(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년05월29일
(11) 등록번호 10-1983567
(24) 등록일자 2019년05월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F16H 61/12 (2010.01) *B60W 50/00* (2006.01)
F16H 59/14 (2006.01)
(52) CPC특허분류
F16H 61/12 (2013.01)
F16H 59/141 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0019036
(22) 출원일자 2019년02월19일
심사청구일자 2019년02월19일
(56) 선행기술조사문헌
JP2009537769 A
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
김완수
대전시 유성구 온천로 107번길 15 좋은하루3차 810호
김택진
충북 옥천군 옥천읍 문장로2길 10, 문정주공아파트 303-503
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이충한

전체 청구항 수 : 총 8 항 심사관 : 김동욱

(54) 발명의 명칭 **트랙터 변속기의 수명 예측 시스템 및 방법**

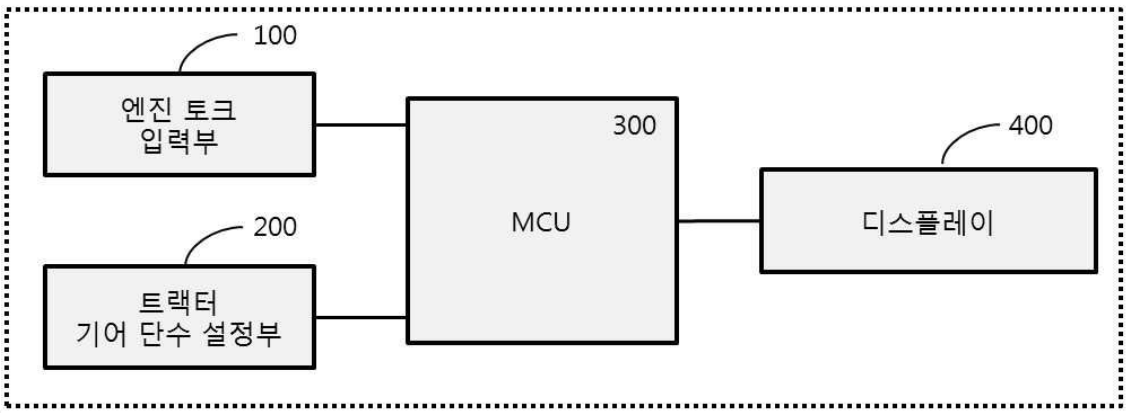
(57) 요 약

본 발명은 변속기 수명 예측 시스템 및 방법에 관한 것으로, 본 발명의 하나의 양태에 따르면, 트랙터 변속기의 수명 예측 시스템이 제공되고, 이 시스템은,

트랙터의 엔진에 CAN 통신을 통해 연결되어 실시간으로 엔진 토크를 수집하도록 구성된 엔진 토크 입력부; 사용

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



자 또는 트랙터의 엔진으로부터 기어 단수 정보를 획득하기 위한 기어 단수 설정부; 엔진 토크 정보 및 기어 단수 정보에 따라 변속기의 손상합 및 잔여 수명을 계산하기 위한 MCU; 및 변속기내 기어별 잔여 수명을 표시하도록 구성된 디스플레이를 포함하고,

상기 MCU는 실시간 변속기 입력축 부하에 따라 동력 전달에 사용된 각 기어들이 받은 부하 계산하고, 설정한 주기마다 각 기어들이 받은 부하를 수명 계산식을 이용하여 손상합으로 환산하고, 손상합 1일때 잔여수명 0%, 손상합 0일때 잔여수명 100%로 누적하여 디스플레이에 표시하도록 구성된다.

(52) CPC특허분류
B60W 2050/0057 (2013.01)
B60Y 2200/221 (2013.01)
F16H 2061/1208 (2013.01)

(72) 발명자
백승윤
경기도 화성시 동탄지성로 405 대우푸르지오아파트 109동 703호
백승민
대전광역시 유성구 궁동 410-4 하나빌딩 404호
이남규
경기도 평택시 평택 4로 123, 102동 101호 (비전동, 신세계타운@)
문석표
대전광역시 유성구 궁동 460-8, 103호
MD ABU AYUB SIDDIQUE
대전광역시 유성구 궁동로 71, 301호
정연준
대전광역시 서구 가수원동 1016, 301호
김용주
세종시 국책연구원1로 15, 중흥 리버뷰1차아파트 901동 303호(소담동,새샘마을9단지)

(56) 선행기술조사문헌
JP61006026 A
KR101576007 B1
KR1019970021858 A
US20050149290 A1
JP2013088121 A

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 10062546
부처명 산업통상자원부
연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원
연구사업명 기계산업핵심기술개발사업
연구과제명 트랙터용 농작업 부하 DB 구축 및 동력 전달시스템 시뮬레이션 모델 개발
기 여 율 1/1
주관기관 충남대학교 산학협력단
연구기간 2016.05.01 ~ 2021.04.03

명 세 서

청구범위

청구항 1

트랙터 변속기의 수명 예측 시스템에 있어서,

트랙터의 엔진에 CAN 통신을 통해 연결되어 실시간으로 엔진 토크를 수집하도록 구성된 엔진 토크 입력부,

사용자 또는 트랙터의 엔진으로부터 기어 단수 정보를 획득하기 위한 기어 단수 설정부;

엔진 토크 정보 및 기어 단수 정보에 따라 변속기의 손상합 및 잔여 수명을 계산하기 위한 MCU; 및

변속기내 기어별 잔여 수명을 표시하도록 구성된 디스플레이를 포함하고,

상기 MCU는 실시간 변속기 입력축 부하에 따라 동력 전달에 사용된 각 기어들이 받은 부하 계산하고, 설정한 주기마다 각 기어들이 받은 부하를 수명 계산식을 이용하여 손상합으로 환산하고, 손상합 1일때 잔여수명 0%, 손상합 0일때 잔여수명 100%로 누적하여 디스플레이에 표시하는 것을 특징으로 하는

트랙터 변속기의 수명 예측 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 MCU는 변속기 기어 데이터베이스를 포함하고,

변속기 기어 데이터베이스는 각 작업단수별로 연결되는 기어 정보 및 각 기어별 S-N Curve 정보, 기어 제원 정보가 저장되어진 것을 특징으로 하는

트랙터 변속기의 수명 예측 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 기어 제원 정보는 기어별 피치원 지름, 잇수, 치폭 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는

트랙터 변속기의 수명 예측 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 MCU는 기어별 작업 부하 산출부를 포함하고, 기어별 작업 부하 산출부는 사용자가 기어단수 설정부에서 설정한 기어의 작업 단수에 따라 연결된 각 기어들의 기어비와 엔진에서 출력되는 토크를 이용하여 각 기어별 작업 부하 또는 기어별 입력 토크를 산출하도록 구성된 것을 특징으로 하는

트랙터 변속기의 수명 예측 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 기어별 작업부하 산출부는 상기 기어별 입력토크를 Rain-flow counting을 통해 Mean(평균), Amplitude(진

폭), Number of cycle(빈도수)에 대한 3차원 데이터인 부하 스펙트럼 데이터로 변환하고, 부하 스펙트럼 데이터를 이용하여 평균(Mean)값과 진폭(Amplitude)를 SWT(Smith-Wattson Topper)식(수학식 1)

$$T_e = \sqrt{(t_a + t_m)t_a} \quad (1)$$

T_e : 등가 토크 (Nm)

t_a : 토크 진폭 (Nm)

t_m : 평균 토크(Nm)

을 이용하여 등가 토크-빈도수로 계산하는 것을 특징으로하는

트랙터 변속기의 수명 예측 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 기어별 작업부하 산출부는 기어 제원 정를 기반으로 등가 토크를 다음의 수학식 (2) 및 (3);

$$\sigma = \frac{W_t}{F \times p \times y} \quad (2)$$

σ : 응력(MPa)

W_t : 기어의 치 끝에서의 접선력 (N)

F : 치폭 (mm)

p : 피치원 지름(mm)

y : 루이스 계수

$$W_t = \frac{T}{R} \quad (3)$$

T : 토크(Nm)

R : 피치원 지름(m)

을 이용해서 S(응력)-N(빈도수) 데이터로 환산하는 것을 특징으로 하는

트랙터 변속기의 수명 예측 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 MCU는 잔여수명 예측부를 포함하고,

상기 잔여수명 예측부는 기어별 작업부하 산출부에서 계산된 응력-빈도수 데이터와 각 기어별 S-N 선도에 다음의 식 (4)

$$D_t = \sum_{i=1}^{k} \frac{n_i}{N_i} \qquad (4)$$

D_t : 손상합

n_i : 수집된 데이터의 Number of cycle

N_i : 재료의 수명(cycles)

로 나타낸 바와 같은 Miner's rule을 적용하여 손상합을 계산하고,

손상합 데이터를 기반으로 손상합이 0이면 잔여수명 100%, 손상합이 1이면 잔여수명 0%로하여 잔여수명을 계산하는 것을 특징으로 하는

트랙터 변속기의 수명 예측 시스템.

청구항 8

청구항 제1항에 기재된 트랙터 변속기의 수명 예측 시스템을 이용한 변속기 기어의 수명 예측 방법에 있어서,

트랙터 변속기 수명 예측 시스템의 엔진토크 입력부를 트랙터의 엔진회로에 캔통신을 통해 연결하는 단계;

트랙터 기어 단수 설정부를 통해 트랙터의 기어 단수를 설정하는 단계;

변속기내 기어가 해당하는 단수로 배열되는 단계;

MCU에서 각 기어별로 발생되는 부하 데이터를 수집하고, MPU의 변속기 기어 DB 내의 데이터와 수집된 부하 데이터에 기반하여 응력-사이클을 산출하는 단계;

MCU에서 변속기 기어 데이터베이스에 저장된 기어별 S-N 선도 정보와 이전 단계에서 산출된 응력-사이클을 이용하여 기어별 손상합을 산출하는 단계;

취득된 기어별 손상합에 기반하여 잔여 수명을 산출하고, 잔여수명을 누적 합산하고 저장하는 단계; 및

MPU에서 기어별 누적 합산된 잔여 수명이 미리정해진 기준값 이하인지 여부를 판단하고 기어별 누적 합산 잔여수명이 기준값 보다 작은 경우에는 기어별 잔여수명을 디스플레이에 표시하여 사용자에게 알려주는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는

변속기 기어의 수명 예측 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 변속기 수명 예측 시스템 및 방법에 관한 것으로 보다 구체적으로는 사전에 트랙터 변속기 기어 수명을 예측하고, 부품 수급 및 수리를 적시적기에 가능하게하여 추가적인 피해를 예방하는데 기여할수 있는 트랙터 변속기의 수명 예측 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 트랙터는 토양환경 조건에서 부착 작업기를 견인하여 작업을 수행하는 특수목적용 차량이다. 트랙터는 낮은 속도, 높은 토크 조건에서 작업을 수행하며, 부착 작업기의 종류와 토양환경 조건 등에 따라 큰 변동 부하를 나타낸다. 이러한 트랙터의 고토크와 큰 변동부하 조건은 트랙터 변속기 기어의 수명에 큰 영향을 미친다.

[0005] 변속기 기어들의 파손은 작업자인 농민이 외관으로 파악하기 어려우며, 제대로된 원인 파악 없이 계속해서 트랙터를 작동시키는 경우 2차, 3차의 추가적인 변속기내 부품 파손이 일어날 가능성이 매우 높다.

[0007] 또한, 농업은 1년의 주기에 거쳐 여러 작업을 수행해야만 하고, 각 작업마다 작업 적기가 있기 때문에, 작업 적기에 작업을 수행하는 것이 무엇보다 중요하다. 그러나 만일 작업 적기에 트랙터 변속기 파손이 발생하고, 해당 부품 수급이 지연되게 되면, 신속하게 트랙터 수리를 못할 시 작업 적기를 놓치게 되고 이로인해 발생하는 추가 피해는 막심하게 된다.

[0009] 이와 같은 트랙터의 변속기의 진단과 관련해서, 종래 토크센서를 이용하여 트랙터 변속기의 잔여수명을 예측하였거나, PTO 기어에 대해서만 수명예측을 수행하는 것이 알려져 있지만, 토크 센서를 이용하는 경우 토크 센서 자체가 고가이기 때문에 실제 농가에서 이를 이용하여 변속기의 수명을 예측하는 것은 불가능하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명은 전술한 문제점에 기반하여 안출된 발명으로 사전에 트랙터 변속기 기어 수명을 예측하고, 부품 수급 및 수리를 적시 적기에 가능하게하여 추가적인 피해를 예방하는데 기여할수 있는 트랙터 변속기의 수명 예측 시스템 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0013] 또한 본 발명은 고가의 토크 센서를 사용하지 않고 트랙터 변속기의 수명을 예측할 수 있는 변속기의 수명 예측 시스템 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0015] 전술한 과제를 해결하기 위해 본 발명의 하나의 양태에 따르면, 트랙터 변속기의 수명 예측 시스템이 제공되고, 이 시스템은,

[0016] 트랙터의 엔진에 CAN 통신을 통해 연결되어 실시간으로 엔진 토크를 수집하도록 구성된 엔진 토크 입력부; 사용자 또는 트랙터의 엔진으로부터 기어 단수 정보를 획득하기 위한 기어 단수 설정부; 엔진 토크 정보 및 기어 단수 정보에 따라 변속기의 손상합 및 잔여 수명을 계산하기 위한 MCU; 및 변속기내 기어별 잔여 수명을 표시하도록 구성된 디스플레이를 포함하고,

[0017] 상기 MCU는 실시간 변속기 입력축 부하에 따라 동력 전달에 사용된 각 기어들이 받은 부하 계산하고, 설정한 주기마다 각 기어들이 받은 부하를 수명 계산식을 이용하여 손상합으로 환산하고, 손상합 1일때 잔여수명 0%, 손상합 0일때 잔여수명 100%로 누적하여 디스플레이에 표시하도록 구성된다.

[0019] 전술한 양태에서 MCU는 변속기 기어 데이터베이스를 포함하고, 변속기 기어 데이터베이스는 각 작업단수별로 연결되는 기어 정보 및 각 기어별 S-N Curve 정보, 기어 제원 정보가 저장되어진다.

[0021] 전술한 양태에서, 상기 기어 제원 정보는 기어별 피치원 지름, 잇수, 치폭 정보를 포함하는 것이 바람직하다.

[0023] 또한 전술한 양태에서, MCU는 기어별 작업 부하 산출부를 포함하고, 기어별 작업 부하 산출부는 사용자가 기어 단수 설정부에서 설정한 기어의 작업 단수에 따라 연결된 각 기어들의 기어비와 엔진에서 출력되는 토크를 이용하여 각 기어별 작업 부하 또는 기어별 입력 토크를 산출하도록 구성된다.

[0025] 전술한 양태에서 기어별 작업부하 산출부는 상기 기어별 입력토크를 Rain-flow counting을 통해 Mean(평균), Amplitude(진폭), Number of cycle(빈도수)에 대한 3차원 데이터인 부하 스펙트럼 데이터로 변환하고, 부하 스펙트럼 데이터를 이용하여 평균(Mean)값과 진폭(Amplitude)를 SWT(Smith-Wattson Topper)식(수학식 1)

[0026] $$T_e = \sqrt{(t_a + t_m)t_a} \quad (1)$$

T_e : 등가 토크 (Nm)

t_a : 토크 진폭 (Nm)

t_m : 평균 토크(Nm)

[0027]

[0028] 을 이용하여 등가 토크-빈도수로 계산한다.

[0030] 전술한 양태에서 기어별 작업부하 산출부는 기어 제원 정를 기반으로 등가 토크를 다음의 수학식 (2) 및 (3);

[0031] $$\sigma = \frac{W_t}{F \times p \times y} \quad (2)$$

σ : 응력(MPa)

W_t : 기어의 치 끝에서의 접선력 (N)

F : 치폭 (mm)

p : 피치원 지름(mm)

[0032] y : 루이스 계수

[0033] $$W_t = \frac{T}{R} \quad (3)$$

T : 토크(Nm)

[0034] R : 피치원 지름(m)

[0035] 을 이용해서 S(응력)-N(빈도수) 데이터로 환산하도록 구성된다.

[0037] 또한 전술한 양태에서, MCU는 잔여수명 예측부를 포함하고,

[0038] 상기 잔여수명 예측부는 기어별 작업부하 산출부에서 계산된 응력-빈도수 데이터와 각 기어별 S-N 선도에 다음의 식 (4)

[0039] $$D_t = \sum_{i=1}^{k} \frac{n_i}{N_i} \quad (4)$$

D_t : 손상합

n_i : 수집된 데이터의 Number of cycle

[0040] N_i : 재료의 수명(cycles)

[0041] 로 나타낸 바와 같은 Miner's rule을 적용하여 손상합을 계산하고,

[0042] 손상합 데이터를 기반으로 손상합이 0이면 잔여수명 100%, 손상합이 1이면 잔여수명 0%로하여 잔여수명을 계산한다.

[0044] 또한 전술한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 다른 양태에 따르면, 트랙터 변속기의 수명 예측 시스템을 이용한 변속기 기어의 수명 예측 방법이 제공되고, 이 방법은,

[0045] 트랙터 변속기 수명 예측 시스템의 엔진토크 입력부를 트랙터의 엔진회로에 캔통신을 통해 연결하는 단계;

[0046] 트랙터 기어 단수 설정부를 통해 트랙터의 기어 단수를 설정하는 단계;

[0047] 변속기내 기어가 해당하는 단수로 배열되는 단계;

[0048] MCU에서 각 기어별로 발생되는 부하 데이터를 수집하고, MPU의 변속기 기어 DB 내의 데이터와 수집된 부하 데이터에 기반하여 응력-사이클을 산출하는 단계;

[0049] MCU에서 변속기 기어 데이터베이스에 저장된 기어별 S-N 선도 정보와 이전 단계에서 산출된 응력-사이클을 이용하여 기어별 손상합을 산출하는 단계;

[0050] 취득된 기어별 손상합에 기반하여 잔여 수명을 산출하고, 잔여수명을 누적 합산하고 저장하는 단계; 및

[0051] MPU에서 기어별 누적 합산된 잔여 수명이 미리정해진 기준값 이하인지 여부를 판단하고 기어별 누적 합산 잔여 수명이 기준값 보다 작은 경우에는 기어별 잔여수명을 디스플레이에 표시하여 사용자에게 알려주는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0053] 본 발명에 따르면 고가의 토크 센서를 사용하지 않고 트랙터 변속기의 수명을 예측하는 것이 가능해지고, 그에 따라 변속기의 부품을 적시 적기에 교체 또는 수리하는 것을 가능하게하여 추가적인 피해를 예방하는데 기여할 수 있는 트랙터 변속기의 수명 예측 시스템 및 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0055] 도 1은 본 발명에 따른 트랙터 변속기의 수명 예측 시스템의 전체 구성을 나타내는 기능 블록도.

도 2는 본 발명에 따른 트랙터 변속기의 수명 예측 시스템에서의 MCU의 구성을 나타내느 기능 블럭도.

도 3은 본 발명에 따른 트랙터 변속기의 수명 예측 시스템에서 변속기 기아 연결 관계를 설명하기 위한 도면.

도 4는 본 발명에 따른 트랙터 변속기의 수명 예측 시스템에서 변속기가 특정 단수에 있을 때 각각의 기어에 부가되는 부하를 계산하는 것을 설명하기 위한 설명도.

도 6은 본 발명에 따른 트랙터 변속기의 수명 예측 시스템의 디스플레이의 화면 출력 구성을 설명하기 위한 설명도.

도 7은 본 발명에 따른 트랙터 변속기의 수명 예측 시스템을 이용한 변속기 수명 예측 방법을 나타내는 흐름도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0056] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되는 실시예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이다.

[0058] 본 명세서에서 본 실시예는 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다. 그리고 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 따라서, 몇몇 실시예들에서, 잘 알려진 구성 요소, 잘 알려진 동작 및 잘 알려진 기술들은 본 발명이 모호하게 해석되는 것을 피하기 위하여 구체적으로 설명되지 않는다.

[0060] 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다. 그리고, 본 명세서에서 사용된(언급된) 용어들은 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 또한, '포함(또는, 구비)한다'로 언급된 구성 요소 및 동작은 하나 이상의 다른 구성요소 및 동작의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0062] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 정의되어 있지 않은 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다. 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대해 설명하도록 한다.

[0064] 도 1은 본 발명에 따른 트랙터 변속기의 수명 예측 시스템을 개략적으로 나타낸 블록도 이다.

[0066] 본 발명에서 트랙터는 Tier-4 엔진이 탑재되어 엔진 토크 데이터 정보 수집이 가능한 트랙터를 대상으로 한다. 국내 트랙터의 경우 Tier-4 환경 규제를 받고있으며, Tier-4 엔진은 대부분 전자엔진을 사용하고 있기 때문에 CAN 통신을 이용하여 엔진 토크 데이터 확인하는 것이 가능한다.

[0068] 먼저 도 1에 도시된 바와 같은 본 발명의 실시예에 따른 트랙터 변속기의 수명 예측 시스템은 Tier-4 엔진으로부터 CAN 통신을 통해 실시간으로 수집되는 엔진 토크 입력부(100), 사용자가 기어 단수 설정부(200), 엔진 토크 정보 및 기어 단수 정보에 따라 변속기의 손상합 및 잔여 수명을 계산하는 MCU(300), 및 변속기내 기어별 잔여 수명을 표시하는 디스플레이(400)를 포함한다.

[0070] 기어단수 설정부는 사용자로부터의 기어단 정보를 수동으로 입력받도록 구성된다. 이를 위해 변속기 수명 예측 시스템은 사용자 입력을 위한 입력 수단을 더 포함할 수도 있다. 한편, 트랙터의 전자 엔진으로부터 트랙터 변

속기의 기어단 정보를 수신할 수 있는 경우 기어단수 설정부는 트랙터의 회로부품에 연결되어 기어단 정보를 자동으로 취득할 수도 있다.

[0072] 도 2는 도 1에서 도시된 MCU(300)의 세부 구성을 나타내는 블록도이다.

[0073] 도 2에 도시된 바와 같이 본 발명에 따른 트랙터 변속기의 수명 예측 시스템에서의 MCU(300)는 변속기 기어 데이터베이스(DB)(310), 기어별 작업부하 산출부(320), 및 잔여수명 예측부(330)을 포함한다.

[0075] 변속기 기어 DB(310)는 각 작업단수별로 연결되는 기어 정보 및 각 기어별 S-N Curve 정보가 저장되는데, 서브 블록으로서 작업단수별 기어열 정보DB(311), 기어별 S-N 선도DB(312), 및 기어 제원 DB(313)로 이루어진다.

[0077] 구체적으로 작업단수별 기어열 정보DB(311)에는 각 단수에 연결되는 기어정보가 저장되고, 기어별 S-N 선도 DB(312)에는 기어의 재질마다 S-N 선도가 다르기 때문에, 변속기 내 각 기어별 재질마다의 S-N 선도가 저장되며, 기어 제원 DB(313)에는 각 기어별 피치원 지름, 잇수, 치폭 등 주요 제원 등이 저장된다.

[0079] 도 3은 단수별 기어열 정보로서 입력되는 일례를 나타낸 도면이다. 도 3의 예에서는 변속기 기어가 1단에 있을 때 기어열의 연결 정보를 나타나는 것을 예시한 것으로, 예를 들면, 1단일 때 기어열의 배열은 G1 - G5 - G9-G4로 연결될 수 있다. 작업단수별 기어열 정보 DB에는 각각의 기어 단수에 대한 변속기 기어들의 연결정보가 저장된다.

[0081] 다음으로 기어별 작업 부하 산출부(320)에 대해 설명한다. 기어별 작업 부하 산출부(320)는 사용자가 기어단수 설정부(200)에서 설정한 작업 단수에 따라 연결된 각 기어들 정보(기어비)와 엔진에서 출력되는 토크를 이용하여 각 기어별 작업 부하를 산출하도록 구성된다.

[0083] 구체적으로 기어별 작업 부하 산출부(320)는 서브 블록으로서 기어별 입력 토크 살출부(321), 등가 토크 계산부(322), 부하 스펙트럼 작성부(323), 토크 및 제원 기반 응력 계산부(324)를 포함한다.

[0085] 기어별 입력 토크 산출부(321)는 엔진으로부터 변속기 각 기어에 연결되기 까지의 기어비와 엔진 토크 데이터를 이용하여 각 기어에 걸리는 토크를 산출한다. 도 4 각 기어별로 입력 토크는 엔진 출력 토크(변속기 입력 토크)와 각 기어의 이수를 이용하여 계산된 기어비를 적용하여 계산한다.

[0087] 도 4에 도시된 예에서는 기어 단수가 1단인 예에서의 기어별 입력 토크를 산출하는 예를 나타내고 있다. 도 3에서 설명한 바와 같이 기어의 연결은, G1 -> G5 -> G9 -> G4로 연결되므로 다음과 같이 G1, G5, G9, G4에서의 기어별 토크 부하는 기어비를 적용하여 다음과 같이 계산될 수 있다.

[0089] 입력 (100 Nm) -> G1 (100 Nm) -> G5 (100 x 35/20 = 175 Nm) -> G9 (175 Nm) -> G4 (175 x 35/20 = 306.25 Nm)

[0091] 부하 스펙트럼 작성부(323)는 각 기어별로 수집된 부하 데이터를 Rain-flow counting을 통해 Mean(평균), Amplitude(진폭), Number of cycle(빈도수)에 대한 3차원 데이터로 변환한다.

[0093] 등가 토크 계산부(322)는 부하 스펙트럼 데이터를 이용하여 평균(Mean)값과 진폭(Amplitude)를 다음의 SWT(Smith-Wattson Topper)식(수학식 1)을 이용하여 등가 토크-빈도수로 계산한다.

[0094] $$T_e = \sqrt{(t_a + t_m)t_a} \quad (1)$$

T_e : 등가 토크 (Nm)

t_a : 토크 진폭 (Nm)

t_m : 평균 토크(Nm)

[0095]

[0097] 토크 및 제원 기반 응력 계산부(324)는 기어 정보를 기반으로 등가 토크를 응력으로 환산하여, S(응력)-N(빈도수) 데이터로 환산하며, 다음의 수학식 (2) 및 (3)을 이용한다.

[0098] $$\sigma = \frac{W_t}{F \times p \times y} \quad (2)$$

σ : 응력(MPa)

W_t : 기어의 치 끝에서의 접선력 (N)

F : 치폭 (mm)

p : 피치원 지름(mm)

[0099] y : 루이스 계수

[0101] $$W_t = \frac{T}{R} \quad (3)$$

T : 토크(Nm)

[0102] R : 피치원 지름(m)

[0104] 다시 도 2를 참조하면, 잔여수명 예측부(330)에 대해 설명한다. 잔여수명 예측부(330)은 작업 부하 데이터를 이용하여 사이클 카운팅, Smith Watson Topper 식, S-N Curve, Miner's rule 의 계산 과정을 거쳐 손상합을 계산하고, 손상합을 이용하여 잔여수명을 계산하도록 동작한다.

[0106] 도 2에 도시된 바와 같이 잔여수명 예측부(330)는 손상합 계산부(331), 잔여수명 계산부(332) 및 잔여수명 DB(330)을 포함한다.

[0107] 손상합 계산부(331)은 수집된 부하 데이터 기반의 응력-빈도수 데이터와 각 기어별 S-N 선도에 식 (4)로 나타낸 바와 같은 Miner's rule을 적용하여 손상합을 계산한다.

[0108] $$D_t = \sum_{i=1}^{k} \frac{n_i}{N_i} \quad (4)$$

D_t : 손상합

n_i : 수집된 데이터의 Number of cycle

[0109] N_i : 재료의 수명(cycles)

[0111] 잔여수명 계산부(332)는 손상합 데이터를 기반으로 손상합이 0이면 잔여수명 100%, 손상합이 1이면 잔여수명 0%로하여 잔여수명을 계산하고 다음의 수학식 (5)와 같다.

[0112] $$L(\%) = -100(D - 1) \quad (5)$$

L : 잔여수명(%)

[0113] D : 손상합

[0115] 잔여수명 DB(333)는 각 기어별로 계산된 잔여수명 데이터를 저장하며, 지정된 주기마다 잔여수명 계산부에서 계산된 데이터를 누적하여 DB에 저장한다.

[0117] 도 5는 잔여수명을 표시하기 위한 디스플레이부(400)의 일례를 나타낸다.

[0118] 도 5에 도시한 바와 같이 디스프레이부(400)에는 각 기어들에 대해 잔여수명 계산부(332)에서 계산된 잔여수명이 기어와 함께 표시되고, 기어 잔여 수명이 미리정해진 수치(예를 들면, 5%) 이하로 판단되는 경우에는 해당하

는 기어에 대해 교체 알람을 띄우도록 구성된다.

[0120] 도 6은 본 발명에 따른 트랙터 변속기의 수명 예측 시스템을 이용한 변속기 수명 예측 방법을 나타낸 도면이다. 도 6에 도시한 바와 같이, 단계 S100에서 사용자는 본 발명에 따른 트랙터 변속기 수명 예측 시스템의 엔진토크 입력부(100)을 트랙터의 엔진회로에 캔통신을 통해 연결하고 시스템 전원을 턴온하여 시스템을 시작한다.

[0122] 이어진 단계 110에서 사용자는 트랙터 기어 단수 설정부(200)를 통해 트랙터의 기어 단수를 설정 또는 입력하고, 단계 S120에서 변속기를 해당하는 단수로 사용자가 기어봉 등을 통해 조절함에 따라 변속기 내 기어가 해당하는 단수로 배열 및 연결되게 된다.

[0124] 단계 S130에서 MPU(300)의 기어별 작업 부하 산출부(320)는 각 기어별로 발생되는 부하 데이터를 수집하게 되고, 단계 S140에서는 MPU의 변속기 기어 DB 내의 데이터와 수집된 부하 데이터에 기반하여 응력-사이클을 산출하게 된다.

[0126] 단계 S150에서 MPU(300)의 잔여수명 예측부(330)는 변속기 기어 DB(310)에 저장된 기어별 S-N 선도 정보와 단계 S140에서 산출된 응력-사이클을 이용하여 기어별 손상합을 산출하게 된다.

[0128] 이어진 단계 S160에서 MPU(300)는 단계 S150에서 얻어진 기어별 손상합에 기반하여 잔여 수명을 산출하고, 단계 S170에서 잔여수명을 누적 합산하고 잔여 수명 DB(333)에 저장한다.

[0130] 다음으로 이어진 단계 S180에서 MPU(300)는 기어별 누적 합산된 잔여 수명이 미리정해진 기준값(5%) 이하인지를 판단한다. 단계 S180에서 기어별 누적 합산 잔여 수명이 기준값 보다 큰 경우에는(No), 단계는 S130으로 진행되고 단계 S180까지 반복되고, 단계 S180에서 기어별 누적 합산 잔여 수명이 기준값 보다 작은 경우에는(yes), 단계는 S190으로 진행된다.

[0132] 단계 S190에서 기어별로 잔여수명을 디스플레이에 표시하는 한편 기준값 이하인 기어에 대해서는 디스플레이 상에 기어교체할 것을 알람 표시하여 사용자에게 기어 교체 필요성을 알려준다.

[0134] 단계 S200에서 작업이 종료되었는지 여부가 판단되고, 작업이 종료되지 않은 경우에는 단계 S190으로 복귀하여 사용자에게 기어교체 알람을 계속하여 화면에 표시하고 단계 S200에서 작업이 종료된 경우는 단계 S210으로 진행되어 시스템을 턴오프한다.

[0136] 전술한 바와 같이, 본 발명에서는,

[0137] 1) 기어열 정보에서 각 작업단수에 따라 연결된 기어 정보 출력,

[0138] 2) 실시간 변속기 입력축 부하에 따라 동력 전달에 사용된 각 기어들이 받은 부하 계산,

[0139] 3) 설정한 주기마다 각 기어들이 받은 부하를 수명 계산식을 이용하여 손상합으로 환산하고,

[0140] 4) 손상합 1일때 잔여수명 0%, 손상합 0일때 잔여수명 100%로 누적하여 디스플레이에 표시하여 사용자에게 알려주도록 구성되어, 비교적 간단한 방법을 통해 기어의 잔여 수명을 사용자에게 알려주는 것이 가능하다.

[0142] 본 발명에 따르면 고가의 토크 센서를 사용하지 않고 트랙터 변속기의 수명을 예측하는 것이 가능해지고, 그에 따라 변속기의 부품을 적시 적기에 교체 또는 수리하는 것을 가능하게하여 추가적인 피해를 예방하는데 기여할 수 있다.

[0144] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 갖는 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 게시된 실시예는 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아닌 설명을 위한 것이고, 이런 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다.

[0146] 따라서 본 발명의 보호 범위는 전술한 실시예에 의해 제한되기 보다는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

[0148] 100: 엔진토크 입력부 200: 트랙터 기어 단수 설정부

300: MPU 400: 디스플레이

310: 변속기 기어 DB

311: 작업단수별 기어열 정보 DB

312: 기어별 S-N 선도 정보 DB

313: 기어 제어 DB

320: 기어별 작업부하 산출부

321: 기어별 입력토크 산출부

322: 등가토크 계산부

323: 부하스펙트럼 작성부

324: 토크 및 기어 제원 기반 응력 계산부

330: 잔여수명 예측부

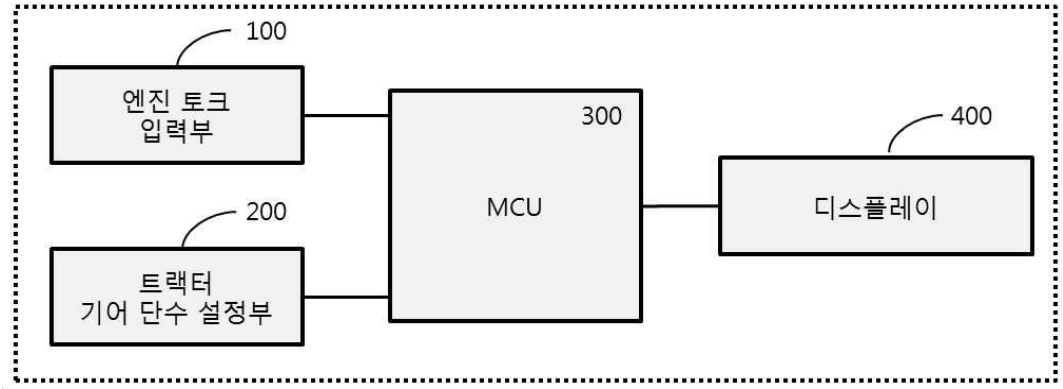
331: 손상합 계산부

332: 잔여부명 계산부

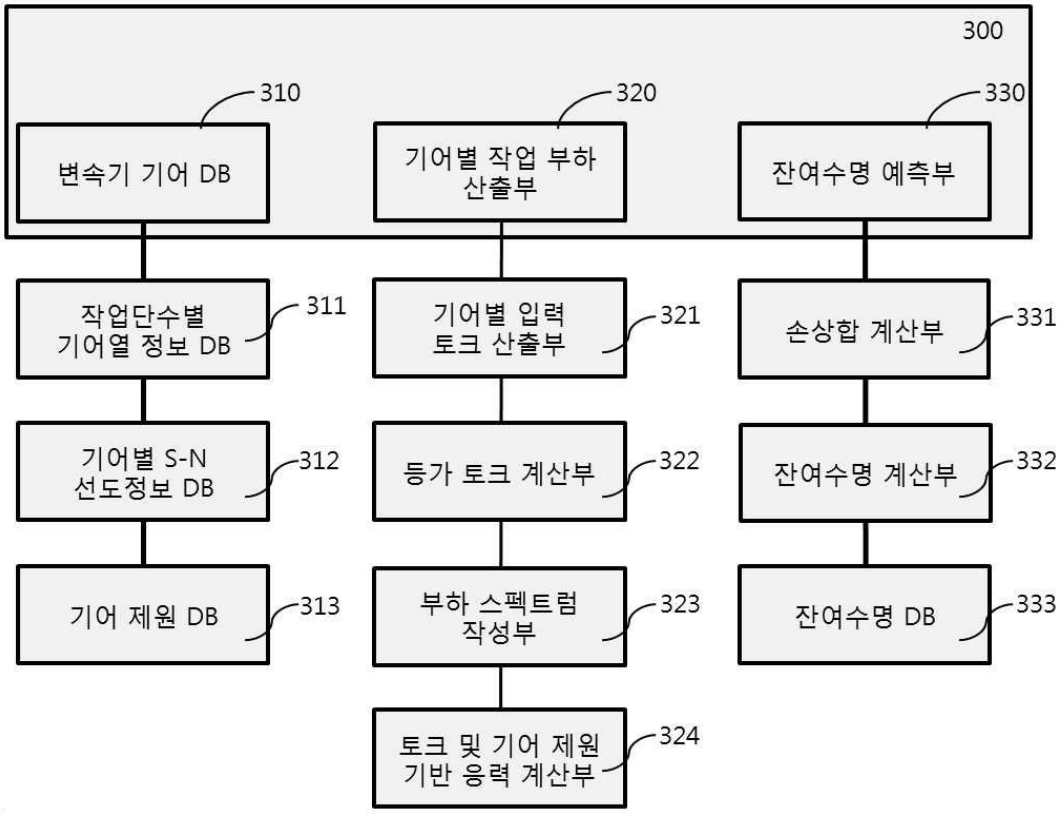
333: 잔여수명 DB

도면

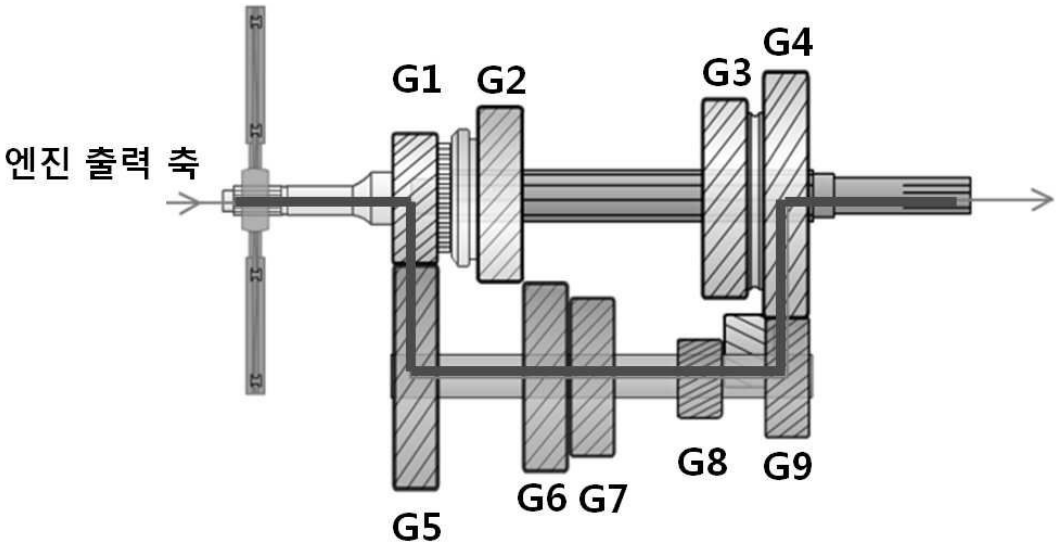
도면1



도면2



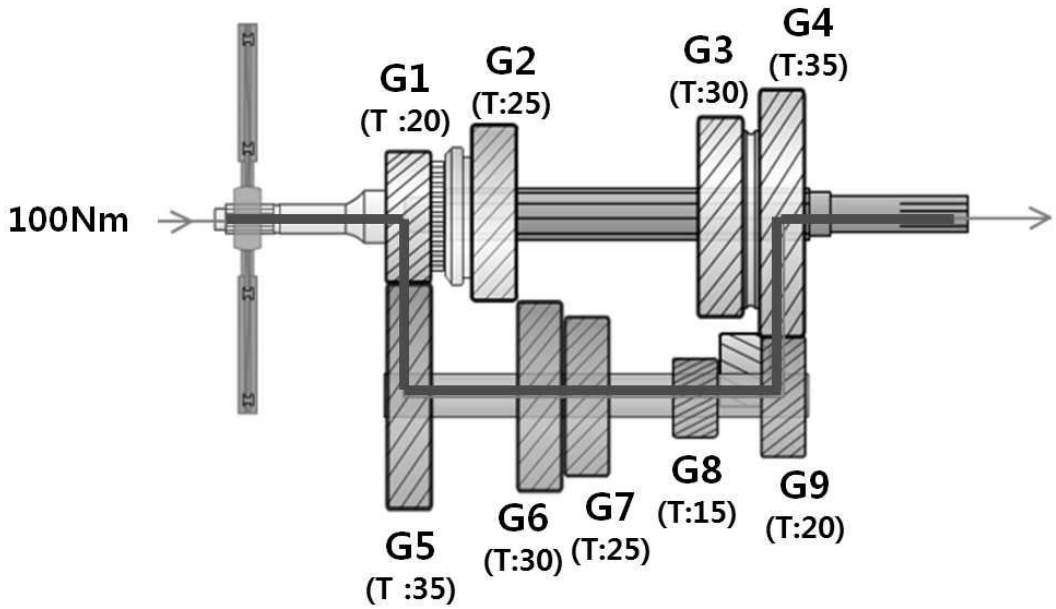
도면3



1단 연결 시 기어열 연결 정보

- G1 -> G5 -> G9 -> G4

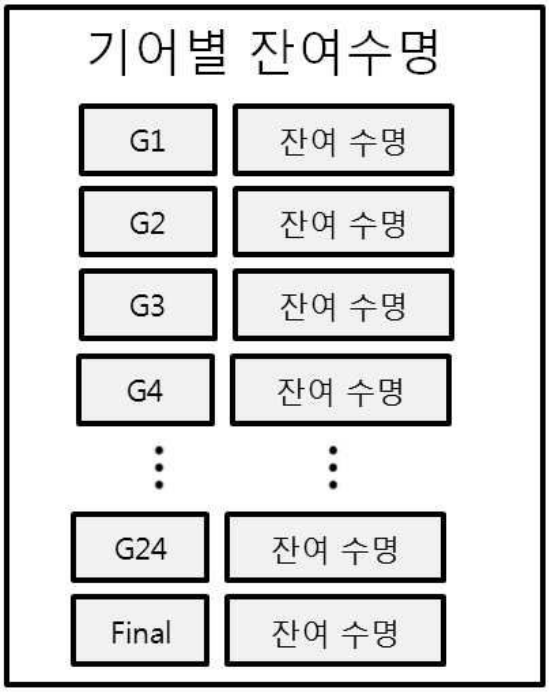
도면4



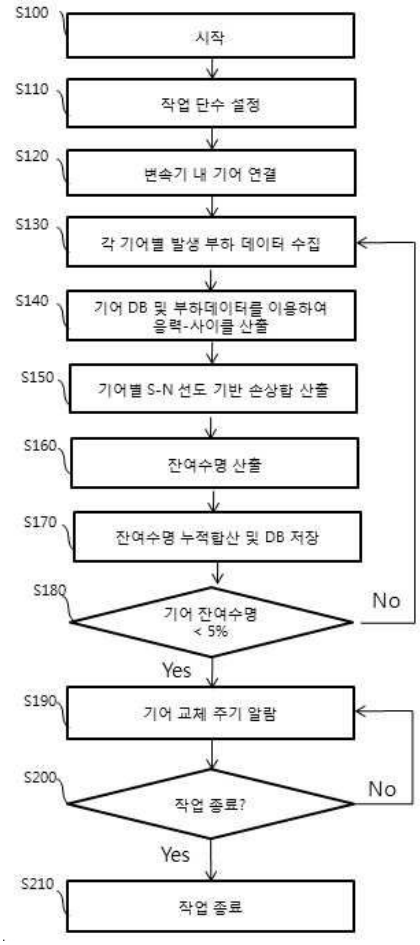
1단에서의 기어 연결: G1 -> G5 -> G9 -> G4

입력 (100 Nm) -> G1 (100 Nm) -> G5 (100 x 35/20 = 175 Nm)
-> G9 (175 Nm) -> G4 (175 x 35/20 = 306.25 Nm)

도면5



도면6


S100
시작
S110
작업 단수 설정
S120
변속기 내 기어 연결
S130
각 기어별 발생 부하 데이터 수집
S140
기어 DB 및 부하데이터를 이용하여
응력-사이클 산출
S150
기어별 S-N 선도 기반 손상합 산출
S160
잔여수명 산출
S170
잔여수명 누적합산 및 DB 저장
S180
기어 잔여수명
< 5%
No
Yes
S190
기어 교체 주기 알람
S200
작업 종료?
No
Yes
S210
작업 종료