

농용트랙터 부하측정 시스템 개발

Development of System for Load Measurement of Agricultural Tractors

최창현*	남궁만준*	신현철**	이영준**	김재열**
정회원	정회원			
C.H.Choi	M.J.Nahmgung	H.C.Shin	Y.J.Lee	J.Y.Kim

1. 서론

트랙터의 많은 보급으로 한국 실정에 맞는 토양 및 작업 조건에 적합한 트랙터 개발의 필요성이 대두되고 있다. 따라서 트랙터의 실작업시 트랙터 각 부위에 미치는 동적 특성을 검출하여 트랙터에 미치는 부하와 작업성능을 정확하게 평가하는 것이 무엇보다 중요하다.

1980년 이전에는 트랙터의 성능을 예측하기 위하여 각부위의 동적특성을 측정하는데 있어서, 아날로그 신호를 오실로스코프나 마그네틱 테이프 레코더에 기록하여 분석하는 자료 수집 장치를 사용하였으나, 마이크로 컴퓨터와 전자 부품의 발달로 정밀도와 정확도가 높아졌다.

따라서 트랙터의 운전조건(주행단수, PTO단수, 포장조건등)에 따른 각 부위에 작용하는 토크, 회전 속도 등을 측정할 수 있는 트랙터 부하 측정시스템을 구성하였다. 가장 합리적인 방법으로 계측할 수 있는 센서 기술 및 계측 방법을 고안하고, 자료수집 프로그램을 개발함은 물론 포장작업을 통하여 부하측정 및 분석 시스템 개발이 필요하다.

따라서 본 연구의 목적은 트랙터의 포장 작업성능을 정확하고, 능률적으로 평가할 수 있는 계측장치, 자료수집장치와 분석방법을 선정 및 개발하여 실작업시 각 부분의 동적 특성을 측정할 수 있는 부하 계측 전용 트랙터 시스템을 완성한다.

2. 재료 및 방법

* 성균관대학교 생물기전공학과

** LG 산전(주) 기계CU

가. 데이터 수집장치

휴대 및 트랙터에 장착이 쉬운 노트북 컴퓨터(Pentium-75, 486-DX) 2대를 사용하였으며, 직렬포트 또는 병렬포트를 사용이 가능하다. 각종 신호를 저장할 수 있는 자료수집장치는 마이크로 컴퓨터와 직렬포트 송수신 할 수 있는 Hottinger Baldwin Messtechnik(HBM)사의 MGC와 Datascan Technology사의 DATASCAN을 사용하였다. HBM사의 자료수집장치는 가상계측기(virtual instruments, VI)형식로서, 사용자가 사용하기 쉬운 윈도우를 기초한 그래픽 방식으로 시스템을 구축할 수 있다. 14채널의 아날로그신호를 처리할 수 있으며, 토크(5ch), 속도(6ch), 연료소비율(1ch), 압력(1ch)을 측정하는데 사용하였으며, 자료 수집 전용 프로그램인 CATMAN을 사용하였다. Datascan Technology사의 자료 수집 장치는 16채널의 아날로그 신호를 수집할 수 있으며, 엔진 오일(1ch), 변속기 오일(3ch), 브레이크 오일(2ch), 라디에이터(4ch)의 온도 측정에 사용하였으며, 자료 수집 전용 프로그램인 DALITE를 사용하였다.

국내 L사의 트랙터(model:LT470DC)에 부하 측정 시스템을 장착하였으며, 트랙터의 최대 출력은 47마력이고 4륜구동 방식이다. 포장에서 독립된 전원을 얻기 위하여 발전기(generator)를 사용하였으며, 발전기의 사용 용량은 1.5kW(110V AC)이고, 가솔린을 사용한다..

나. 차축 토크 측정장치

차축의 토크를 측정하기 위하여 사용된 스트레인 게이지는 Micro-Measurement사의 Four-element full-bridge type(model:CEA-06-250US-350)의 스트레인 게이지를 사용하였다. four-element full-bridge type의 스트레인 게이지는 토크 측정시 2개의 스트레인 게이지의 각도를 45°로 함으로서 발생하는 오차를 줄일 수 있으며, 휨 모멘트(bending moment)의 영향도 적다. 뒤차축을 트랙터 본체에서 분리하여 차축 말단(末端)에 스트레인 게이지를 부착하였다.

회전체의 연속적인 신호전달을 위하여 슬립링(slip ring)을 사용하였고, 앞차축은 Hottinger Baldwin Messtechnik(HBM)사의 슬립링(model:K6)을 사용하였고, 뒷차축은 MI-Scientific사의 슬립링(model:SR-10M/E60)을 사용하였다. 뒤차축에 사용된 슬립링은 자체 내부에 앰프(model:AMP-SG-U2)와 전용 파워공급기(model:PS-DC-1.0 V2)가 있으며, 앰프의 gain값은 2000과 20의 2가지를 선택할 수 있고, 파워공급기는 $\pm 15V$ 의 전압을 공급 및 수집한다.

차축 토크의 교정(calibration)은 트랙터에서 타이어를 빼낸 상태에서, 차축에 베타레바(1m)를 연결하여 1kg부터 100kg의 추를 증가·감소시키면서 출력되는 스트레인게이지의 변화로 나타나는 전압신호와 무게를 자료 수집 장치로 측정하여 교정하였다..

다. PTO 토크측정

PTO축의 토크를 측정하기 위하여 PTO축과 작업기를 연결하는 프로펠러 샤프트축에, Four-element full-bridge type (model:CEA-06-250US-350)의 스트레인게이지를 부착하여 출력되는 전압을 측정하였다.

PTO축의 프로펠러 샤프트에서 나오는 전압신호의 연속적인 측정을 위하여, MI-Scientific사의 슬립링(model:B6-2)를 사용하였으며, 원형의 중공(中空)이 있으며, 앰프(model: AMP-SG-U2)와 파워 공급기(model:PS-DC-1.0 V2)를 연결하여 사용하였다.

PTO축 토크의 교정은 Schenck사 PTO동력계(model:GS-130)와 트랙터의 PTO축을 동력계와 연결하여 PTO회전시 프로펠러 샤프트의 스트레인게이지에서 나타나는 전압신호를 MGC로 측정하여 비교하였다.

라. 엔진속도, 주행 속도, 차축의 회전 속도 측정

엔진속도는 차내 Tacho-meter line을 Tamagawa Seiki사의 회전속도계(tacho-generator, model:TS3122N55, E6)을 사용하여 측정하였다. 회전속도계는 0~1000rpm에서 0~3V의 선형의 출력전압이 발생한다.

엔진속도의 교정은 Hydro Tech사의 회전수 측정기(model:multi-5000)의 회전수와 회전속도계의 회전시 발생하는 전압 출력값을 측정하여 비교하였다.

주행 속도를 측정하기 위하여 Nucleus Coporation의 제5륜(model:NC8-MP45-8666)를 트랙터의 전면에 부착하였으며, 마이크로 프로세서를 내장한 디스플레이 장치와 타이어의 중심축내에 로터리 인코더가 장착되어 디지털 신호와 아날로그 신호 및 직렬 통신을 위한 RS-232를 통하여 제5륜의 회전수에 관한 신호를 수집할 수 있도록 되어있다. 본 실험에서는 아날로그 신호를 자료 수집 장치에 연결하였으며 제5륜의 직경은 67cm이다.

차축의 속도를 측정하기 위하여 Tamagawa Seiki사의 회전속도계(model: TS3122N55, E30)을 사용하였다. E30은 0~1000rpm에서 0~30V의 선형의 출력전압이 발생하며, 최대 4,000rpm까지 측정할 수 있다. .

앞차축의 속도는 앞차축 좌·우축 끝에 Tacho-generator를 부착하여 차축 회전시 출력

전압을 측정하였다. 뒷차축의 속도는 뒷차축 동력전달부분 계통에서 축을 가공하여 연결하였으며, 앞차축과 마찬가지로 회전속도계를 부착하여 출력전압을 측정하였다.

앞·뒤차축 속도의 교정은 트랙터를 크레인으로 매단 상태에서 엔진의 속도를 Hydro-Tech사의 회전수 측정기(model:multi-5000)로 측정하여 4개의 차축의 회전 속도계에서 발생하는 출력 전압을 측정하여 비교하였다.

바. 연료소비율 측정

본 연구에 사용된 유량계(flow meter)는 McMillan사의 유량계(model:102 FLO-SENSOR)를 사용하였으며, 사용범위는 13ml~5 l/min 이다.

유량계를 연료필터와 엔진사이에 장착하였고, 엔진의 라디에이터에서 나오는 고온의 송풍의 영향을 줄이기 위하여 단열재로 덮었다.

유량계의 교정은 Schenck사의 유량측정기(model:LKV2/16)에서 나타나는 유량과 유량계에서 발생하는 출력전압을 측정하여 비교하였다.

사. 온도측정

엔진오일, 변속기오일, 연료의 온도를 측정하기 위하여 열전대(thermo-couple, T-type)를 보정회로가 있는 자료 수집 장치에 연결하여, 자체 자료 수집 프로그램을 이용하여 데이터를 수집하였다.

아. 압력측정

일본 TSK사의 압력계(model:PW-10)을 사용하였으며, 10V의 전압이 필요하며, 스트레인 이 변화되어 출력전압이 발생하는 탄성압력계 형태이다. 압력계는 0~20kg/cm²의 범위에서 0~2mV의 선형신호가 발생한다.

3. 실험결과

트랙터의 부하측정을 위하여 토크, 속도, 연료소비율, 온도, 압력을 측정하였으며, 각 항목의 측정장치의 교정값은 <표 1>과 같다.

Table 1. 각 측정장치의 교정값

항목		교정 함수	Y	X	R ²	
토크	앞차축	좌	$Y=11,23689 \cdot X - 0.48507$	kgf · m	Volt	0.9989
		우	$Y=11,24211 \cdot X - 0.74851$	kgf · m	Volt	0.9998
	뒤차축	좌	$Y=0.022374 \cdot X + 0.0001$	kgf · m	Volt	0.9999
		우	$Y=0.022400 \cdot X - 0.00171$	kgf · m	Volt	0.9999
	PTO		$Y=0.989564 \cdot X - 0.07986$	kgf · m	Volt	0.9983
속도	앞차축	좌	$Y=16.60617 \cdot X + 0.01331$	rpm	Volt	0.9999
		우	$Y=16.74605 \cdot X - 0.08538$	rpm	Volt	0.9999
	뒤차축	좌	$Y=4.448130 \cdot X - 0.00104$	rpm	Volt	0.9999
		우	$Y=4.449165 \cdot X + 0.05878$	rpm	Volt	0.9999
	Engine		$Y=300.3917 \cdot X + 2.3602$	rpm	Volt	0.9983
유량		$Y=91.42108 \cdot X - 3.00089$	ℓ/min	Volt	0.9965	
압력		$Y=10,000 \cdot X$	kg/cm ²	Volt		

4. 요약 및 결론

본 연구는 트랙터의 실작업시 트랙터 각 부위에 미치는 동적 특성을 검출하여 트랙터에 미치는 부하와 작업성능을 정확하게 평가하는 위하여, 트랙터의 운전조건(주행단수, PTO 단수, 포장조건등)에 따른 각 부위에 작용하는 토크, 회전 속도 등을 측정할 수 있는 트랙터 부하 측정시스템을 구성하였다. 가장 합리적인 방법으로 제측할 수 있는 센서 기술 및 제측방법을 고안하고, 포장작업을 위하여 부하측정 및 분석을 위한 교정 및 측정을 실시하였다.

트랙터의 차축 토크를 측정하기 위하여 부착이 편리하고, 휨모멘트(bending moment)의 영향이 적은 Four-element full-bridge type의 스트레인게이지 축에 부착하여 앰프로 신호를 증폭하고 슬립링 사용하여 자료수집장치로 연결하였다.

PTO 토크의 측정을 위하여 트랙터의 PTO축과 작업기 사이에 프로펠러 샤프트축을 가공하여 Four-element full-bridge type의 스트레인게이지를 부착하였고, 앰프와 원형 슬립링을 사용하여 측정하였다.

엔진 회전 속도는 회전속도계를 부착하여 회전수 측정기와 출력되는 전압과 비교하였고,

주행 속도 측정을 위하여 엔코더를 장착한 제5륜을 사용하였다.

4개의 차축의 속도측정은 회전속도계를 앞차축에 부착하였으며, 뒤차축은 동력전달장치에서 축을 가공하여 연결하여 측정하였으며, 차체를 크레인에 매달아 운전시 회전하는 축의 회전수와 엔진의 속도와 비교하여 교정하였다.

연료소비율의 측정을 위하여 전압출력이 가능한 전자유량계를 사용하였고, 온도측정을 T-type의 열전대를 사용하여 자료 수집 장치인 DATASCAN을 사용하였으며, 압력의 측정은 스트레인이 변화되어 출력전압이 발생하는 탄성압력계를 사용하였다.

따라서 자료수집장치와 분석방법을 개발하여 포장 작업시 각 부분의 동적 특성을 측정할 수 있는 부하 계측 트랙터 시스템을 구축하였다.

참고 문헌

1. 김기대. 1982. Microcomputer를 이용한 Data Acquisition System에 관한 연구. 한국농업기계학회지 7(2):18-29
2. 류관희. 1991. 엔진토크의 간접적인 측정 방법에 관한 연구. 한국농업기계학회지 16(1):1-8.
3. 류관희. 1987. 마이크로컴퓨터를 이용한 엔진 성능시험의 자동화에 관한 연구(I)-엔진성능시험과 데이터수집의 자동화. 한국농업기계학회지 12(3):7-16.
4. 류관희. 1989. 마이크로컴퓨터를 이용한 엔진 성능시험의 자동화에 관한 연구(II)-모의 부하시험 시스템의 구성 및 평가. 한국농업기계학회지 14(1):1-7.
5. 류관희. 1985. 트랙터의 포장성능평가를 위한 자료수집처리 시스템의 개발. 한국농업기계학회지 10(2):19-26.
6. 유영선. 1986. 트랙터의 포장성능 평가를 위한 자료수집처리 시스템의 개발. 서울대학교 석사학위 논문.
7. 최창현. 1989. 단일보드 마이크로 컴퓨터를 이용한 자료 수집장치. 한국농업기계학회지 14(4):221-228
8. Colvin, T. S. and S. J. Marley. 1987. An instrumentation system for measuring tractor field performance. ASAE PAPER. 87-121.