

트랙터의 기관속도 및 변속비의 최적제어에 관한 연구(II)⁺ - 최적운전 제어 시스템의 성능 -

Automatic Control of Engine Speed and Transmission Ratio for Efficient Tractor Operations(II) - Performance of Optimal System -

강성봉* 류관희* 오길근*
S. B. Kang K. H. Ryu K. K. Oh

Summary

It is desired to operate tractor engines at or near maximum torque much of the time in field operation to increase fuel efficiency. To do this it is necessary to reduce engine speed and to shift gears to higher ratios as frequently as possible. Because of load variations in most drawbar work and inconvenience in gear shift, however, gear-type transmission are usually set in one ratio at unnecessarily high engine speeds, and engine-torque variations are used to compensate for changes in drawbar load. As a result, the most of time the tractor is not operated efficiently in terms of fuel consumption and work output.

The objective of this study was to develop an automatic control system which is able to operate a tractor equipped with gear transmission under the optimal condition in terms of fuel efficiency with automatic governor setting and gear shift. An indoor experimental test set which can be used to simulate tractor operation, control engine speed and transmission ratio was developed in the previous paper. In this paper, the performance of the optimal operation system is reported.

Through a series of tests, it was found that the automatic control system for optimal operation of tractors with gear transmission had a satisfactory performance.

1. 緒論

트랙터는 농작업의 主 動力原으로서 에너지 소비가 많은 기계이다. 트랙터는 운전자가 搭乘하고 운전한다는 側面에서 자동차와 비슷하지만, 그 사용 노면과 조건을 고려하면 크게 다르

다. 즉 사용 노면은 콘크리트, 未耕地, 軟弱地 등 여러 종류이고, 사용조건도 승용차와 비교하여 저속이며, 모든 종류의 작업기를 장착한 상태에서 작업을 수행해야 한다.

트랙터의 운전 상태는 기관회전속도, 기관 소음, 작업기의 擧動 등에 따라 작업자의 경험이나

⁺ 이 논문은 1992년도 교육부지원 한국학술진흥재단 자유공모과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음

* 서울대학교 농업생명과학대학 농공학과

습관에 의해 결정된다. 기관의 정격출력보다 작업기의 동력이 적게 소요될 경우 기관속도를 낮추고 변속비를 높여 정격출력에서 작업하는 것이 효율적인 운전방법이나 대부분의 트랙터 운전자들은 過負荷에 대한 부담을 줄이기 위해 기관의 회전속도를 필요 이상 높게 설정한 상태로 운전하고 있는 경우가 많다.

이와 같이 트랙터에 의한 작업은 운전자의 지속적인 감시와 조절이 요구되며, 이는 운전자의 육체적, 정신적 피로를 加重시키는 원인이 되기도 한다. 더욱, 운전자가 작업중 각 부의 작동 상태를 감지, 판단하여 조작하는 데는 한계가 있으며, 최근의 트랙터의 대형화, 고성능화 추세에 따라 다양한 작업조건에서 작업이 용이한 自動制御 시스템이 요구되고 있다.

1970년대 이후, 미구 여러 나라에서는 트랙터 작업시 가능한 기관의 회전속도를 낮추고 변속단수를 높이는 방법, 즉 SUTD(shift up-throttle down)에 의한 효율적인 운전방법에 관한 연구가 활발히 진행되어 왔다. 이러한 방법에 의한 연료절감 효과는 기관회전속도의 감소에 따른 기관의 내부마찰 감소, 냉각팬 및 기타 부속장치들의 마찰 감소에 기인한다. 물론 SUTD에 의한 연료절감 효과는 부하수준, 기관의 토크 특성 등에 따라 다르게 나타나지만, 최고 36%까지 절약할 수 있다고 보고된 바 있다.

따라서 본 연구는 기어 변속기를 장착한 트랙터를 대상으로 동일한 작업능률을 유지하면서도 연료소비율이 最低인 상태에서 트랙터 운전을 가능하게 하는 경제적인 자동제어 시스템을 개발하기 위하여 수행되었다. 본 연구의 第1報(姜, 柳, 吳, 1993)에서는 變速比 制御 시스템과 기관속도 제어 시스템을 개발하고 그 특성을 보고한 바 있다. 本報에서는 最適制御 시스템의 성능에 대하여 보고한다.

2. 材料 및 方法

가. 最適 制御 시스템의 概念

효율적인 운전을 위한 자동제어의 개념을 그림 1에 나타내었다. 실선 ECF와 점선은 연료소절래버를 고정한 후 부하를 증가시켰을 때 나타나는 출력곡선이다. 그림에서 橢圓型의 여러 개의 곡선은 출력당 연료소비율이 일정한 등연비율곡선을 나타낸다. 타원이 작을수록 즉, 등연비율곡선의 內側일 수록 연료소비율이 낮다. 굵은 실선 CKD는 각각의 출력에 있어서 연료소비율이 가장 낮은 점을 연결시킨 것으로 최적인전곡선이 되며, 본 연구의 자동제어 시스템을 설계하기 위한 중요 요소가 된다.

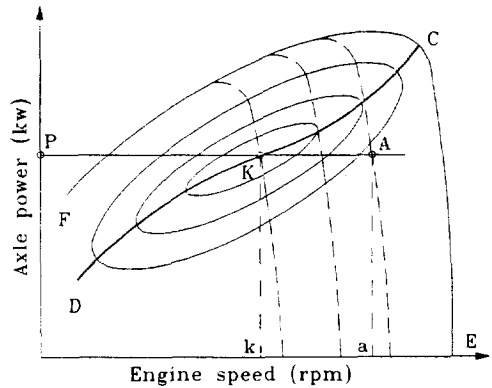


Fig. 1 Concept of the optimal tractor operation.

예를 들어 어떤 농작업을 수행하기 위하여 기관출력 P가 필요할 때 A점에서 운전하는 것은 연료소비율의 측면에서 합리적인 운전이 아니다. 이는, 그림 1의 K점에서의 연료소비율이 A점에서의 연료소비율보다 낮기 때문이다. 따라서 A점에서 운전하는 기관속도 a를 같은 출력의 K점, 즉 기관속도 k로 하여 운전할 수 있다면 低燃料消費率로 효율적인 운전이 되는 것이다.

한편, 기관속도를 낮추면, 부하측 회전속도도 함께 저하된다. 따라서 부하측에 요구되는 회전속도를 유지하기 위하여 기관과 부하측 사이에 있는 변속기의 속도비를 높여야 한다.

前述한 자동제어 시스템의 개념을 블록선도로써 그림 2에 나타내었다. 기관속도 및 출력, 변속비의 위치 등은 각종 센서와 인터페이스 카드를 통하여 컴퓨터에 입력되어 측정 계산된다.

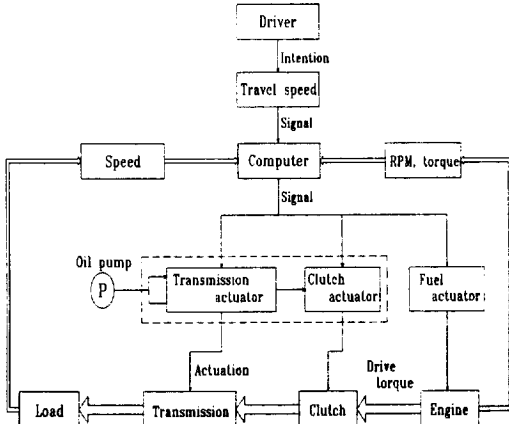


Fig. 2 Block diagram of the automatic control system

또한 기관과 변속기 및 클러치에는 기관속도와 변속기의 변속비를 필요에 따라 제어하기 위한 작동기(actuator)를 부착한다. 컴퓨터는 數値와 論理演算을 하고, 최적운전곡선을 기억하며, 각종 제어신호를 발생시켜 인터페이스 카드를 거쳐 기관속도와 변속단수를 제어하게 된다.

트랙터의 주행속도가 결정되면, 컴퓨터는 기관속도와 토크로부터 부하측이 요구하는 기관출력을 산출한다. 그리고 그 출력에 따라 기억장치에 따라 미리 저장된 최적운전곡선을 읽어들이고, 해당 출력시에 있어서 최적운전곡선상의 기관속도(최적기관속도)를 계산하여, 현재 기관속도를 최적기관속도에 일치하도록 제어한다. 동시에, 트랙터의 주행속도를 일정 범위내에서 유지하기 위하여 변속기의 속도비를 제어한다. 따라서 기관은 트랙터의 속도 및 출력을 유지하면서 최저연료소비율로서 운전이 가능하게 된다.

나. 實驗裝置

트랙터의 효율적인 운전실험을 위한 기관속도 및 변속비 자동제어 시스템은 경운기용 디젤기관, 기어 변속기, 전기동력계로 구성되며, 전체

적인 구성은 그림 3과 같다.



Fig. 3 Whole view of the experimental system.

다. 實驗方法

(1) 負荷 實驗

기관의 성능을 나타내는 방법에는 전부하 운전상태의 여러 회전속도에서 얻은 축출력, 축토크, 연료소비율 등을 나타내는 전부하 시험이 있다. 그러나 농작업은 부하범위가 비교적 넓은 편이며, 播種作業과 防除作業 등과 같이 낮은 출력에서 작업을 해야 할 경우도 있다.

여러 부하조건에 대해 연비특성을 고려하여 기관속도를 제어하려면 이러한 전부하 성능곡선에 의한 방법은 충분하다고 할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 조속기의 특성과 部分負荷 운전범위에서의 연비특성을 고려한 최적운전곡선에 따라 기관속도를 제어하기 위하여 속도조절 레버의 각 開度에서 부하를 증가시켜 가는 시험법을 사용하였다. 즉, 전부하 시험에 의하여 연료소비율이 최저인 기관속도에서 기관을 운전하게 되면 부하조건에 상관없이 일정한 속도를 유지해야 하지만 본 연구에서 구하는 최적운전곡선에 따라 제어하게 되면 각각의 부하에서 최적의 기관속도를 찾아 제어할 수 있게 된다.

부하실험은 기관을 시동하여 일정시간 無負荷 시운전을 함으로써 기관이 안정상태에 도달된 후 시작하였다. 기관의 안정상태는 潤滑油의 온도가 평형을 나타낼 때를 기준으로 하는 방법이

있으나, 본 연구에서는 10분 이상이면 안정상태라 가정하고 실험을 수행하였다. 실험 방법은 기관 무부하 최고 회전속도 2500rpm부터 실용가능 기관속도인 1200rpm까지 100~200rpm간격으로 연료조절레버를 고정시키고, 조속기의 특성을 고려한 전부하 상태까지 토크를 점차증가시키고, 기관이 안정된 후 측정하였으며 또한 최대출력의 범위를 벗어나는 전부하 부근에서는 기관속도가 50rpm정도 저하되도록 토크를 증가시켜 안정된 다음 측정하였다.

부하는 무부하상태로부터 최대출력까지 15~20점의 측정이 가능하도록 토크를 점차 증가시키고, 기관이 안정된 후 측정하였으며 또한 최대출력의 범위를 벗어나는 전부하 부근에서는 기관속도가 50rpm 정도 저하되도록 토크를 증가시켜 안정된 다음 측정하였다.

(2) 最適制御 實驗

기관속도와 변속비를 자동제어하기 위한 프로그램의 흐름도를 그림 4에 나타내었다. 흐름도에 따라 프로그램을 설명하면 다음과 같다.

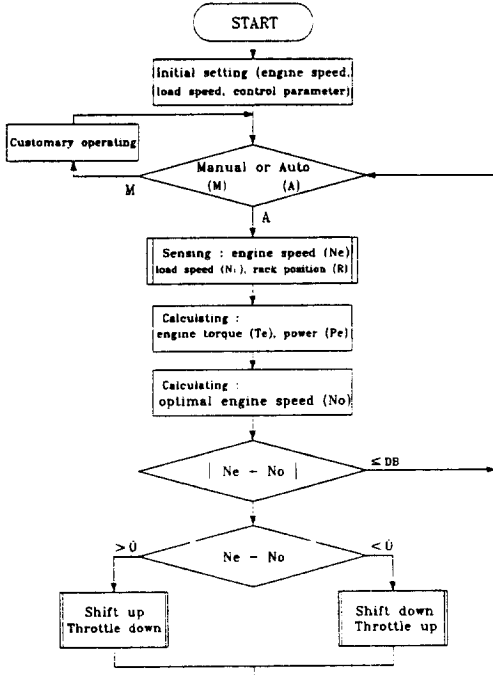


Fig. 4 Flow chart of the automatic control program.

<초기설정>: 여기서는 어떤 농작업을 가정하여, 그 작업을 수행하기 위해 필요한 부하 및 기관의 회전속도를 설정하고, 계측 및 제어용 변수를 컴퓨터의 키보드로부터 받아들인다.

<모드선택>: 자동제어와 수동, 2개의 운전모드(A와 M)를 준비하였다. 自動制御 모드는 트랙터의 최적운전을 목표로 하여 회전속도와 속도비를 제어하는 운전방법이다. 한편, 手動모드는 관행적인 운전자와 경험에 운전하는 것이다.

<자동제어모드>: 자동제어모드를 선택하면, 기관의 회전속도, 래크위치, 부하측의 회전속도, 토크가 인터페이스 카드를 거쳐 컴퓨터에 입력된다. 입력데이터로부터, 그 작업부하에 요구되는 기관출력이 계산된다. 그리고, 기관출력과 기관속도가 최적상태에 있는지를 조사하기 위하여, 미리 컴퓨터에 기억된 최적운전곡선을 읽어 들인다. 기관의 현재 회전속도(Ne)와 부하측이 요구하는 부하에서 최적운전곡선이 가리키는最適速度(No)를 비교한다. 즉, 현재 회전속도(Ne)는 센서에서 검출한 기관속도이며 최적 회전속도는 컴퓨터에 기억되어 있는 작업기의 부하에 따른 최적운전곡선에 의한 것이다.

제어의 판단 및 형태를 다음 3가지로 나눌 수 있다.

1. 현재 기관속도(Ne)와 최적 기관속도(No)가 불감대(DB)인 10rpm내에서 일치하는 경우는, 기관이 연료소비율이 가장 낮은 영역에서 운전되고 있기 때문에 제어루프는 모드선택으로 되돌아가 작업을 계속하게 된다.
2. 현재 기관속도(Ne)와 최적 기관속도(No)의 차이가 불감대에 포함되지 않고, 현재 기관속도가 더 클 경우에는, 기관이 최적운전 상태에서 운전되고 있지 않기 때문에 컴퓨터로부터 신호가 스텝모터를 작동하여 기관속도를 낮추게 된다. 그리고 컴퓨터의 신호가 유압구동 장치를 제어하여 변속기와 클러치를 작동시키고, 속도비를 높여준다.
3. 현재 기관속도(Ne)와 최적 기관속도(No)의

차이가 불감대를 벗어나고, 현재 기관속도가 더 작을 경우에는, 기관속도를 높이고, 변속단수를 내리도록 제어한다. 현재 기관속도를 최적 기관속도와 일치시키기 위해 제어를 계속하며, 제어가 완료되면 다시 모드선택으로 되돌아간다. 이상의 방법으로 기관은 최저연료소비율 영역에서 운전되며, 원하는 부하에서 작업이 가능하게 된다.

자동제어 시스템에 대한 응답실험은 부하와 작업속도를 변화시켜 가면서 수행하였다. 부하측에 요구되는 출력을 확인하는 시간 간격은 1초로 설정하였으며 이는 변속하는 데 소요되는 시간을 고려한 것이다. 실제 트랙터에 의한 농작업의 경우 부하변동은 더 자주 일어날 수 있다고 판단된다. 또한 본 제어시스템은 유단 변속기인 기어변속기를 채택하고 있기 때문에 일정한 부하변동에 대해서는 반응하기 않는 일종의 불감대가 존재하여 시스템의 안정성을 유지할 수 있었다.

3. 結果 및 考察

가. 最適運轉曲線

그림 5는 연료조절레버의 開度에 따라 기관출력과 연료소비율을 나타낸 것으로 디젤기관의 성능을 표현한 것이다.

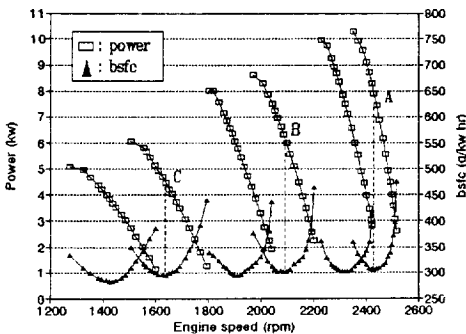


Fig. 5 Performance curves of the engine tested.

그림에서는 기관출력(kW), 기관회전속도(rpm), 연료소비율(g/kw h)을 나타내고 있다. 연료조절레버의 開度를 일정하게 유지한 후, 부하를 증가시키면 일반적으로 연료소비율은 감소하고 일정한 점 부근에서 최저의 연료소비율을 나타낸 것이다.

연비특성은 최저연료소비율 290g/kw·h 내외에서 안정된 특성을 나타내었다. 최저의 연료소비율은 A점을 벗어난 부하측에서는 연료소비율이 증가하게 된다. 따라서 연료소비율 측면에서 합리적인 운전이 가능하려면 A, B, C를 포함한 영역에서 작업이 이루어지도록 기관 및 변속기의 설정상태를 적절하게 유지할 필요가 있다.

측정된 데이터로부터 기관의 성능곡선상에 等燃比率曲線과 最適運轉曲線을 그리기 위해서는 많은 데이터가 필요하다. 따라서 성능곡선상의 각 좌표축을 등분하여 직교좌표를 설정하고 직교좌표점의 연료소비율을 측정된 데이터로부터 구하였다.

기관시험에서 얻어진 성능곡선으로부터 컴퓨터에 의한 최적운전곡선을 구하기 위해서는 우선 직교좌표점의 연료소비율을 구해야만 한다. 직교좌표점의 연료소비율을 구하는 방법은, 기관속도와 출력의 측정범위(1200~2500rpm, 0~10.5 kw)를 각각 100 등분하여 10000개(100×100)의 좌표점을 설정하였다. 여기에서 등분을 더욱 많이 할수록 정확한 자료가 얻어지겠지만 컴퓨터의 용량을 고려하여 결정하였다. 그리고 각 좌표점에서 측정된 연료소비율점과 거리를 계산하여, 좌표점과 측정점 사이의 거리가 가장 짧은 여섯 개의 점을 선택하였다. 각 좌표점의 연료소비율은 이와 같이 선택된 6개의 연료소비율을 취하여 구하였다. 그림 6은 각 좌표점의 연료소비율을 계산하는 예를 나타내기 위해 기관의 성능곡선을 확대하여 나타낸 模型圖이다.

즉, 직교좌표점 $M(x, y)$ 과 부하실험에서 구한 측정점 $T_n(x, y)$ 과의 거리를 D_{jn} 라 하면, D_{jn} 중의 최솟치 D_{ijk} 는 다음과 같다.

$$D_{ijk} = \min\{D_{jkl}\} \quad (1)$$

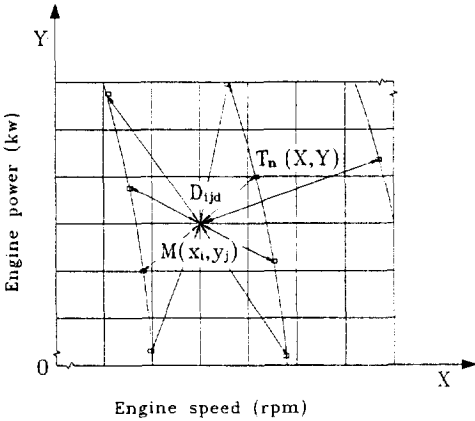


Fig. 6 Mesh generated to calculate specific fuel consumption at the points other than the points of real measurements.

여기에서,

$$i=1, 2, \dots, 100$$

$$j=1, 2, \dots, 100$$

$$k=1, 2, \dots, 6$$

$$d=1, 2, \dots, n$$

여기에서, n은 實測된 데이터 갯수이며, i와 j는 각각 기관속도와 출력의 직교좌표 변수로서 1부터 100까지 변화된다.

좌표점 $M(x_i, y_j)$ 의 연료소비율은 주위의 6개 측정점의 연료소비율을 산술평균하여 구할 수 있으나, 이 방법은 성능곡선상의 거리를 고려하지 않는 것으로 직교좌표점의 연료소비율을 대표한다고 볼 수 없다. 즉 직교좌표점의 연료소비율은 가장 가까운 측정점의 연료소비율에 근사하기 때문에 거리요인을 고려하여 평균하는 방법을 이용하였다. 따라서 거리가 짧은 6개 측정점의 각 연료소비율을 B_{ijk} 라 하면, 직교좌표점 M의 연료소비율 F_{ij} 는 다음 식과 같다.

$$F_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^6 \frac{B_{ijk}}{D_{ijk}}}{\sum_{k=1}^6 \frac{1}{D_{ijk}}} \quad (2)$$

윗 식의 i와 j를 1에서 100까지 변화시켜면서 10000개의 좌표점에 대한 연료소비율을 구하였다. 각각의 직교좌표에 대한 연료소비율이 구해

지면 바로 등연비율곡선을 그릴 수 있으나, 측정 기관이 출력할 수 있는 범위 밖에도 등연비율곡선이 그려지게 된다. 이를 방지하기 위하여, 측정 데이터 각 끝점을 기준으로 最外部 범위를 결정하고 출력범위 외의 데이터를 消去하여 그래프에 나타나지 않도록 하였다.

직교좌표 데이터를 生成한 후, 연료소비율이 같은 점을 연결한 것이 등연비율곡선이다. 그림 7은 프로그램에서 기관이 출력할 수 있는 범위 내의 등연비율곡선을 나타낸 것이다. 그림 중의 등연비율곡선의 연료소비율은 內側으로부터 外側으로 280, 290, 300, 310(g/kw·h)이며, 내측에 가까울수록 연료소비율이 작다.

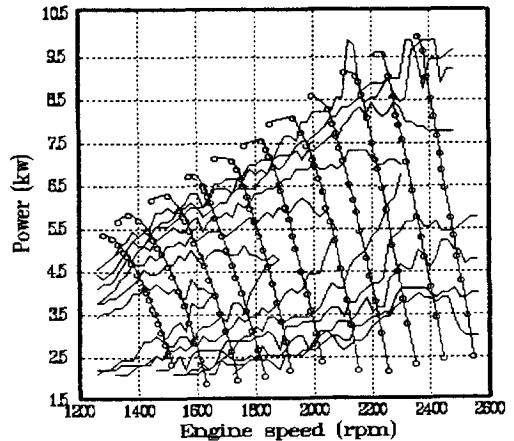


Fig. 7 Iso-specific fuel consumption curves.

부하에 따라 연료소비율이 낮은 상태에서 기관을 운전하기 위해 부하의 函數로 최적기관속도를 나타내는 방법에 대해 Goering 등(1989)은 4개의 piece-wise 線形函數로 표현한 바 있으며, Wang과 Zoerb(1989)는 1차식에 의한 近似法과 3차식에 의한 실험적 방법을 제시한 바 있다.

또한 坂井 등(1990)은 3차식에 의한 최소연료 소비율곡선을 최적운전곡선이라 정의한 바 있다. 이와 같은 방법 중에서 기초실험을 통하여 각 부하 출력에서 최소연비를 나타내는 성능곡선상의 점을 구한 결과 3차식에 의한 방법이 가장 근사하였기 때문에 이 방법을 선택하여 본

연구에 적용하였다.

최적운전곡선을 구하기 위하여, 앞에서 구한 직교좌표점의 연료소비율로부터 각 출력에서의 최저연료소비율을 나타내는 좌표점의 기관의最適速度를 구하여, 最小自乘法에 의해 회귀분석을 실시하였다. 이와 같이 구해진 회귀식은 각각의 출력에서 최소연료소비율을 나타내는 최적운전곡선이 되며, 본 연구에서 기관속도와 변속비를 제어하는 기준이 된다. 그림 8은 실험기관에 대한 회귀분석 결과와 최적운전곡선을 나타내고 있다.

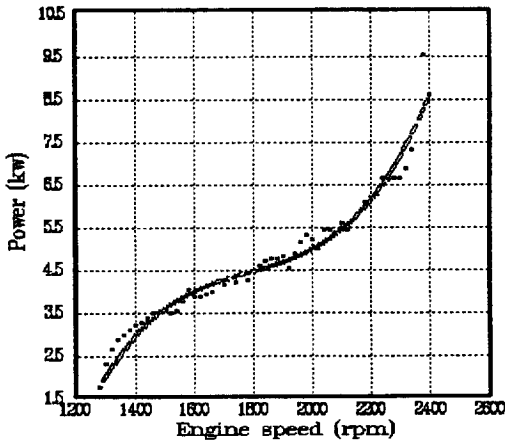


Fig. 8 Optimal operation curve obtained from regression analysis.

최적운전곡선을 나타내는 회귀식은 3차 多項式이며, 기관 회전속도를 ω_e (rpm), 부하에서 요구되는 기관출력을 P_e (kW)라 하면 다음 식과 같다.

$$\omega_e = 1331.45 - 169.53P_e + 70.87P_e^2 - 4.37P_e^3 \dots\dots\dots (3)$$

식 (3)의 R^2 는 0.983이며, 高度의 有意性이 인정된다. 이상의 방법으로 실험기관에 대한 등연비율곡선과 최적운전곡선을 구할 수 있었다. 그림 9는 기관 출력 범위내의 등연비율곡선과 최적운전곡선을 프로그램에 의하여 함께 나타낸 것이다.

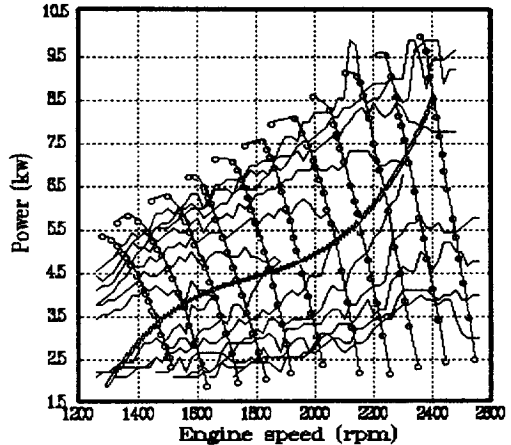


Fig. 9 Iso-specific fuel consumption curves and optimal operation curve.

나. 最適運轉 시스템의 性能

제작된 실험시스템과 자동제어 프로그램을 사용하여 제어실험을 수행하였다. 그림 10에 그 출력 예를 나타내었다.

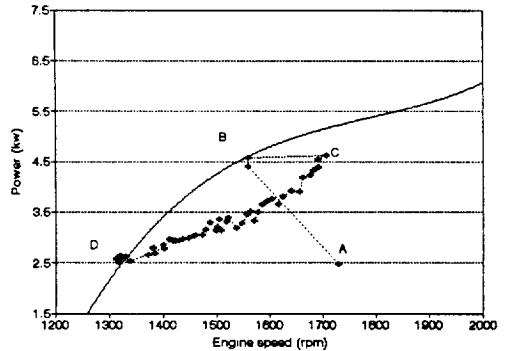


Fig. 10 A result of the performance tests with the automatic control system.

그림은 기관의 출력이 2.5kW인 A점에서 운전되다가 B, C점을 거쳐 같은 출력을 나타내는 D점에서 운전되도록 제어되는 과정을 보여주고 있다. 여기에서, 실선은 각 출력에 대한 최적운전곡선이며, A에서 B는 변속되는 과정으로서 변속비가 증가함에 따라 기관에 걸리는 부하는 증가하기 때문에 기관속도는 감소하게 된다. B에

서 C는 기관속도를 일정하게 유지하기 위하여 기관속도를 제어하는 과정을 나타내고 있다. 이는 부하측의 회전속도를 일정함 범위내로 유지하면서, 기관속도가 최적인전곡선에 따라 운전되고 있음을 나타내고 있다. 즉 기관특성을 고려한 최저연료소비율로 작업이 가능함을 알 수 있다.

한편, 본 제어 시스템은 조속기가 장착된 기관을 대상으로 하기 때문에, 시스템의 安定度와 應答性에 관하여 2가지 측면이 고려되어야 한다. 하나는 조속성능에 의한 것이며, 또 하나는 제어 시스템의 각 제어요인에 의한 것이다. 조속성능에 의한 것은 본 제어 시스템의 한계를 벗어나기 때문에, 지연시간을 두어 안정된 다음 제어하는 방식을 택하였다. 제어 시스템의 안정성과 응답성은 제어요소의 선정, 적정 파라미터의 설정, 프로그램 기술에 따라 향상이 가능하리라 판단된다.

운전자에 의해 입력된 작업속도에 해당하는 부하측 회전속도를 일정하게 유지하던 중 급격한 부하변동에 대한 자동제어의 응답특성을 관찰하기 위하여 전기동력계에 계단입력의 전기신호를 부가하였을 때 부하측의 회전속도와 기관 회전속도의 변화과정을 살펴보았다. 그림 11은 그 실험 예를 나타낸 것으로, (a)는 전기동력계에 가해주는 전기신호이고, (b)는 전기신호에 대한 토크 측정치, (c)는 부하측의 회전속도, (d)는 기관 회전속도이다. 여기에서 0~7초 사이에서 가해주는 부하는 38N·m 정도로 일정하게 유지하면서 최적인전조건에 의해 적정 변속단수(3단)와 기관회전 속도로 운전되고 있다. 7초 이후 부하가 9N·m로 갑자기 줄어 들었을 때, 자동제어 시스템은 최적인전조건을 찾아 변속단수를 3段에서 4段으로 제어하고 부하측 설정속도를 유지하기 위하여 기관속도를 제어하였다.

28초 후 부하가 38N·m로 다시 갑자기 증가하였을 때 변속단수는 4단에서 3단으로 제어되고 부하측 회전속도는 설정속도인 1200rpm으로 유지되었다. 반복실험 결과 변속비와 기관속도를

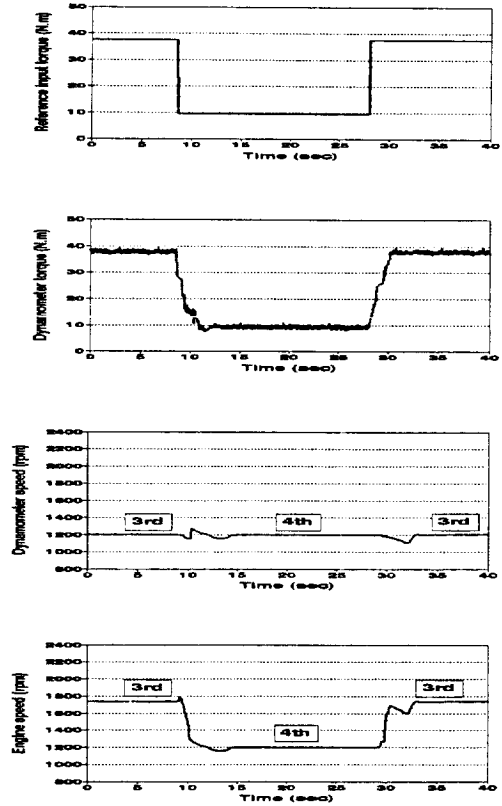


Fig. 11 Time responses of the automatic control system to step change in loading.

제어하는데 총 소요시간은 6~7초로 나타났으며, 이 중 변속비를 제어하는데 소요되는 시간은 1초 내외로서 수동변속의 경우와 비슷하여 클러치가 분리되는 동안 작업이 정지될 가능성은 없는 것으로 판단된다. 한편 기관속도를 제어하는 동안의 부하측 회전속도의 변화에 따른 작업속도의 변화는 7.5% 미만이었다.

작업속도를 일정하게 유지하면서 트랙터를 최적인전하기 위해서는 변속단수가 많은 것이 요구되나, 본 실험에 사용된 변속기가 4段 밖에 없고 변속단수간의 속도비의 차이가 크기 때문에 최적인전조건에 따른 운전이 곤란하였다. 즉, 적정 변속비와 기관속도를 결정하고도 변속이 가능한 속도비의 한계때문에 가장 근접한 변속단수를 선택할 수 밖에 없었고, 이에 따라 기관속

도도 변화 되었다. 그러나 최근 市販되고 있는 트랙터의 변속단수가 16단 이상인 점을 고려하면 실제로는 최적운전이 가능하다고 판단된다.

한편, 운전자가 작업속도를 변화시킬 때 제어 시스템의 반응을 고찰하기 위한 실험을 실시하였으며 그 결과는 그림 12에 나타내었다. 그림 12는 작업속도의 설정치가 1, 2, 3, 1 m/s로 변경되었을 때, 제어 시스템의 응답특성을 기관속도와 작업속도로써 나타낸 것으로 원활한 운전이 가능하였다.

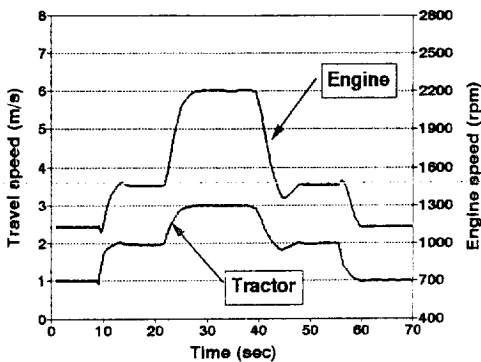


Fig. 13 Responses of the automatic control system when the load speed with the same load.

자동제어 시스템에 대한 연비특성을 조사하기 위하여, 각 제어 시점에서 얻어진 자료로부터

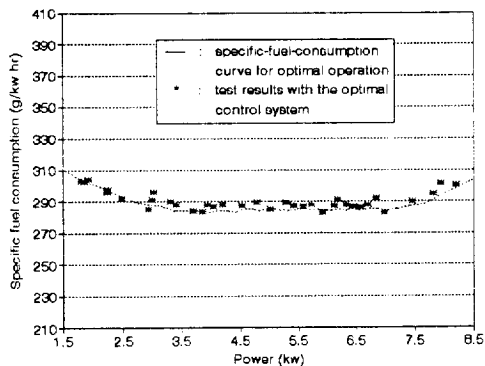


Fig. 14 Comparison of specific fuel consumption between the optimal operation curve and the actual operation test results with the automatic control system.

力-燃料消費率 관계를 구하고, 그림 13에 그 결과를 나타내었다.

그림에서 점선은 최적운전곡선에 의한 출력-연비율 곡선이고, 각 점들은 기관속도와 변속비를 자동제어한 후의 연료소비율을 나타내고 있다. 실험 결과 1.8 8.2kW의 제어 범위에 대해 실험기관의 연료소비율은 최저수준으로 유지됨을 알 수 있었다.

4. 要約 및 結論

본 연구는 트랙터의 기관속도 및 변속비 제어 시스템에 最適制御 운전방법을 도입한 시스템의 성능을 조사하기 위하여 수행되었다. 최저 연료 소비율을 나타내는 운전조건에서 트랙터 작업을 수행하기 위한 자동제어의 개념을 정리하였으며, 제어 시스템에 대한 소프트웨어를 개발하였다. 또한 최적운전방법에 의한 자동제어 시스템의 성능을 평가하였다.

연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 부하실험에서 얻은 데이터로부터 연료소비율이 같은 점을 연결한 등연비율곡선과 각각의 기관출력에 대한 최소 연료소비율점을 연결한 최적운전곡선을 구하여 자동제어의 기준으로 사용하였다.
2. 최적운전곡선에 의한 기관속도와 변속비를 자동으로 제어하는 실험을 수행한 결과, 최소 연료소비율 영역에서 운전이 가능하였으며, 부하와 작업속도를 변화시켰을 때에도 적절하게 제어되었다.

參 考 文 獻

1. 姜聲奉, 柳寬熙, 吳吉根. 1993. 트랙터의 機關速度 및 變速比의 自動制御에 關한 研究 (I), 韓國農業機械學會誌 18(4)
2. 姜化翊, 柳寬熙, 姜聲奉. 1994. 디젤機關 토

- 크의 間接的인 測定方法에 關한 研究, 韓國農業機械學會誌 19(2)
3. 久保田讓, 林重信, 澤測弘. 1990. 農用機關の負荷變動する機關速度の 基本的 舉動. 日本農業機械學會誌 52(3) : 5-12
 4. 坂井 純, 劉 蛟龍, 中司 敬, 金 基大. 1990. 트ラクタエンジン性能の最適化制御に關する研究 (第 1報). 日本農業機械學會誌 52(6)
 5. Chancellor, W.J. and N.C. Thai. 1983. Automatic Control of Tractor Engine Speed and Transmission Ratio, ASAE paper No. 83-1061.
 6. Goering, C.E., X.Q. Gui and N.L. Buck. 1989. Improving Fuel Economy by Computer Control of a Diesel Engine and Transmission. SAE paper No. 891838.
 7. Grogan, J., D.A. Morris, S.W. Searcy, H.T. Wiedemann and B.A. Stout. 1984. Microcomputer-Based Information Feed back system for Improving Tractor Efficiency. ASAE paper No. 84-1594.
 8. Hori, Y., M. Fukuda and Y. Kobayashi. 1986. Computer Simulation of Vehicle Fuel Economy and Performance. SAE paper No. 860364.
 9. Schrock, M.D., D.K. Matteson and J.G. Thompson. 1982. A Gear Selection Aid for Agricultural Tractor, ASAE paper No. 82-5515.
 10. Wang, G. and G.C. Zoerb. 1989. Determination of Optimum Working points for Diesel Engines. Trans. of the ASAE 32(5) : 1519~1522