 예측부(70)에서 예측한 기어 잔여 수명을 디스플레이해주는 역할을 한다. 이러한 표시부(80)는 트랙터에 기본적으로 구비된 대시 보드를 이용하는 것이 바람직하다.

[0039] 이와 같이 구성된 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 트랙터 PTO축 어댑터를 이용한 PTO기어 잔여수명 예측장치를 첨부한 도면을 참조하여 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

[0040] 먼저, 도 4a 및 도 4b와 같은 PTO어댑터(30)를 이용하여 PTO축(20)과 작업기(40)를 연결하여, 트랙터 엔진에서 발생한 동력을 작업기(40)로 전달한다.

[0041] PTO 어댑터(30)는 몸체(33)의 내부에 형성된 결합부(32)를 통해 트랙터 PTO축(20)을 삽입하여 결합하고, 작업기 결합부(34)를 통해 작업기(40)와 결합한다.

[0042] PTO 어댑터(30)를 이용하여 작업기(40)와 PTO축(20)을 연결한 상태에서, 작업기(40)를 동작시키기 위해 트랙터 엔진에서 발생한 동력을 PTO축(20)을 통해 PTO어댑터(30)로 전달한다. PTO어댑터(30)는 전달되는 동력을 작업기(40)에 전달하여 작업기(40)를 동작시킨다.

[0043] 이때, PTO어댑터(30)의 소정 위치에 설치된 PTO 토크 센서(31)는 상기 PTO축(20)과 직접적으로 접촉되어 PTO 토크를 측정한다. PTO 토크 센서(31)는 스트레인 게이지(strain gage)와 같은 측정 센서를 이용하면, 용이하게 PTO 토크를 측정할 수 있다. 측정되는 PTO 토크는 기어 수명 예측부(70)에 전달된다.

[0044] 아울러 PTO 속도 계산부(50)는 트랙터에서 기본적으로 엔진의 속도(회전수)를 검출하는 엔진 속도 검출장치(인코더 센서)를 통해 엔진의 회전수를 전달받고, 이를 기초로 PTO 속도를 계산한다. 예컨대, 인코더 센서를 통해 획득한 엔진 회전수에 PTO 기어 단수에 따른 기어 비(gear ratio)를 곱하여 PTO 속도를 실시간으로 산출한다. 이렇게 실시간으로 산출되는 PTO 속도도 기어 수명 예측부(70)에 전달된다.

[0045] 기어 수명 예측부(70)는 상기 PTO 토크와 PTO 속도 및 PTO 기어박스정보 저장부(60)에 저장된 기어의 정보를 PTO 기어 부하 정보를 획득하고, 이를 기반으로 다양한 연산을 통해 기어 잔여 수명을 예측한다.

[0046] 예컨대, 기어 수명 예측부(70)는 PTO 부하 수집부(71)에서 상기 PTO 토크와 PTO 속도 및 PTO 기어 정보를 PTO 기어 부하로 수집한다. 그리고 기어 응력 계산부(72)는 취합한 다양한 정보를 기초로 굽힘 응력과 면압 응력을 계산한다.

[0047] 여기서 굽힘 응력은 이뿌리에 발생하는 응력으로서, 이로 인해 이의 피로 파괴가 발생한다. 접촉 응력은 면압 응력이라고도 하며, 이 접촉 면의 피로 강도(이의 면에서 발생하는 응력으로 인해서 이의 면이 피로 파괴되고 표면 피로(Pitting)가 발생한다.

[0048] 일반적으로 기어의 파손은 크게 기어 이의 절손과 이면의 손상을 들 수 있다. 절손은 피로 한도 이상의 굽힘 응력이 이뿌리 부분에 반복적으로 가해져 발생하고, 이면의 손상은 피로 강도 이상의 접촉 응력이 이면에 반복하

여 가해지는 경우 발생하게 된다. 따라서 두 응력을 실시간 계산을 통해 기어 파손의 상황을 미리 예측하고 대비하여야 한다. 두 응력의 계산은 신뢰성 향상을 위해 미국 기어 공업협회(American Gear Manufacturers Association, AGMA) 규격에 따른 하기의 [수학식1]과 [수학식2]를 통해 구한다.

수학식 1

[0049] $$\sigma_F = F_t k_o K_v K_s \frac{1}{b m_t} \frac{K_H K_B}{Y_J} (N/mm^2)$$

[0050] 여기서, σ_F: 굽힘 응력,

[0051] $$b = face\ \ width,\ m_t = Transverse\ metric\ \mathrm{module}$$

수학식 2

[0052] $$\sigma_H = Z_E \sqrt{F_t K_o K_v K_s \frac{K_H}{d_{w1} b} \frac{Z_R}{Z_I}} (N/mm^2)$$

[0053] 여기서 d_{w1}은 피니언 오퍼레이팅 피치원 직경으로 $d_{w1} = \frac{2a}{u+1}$ 또는 $d_{w1} = m_n S Z$로 계산된다.

[0054] 여기서 a는 operating center distance, u는 기어 비, M_n은 normal metric module, Z는 number of teeth를 나타낸다.

[0055] 기어 이에 전달되는 접선 방향의 전달력(Transmitted Tangential Load)(F_t)은 토크와 반경 관계식은 하기의 [수학식3]을 통해 직접 계산할 수 있다. 여기서 토크는 PTO 토크 센서를 통해 얻는다.

수학식 3

[0056] $$F_t = \frac{2000T}{d_{w1}} (N)$$

[0057] 여기서 T는 PTO 토크를 나타낸다.

[0058] 도 5는 상기 [수학식 1] 과 [수학식 2] 에 기재된 기어 AGMA 인자(factor)를 나타낸 것이다. 도 5의 많은 인자는 PTO 기어 재료, 받는 하중 정도 등과 같은 사용 환경이나 재료의 물성치(Meterial Property) 등을 고려하여 결정되는 인자이다.

[0059] 다음으로, 응력 횟수 계산부(73)는 기어를 구성하는 재료의 S-N 선도를 통해 기어가 실시간으로 받는 응력 횟수를 산출한다.

[0060] 본 발명에서는 실시 예로 PTO 기어 박스에 구비된 기어로 스퍼 기어(Spur Gear)를 이용하였다. 도 6은 스퍼 기어에 대한 스펙이다.

[0061] 예시로 PTO 토크 센서에서 획득한 PTO 토크가 10Nm으로 가정하면, AGMA 규격에 따라 획득한 계수 또는 인자들은 도 7과 같다.

[0062] 이때, 피니언 오퍼레이팅 피치원 직경은 피니언 50mm, 기어 90mm이고, 토크는 10Nm이므로 Ft를 구하면, 피니언 Ft = 400N이고, 기어 Ft = 222N이다.

[0063] 상기 도 6의 계수와 상기 Ft를 굽힘 응력과 접촉 응력 산출 식에 대입하면, 도 8과 같은 결과를 얻을 수 있다.

[0064] 이렇게 획득한 응력을 기어 재료에 대응하는 도 9와 같은 Steel S-N선도 그래프와 대응시켜, 응력 횟수를 산출한다.

[0065] 이후, 피로 손상 계산부(74)는 하기의 [수학식 4]와 같은 Miner's rule 이론을 통해 실시간으로 피로 손상 값을 산출한다.

수학식 4

[0066] $$X=\mathrm{Q}\frac{n_x}{N_x}\,\mathrm{D}1(Miner's\ \ rule)$$

[0067] 여기서 n_x는 재료에 응력을 가한 횟수, N_x는 어떠한 응력을 재료에 가할 때의 피로 수명을 나타낸다.

[0068] 피니언과 기어 모두 굽힘 응력은 무한 수명이므로 계산에서 제외한다. 피니언의 접촉 응력에서의 수명은 약 4×10^3 cycle, 기어의 수명은 약 3×10^7 cycle이다.

[0069] 따라서 Miner's rule에서 피니언의 피로 손상 값은 $1/4\times10^3$이고, 기어의 피로 손상 값은 $1/3\times10^7$이다.

[0070] 다음으로, 기어 잔여수명 예측부(75)는 상기와 같이 산출한 기어 피로 손상 값을 누적하여 기어 잔여수명을 예측하고, 이를 표시부(80)를 통해 디스플레이해준다. 여기서 기어 피로 손상 값이 누적되어 그 값이 1보다 작을 때 파손이 일어나지 않는다. 상기 기어 피로 손상 누적값을 구한 값을 %로 나타내어 기어 잔여 수명을 작업자가 예측하도록 한다. 상기 기어 피로 손상 누적값이 0이면 기어 잔여수명은 100%가 되고, 상기 기어 피로 손상 누적값이 1이면 기어 잔여수명은 0%가 된다.

[0071] 예를 들어, 접촉 응력의 기어 손상은 피니언이 0.025% 손상, 기어는 0.0000033% 손상으로 표시된다. 따라서 사용자는 100% 손상이 발생하기 이전에 적당한 기어 손상 값이 표시되면 미리 기어가 손상되기 이전에 기어를 교체하여, 기어 손상으로 인해 2차 및 3차 연이어 발생하는 다른 부품의 손상을 미리 방지하게 된다.

[0072] 여기서 기어 박스에는 복수의 기어가 구비되므로, 기어 잔여 수명을 디스플레이할 때는 각각의 기어에 대한 잔여 수명을 상기와 같은 방식으로 디스플레이하고, 이를 기어별로 구분하여 디스플레이해주는 것이 바람직하다. 예측된 기어 잔여 수명 중 기어 잔여 수명이 가장 적게 남은 기어에 대해 경고와 기어 잔여 수명을 디스플레이를 해주는 것이 바람직하다.

[0073] <실시 예 2>

[0074] 도 10은 본 발명에 따른 트랙터 PTO축 어댑터를 이용한 트랙터의 PTO기어 잔여수명 예측방법을 보인 흐름도로서, S는 단계(step)를 나타낸다.

[0075] 도 10에 도시한 바와 같이, 본 발명에 따른 트랙터 PTO축 어댑터를 이용한_PTO기어 잔여수명 예측방법은 (a) PTO 기어 박스의 기어에 대한 부하를 측정하는 단계(S10); (b) 상기 (a)단계에서 측정한 PTO 기어의 부하 정보를 기초로 기어 응력을 계산하는 단계(S20); (c) 기어의 재질을 기초로 미리 설정된 S-N 선도를 이용하여 실시간으로 기어가 받는 응력 횟수를 계산하는 단계(S30); (d) 기어의 피로 손상 값을 계산하는 단계(S40); (e) 상기 피로 손상 값을 기초로 기어의 잔여 수명을 예측하는 단계(S50); 및 (f) 상기 (e)단계에서 예측한 기어 잔여 수명 예측 결과를 디스플레이해주는 단계(S60)를 포함한다.

[0076] 상기 (a)단계의 기어에 대한 부하는 PTO 토크, 엔진 회전수, PTO 속도, 기어의 재료, 윤활유 종류, 기어 표면의 열처리 정보 중 적어도 어느 하나 이상을 포함하는 것이 바람직하다.

[0077] 이와 같이 구성된 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 트랙터 PTO축 어댑터를 이용한 PTO기어 잔여수명 예측방법을 첨부한 도면을 참조하여 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

[0078] 먼저, 단계 S10에서 PTO 기어 박스에 마련된 각각의 기어 부하를 측정한다. 기어 부하는 PTO 토크 센서(31)를 이용한 PTO 토크, PTO 속도 계산부(50)를 이용하여 산출한 PTO 속도, 그리고 PTO 기어박스정보 저장부(60)에 저장된 기어의 정보인 재료, 윤활유 종류, 기어 표면 열처리 정보 등을 포함한다. PTO 속도는 인코더 센서를 통해

획득한 엔진 회전수에 PTO 기어 단수에 따른 기어 비(gear ratio)를 곱하여 PTO 속도를 실시간으로 산출한다.

[0079] 다음으로, 단계 S20에서 기어 응력 계산부(72)는 취합한 다양한 정보를 기초로 굽힘 응력과 면압 응력을 계산한다. 여기서 굽힘 응력은 이뿌리에 발생하는 응력으로서, 이로 인해 이의 피로 파괴가 발생한다. 접촉 응력은 면압 응력이라고도 하며, 이 접촉 면의 피로 강도(이의 면에서 발생하는 응력으로 인해서 이의 면이 피로 파괴되고 표면 피로(Pitting)가 발생한다. 두 응력의 계산은 신뢰성 향상을 위해 미국 기어 공업협회(American Gear Manufacturers Association, AGMA) 규격에 따른 상기 [수학식 1]과 [수학식 2]를 통해 산출한다.

[0080] 기어 이에 전달되는 접선 방향의 전달력(Transmitted Tangential Load)(F_t)은 토크와 반경 관계식은 상기 [수학식3]을 통해 계산한다.

[0081] 다음으로, 단계 S30에서 응력 횟수 계산부(73)는 기어를 구성하는 재료의 S-N 선도를 통해 기어가 실시간으로 받는 응력 횟수를 산출한다.

[0082] 본 발명에서는 실시 예로 PTO 기어 박스에 구비된 기어로 스퍼 기어(Spur Gear)를 이용하였다.

[0083] 예시로 PTO 토크 센서에서 획득한 PTO 토크가 10Nm으로 가정하면, AGMA 규격에 따라 획득한 계수 또는 인자들은 도 7과 같다.

[0084] 이때, 피니언 오퍼레이팅 피치원 직경은 피니언 50mm, 기어 90mm이고, 토크는 10Nm이므로 Ft를 구하면, 피니언 Ft = 400N이고, 기어 Ft = 222N이다.

[0085] 상기 도 6의 계수와 상기 Ft를 굽힘 응력과 접촉 응력 산출 식에 대입하면, 도 8과 같은 결과를 얻을 수 있다.

[0086] 이렇게 획득한 응력을 기어 재료에 대응하는 도 9와 같은 Steel S-N선도 그래프와 대응시켜, 응력 횟수를 산출한다.

[0087] 이후, 단계 S40에서 피로 손상 계산부(74)는 상기의 [수학식 4]와 같은 Miner's rule 이론을 통해 실시간으로 피로 손상 값을 산출한다.

[0088] 피니언과 기어 모두 굽힘 응력은 무한 수명이므로 계산에서 제외한다. 피니언의 접촉 응력에서의 수명은 약 4×10^3 cycle, 기어의 수명은 약 3×10^7 cycle이다.

[0089] 따라서 Miner's rule에서 피니언의 피로 손상 값은 $1/4\times10^3$이고, 기어의 피로 손상 값은 $1/3\times10^7$이다.

[0090] 다음으로, 단계 S50에서 기어 잔여수명 예측부(75)는 상기와 같이 산출한 기어 피로 손상값을 누적하여 기어 잔여수명을 예측하고, 단계 S60에서 표시부(80)를 통해 기어 잔여 수명 예측 값을 디스플레이해준다. 여기서 기어 피로 손상 값이 누적되어 그 값이 1보다 작을 때 파손이 일어나지 않는다. 상기 기어 피로 손상 누적값을 구한 값을 %로 나타내어 기어 잔여 수명을 작업자가 예측하도록 한다. 상기 기어 피로 손상 누적값이 0이면 기어 잔여수명은 100%가 되고, 상기 기어 피로 손상 누적값이 1이면 기어 잔여수명은 0%가 된다.

[0091] 예를 들어, 접촉 응력의 기어 손상은 피니언이 0.025% 손상, 기어는 0.0000033% 손상으로 표시된다. 따라서 사용자는 100% 손상이 발생하기 이전에 적당한 기어 손상 값이 표시되면 미리 기어가 손상되기 이전에 기어를 교체하여, 기어 손상으로 인해 2차 및 3차 연이어 발생하는 다른 부품의 손상을 미리 방지하게 된다.

[0092] 여기서 기어 박스에는 복수의 기어가 구비되므로, 기어 잔여 수명을 디스플레이할 때는 각각의 기어에 대한 잔여 수명을 상기와 같은 방식으로 디스플레이하고, 이를 기어별로 구분하여 디스플레이해주는 것이 바람직하다. 예측된 기어 잔여 수명 중 기어 잔여 수명이 가장 적게 남은 기어에 대해 경고와 기어 잔여 수명을 디스플레이를 해주는 것이 바람직하다.

[0093] 이상 본 발명자에 의해서 이루어진 발명을 상기 실시 예에 따라 구체적으로 설명하였지만, 본 발명은 상기 실시 예에 한정되는 것은 아니고 그 요지를 이탈하지 않는 범위에서 여러 가지로 변경 가능한 것은 물론이다.

산업상 이용가능성

[0094] 본 발명은 농업기계나 산업기계와 같이 작업기를 이용하여 작업을 하는 트랙터에서 PTO를 이용하여 작업기에 동력을 전달하는 경우, PTO기어의 잔여 수명을 예측하는 기술에 적용된다.

부호의 설명

[0095] 10: 트랙터

20: PTO축

30: PTO 어댑터

31: PTO 토크 센서

40: 작업기

50: PTO 속도 계산부

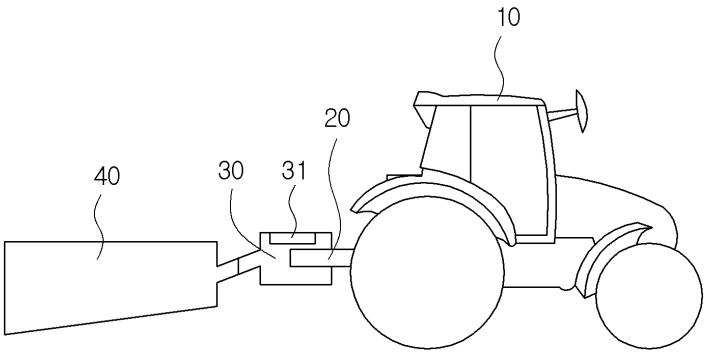
60: PTO 기어박스정보 저장부

70: 기어 수명 예측부

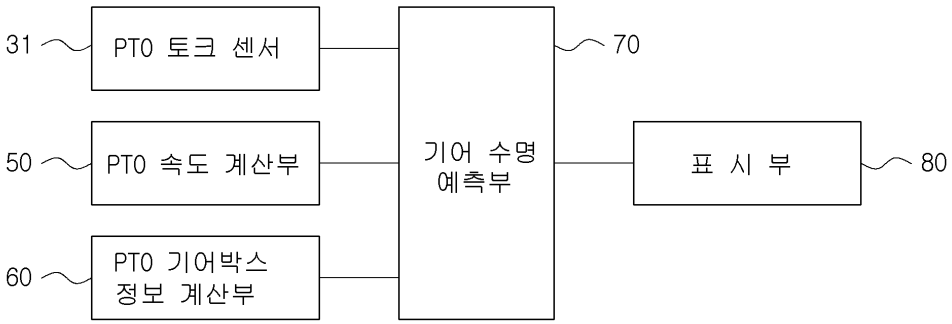
80: 표시부

도면

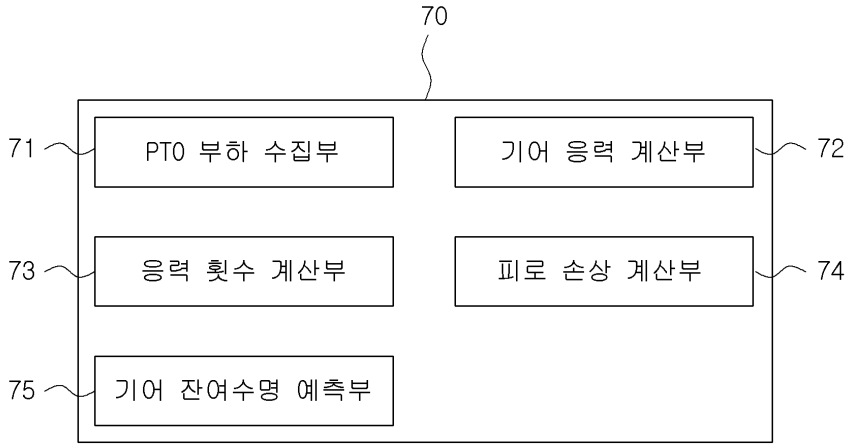
도면1



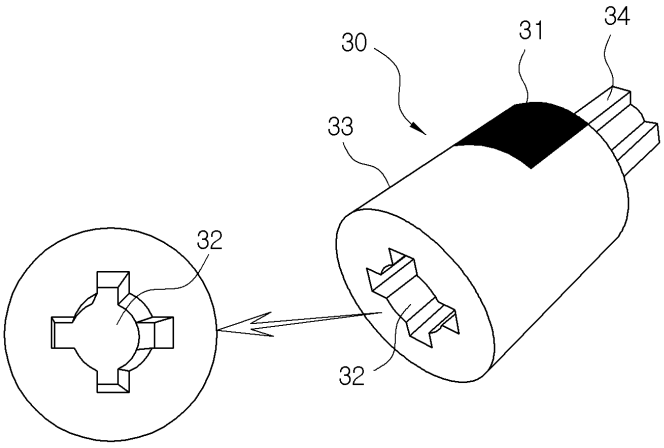
도면2



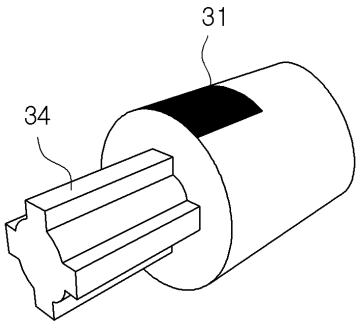
도면3


70
71
PTO 부하 수집부
기어 응력 계산부
72
73
응력 횟수 계산부
피로 손상 계산부
74
75
기어 잔여수명 예측부

도면4


30
31
34
33
32
32

(a)


31
34

(b)

도면5

Factor	Strength	Wear
Dynamic Factor	K_v	K_v
Elastic Factor		Z_E
Geometry Factor	Y_J	Z_I
Load Distribution Factor	K_H	K_H
Overload Factor	K_o	K_o
Size Factor	K_s	K_s
Surface Condition Factor		Z_R
Rim thickness Factor	K_B	

도면6

Factor	Pinion	Gear
Number of Teeth	20	36
Hardness	200 BHN	200 BHN
Material Type	Through-hardened steel-Grade 1	
Module	2.5	
Normal Pressure Angle	20°	
Face Width	18 mm	
RPM	100	
Power	120 W	
AGMA Quality Number	6	
Type of Load	Uniform Shock	
Gear Lead Type	Uncrowned lead	
Installation Type	Open Gearing Installation	

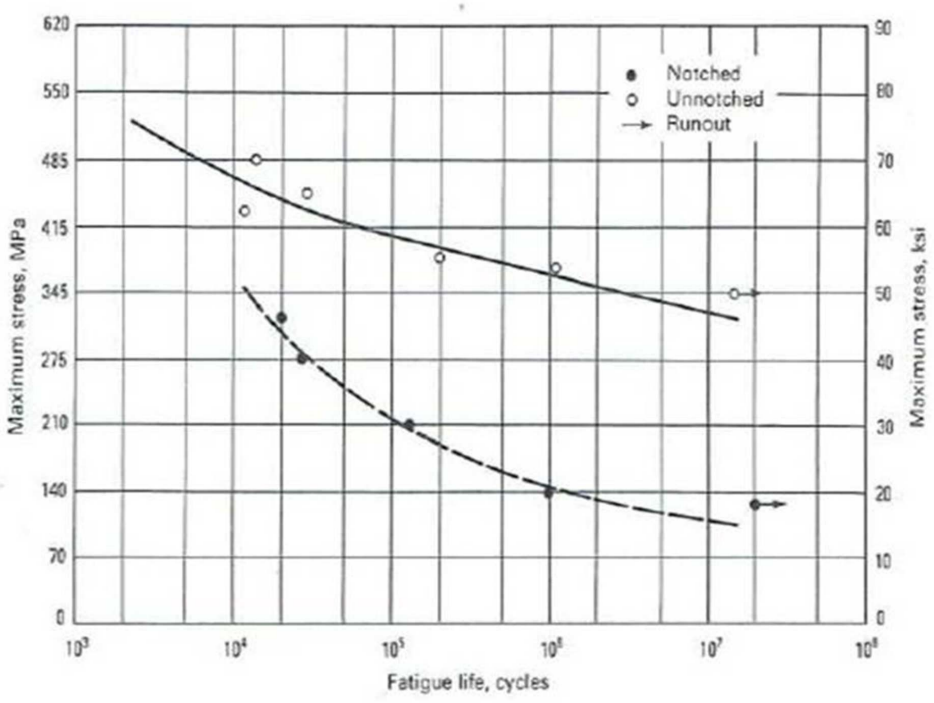
도면7

Factor		Pinion	Gear
Dynamic Factor/ Kv		1.099	
Elastic Factor /ZE		187.027	
Geometry Factor	Bending YJ	0.291	0.345
	Pitting ZI	0.1033	
Load Distribution Factor /KH		1.284	
Overload Factor /Ko		1	
Size Factor /Ks		1.194	1.120
Surface Condition Factor /ZR		1	
Rim thickness Factor/ KB		1	

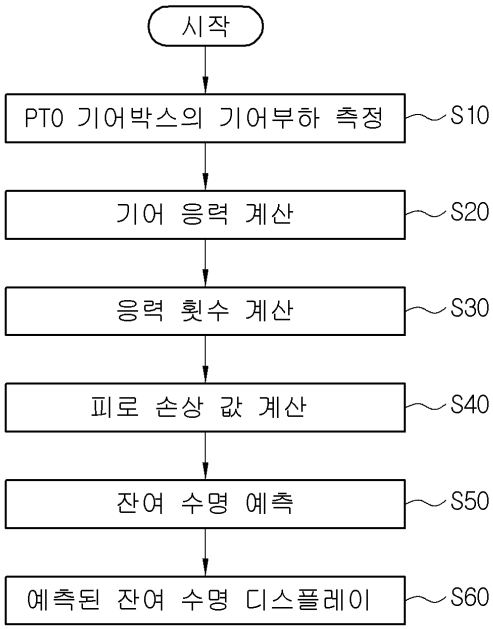
도면8

응력	Pinion	Gear
굽힘 응력(MPa)	51.5	24.1
접촉 응력(MPa)	503.5	280.1

도면9


Notched
Unnotched
Runout
Maximum stress, MPa
Maximum stress, ksi
Fatigue life, cycles
620
550
485
415
345
275
210
140
70
0
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
10^3
10^4
10^5
10^6
10^7
10^8

도면10


시작
PTO 기어박스의 기어부하 측정
S10
기어 응력 계산
S20
응력 횟수 계산
S30
피로 손상 값 계산
S40
잔여 수명 예측
S50
예측된 잔여 수명 디스플레이
S60