

차량통과 하중을 이용한 운동에너지 발전 시스템

A Study on the Electric Generating System Using Kinetic Energy of Passing Vehicles

이동환†·안상억*·신우철**

DONG HWAN, LEE, SANG EOK, AHN and WOO CHOL, SHIN

1. 서 론

전기 에너지의 수요가 날로 증대됨에도 불구하고 화석에너지 고갈과 지구온난화의 주범인 CO₂ 저감에 대한 요구로 대체 청정에너지 및 에너지 하베스팅에 대한 연구가 확대되고 있다. 그중 하나로서 도로 주행 및 차량통과 시 버려지는 운동에너지를 전기에너지로 활용하는 연구가 시도되고 있다. 도심과 도로상에는 수많은 차량이 운행되고 있으며 차량들이 도로 위를 지나거나 과속 방지턱을 통과할 때 제동되는 운동에너지는 사용되지 못하고 사라지고 있다. 최근 이 운동에너지를 이용하여 전기를 얻어 가로등을 켜거나 교통 통제 시스템을 운영하는 데 활용하는 연구가 이루어지고 있다.

가로등을 켜거나 교통 통제시스템을 운영하는 데 필요한 전기를 얻는 방법은 기존 전기공급 방식 외에 풍력, 태양열을 이용하는 방법이 있다. 그러나 접근성과 설치환경, 일조량 등 제약이 있고 경제성과 청정성도 고려의 요소가 되어야 하므로 풍력이나 태양열 외에 도로에 직접 피에조 물질이나 전자기장치를 깔아 차량통과 시 하중이 발생하는 운동에너지를 전기에너지로 변환시키거나 저장하는 시스템이 연구되고 있다. 본 연구에서는 과속 방지턱의 하부를 크랭크 운동기구로 대체하여 차량이 통과할 때 발생하는 운동에너지를 환산하고 기계장치 관점에서 전기에너지로 변환시킬 수 있는 에너지 량을 추정하는 효율적 발전메커니즘을 고안 제시하고자 한다.

2. 2장 기계장치의 운동에너지

2.1 장치의 입력 에너지

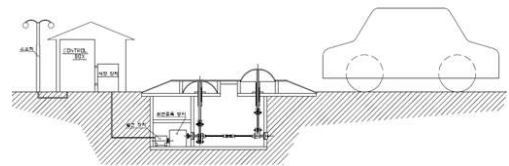


Fig. 1 Configuration of a crank as a power generating system

본 시스템은 Fig. 1에서 보이듯이 차량이 과속 방지턱을 통과할 때 방지턱의 하단에 크랭크 기구를 설치하여 차량의 무게와 진행속도가 가지는 위치 및 운동에너지로 크랭크 기구를 회전시키는 구조이다. 회전운동에너지는 플라이휠과 발전기에 연결되어 전기를 발생한다.

장치는 차량의 통과속도를 30km/hr(=8.33m/s), 차량의 무게를 5000N(앞바퀴가 누르는 중량), 차량의 출력을 135kW로 가정하여 설계되었다. 방지턱의 경사는 20°이고 방지턱이 눌러지는 높이는 100mm의 stroke를 가지며 노면의 마찰력은 무시하였다.

차량이 방지턱을 올라서는 순간 수직방향으로 가해지는 힘은 5563 N이며 수직방향으로 눌러지는 속도는 2.84 m/s이다. 차량이 방지턱을 진입하여 100mm를 누르는 동안 방지턱에 가해지는 에너지는 에너지 보존법칙에 의하여 5024 J이 되고 크랭크 피스톤에 가해지는 힘은 10463 N이다.

† 이동환; 정회원, 한국기계연구원
E-mail : ldh@kimm.re.kr
Tel : 042-868-7352 , Fax : 042-868-7440
* 삼부산업(주)
** 삼부산업(주)

2.2 크랭크 기구의 출력에너지

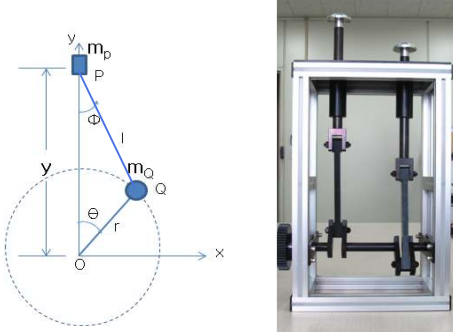


Fig. 2 Crank mechanism for road power generator

Fig.2는 Fig.1에서 보이는 방지턱 아래에 설치된 크랭크 기구이다. 크랭크 반경은 50mm이고 커넥팅로드 길이는 150mm이다. m_Q 는 크랭크 질량의 1/2과 커넥팅로드 질량의 1/2의 합인 530g이고 m_P 는 피스톤 질량과 커넥팅로드 질량의 1/2인 520g로 하였다. Fig.2의 기구학적인 구속조건은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} y &= r \cos \theta + l \sin \phi \\ r \sin \theta - l \cos \phi &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

여기서, θ 는 크랭크 각도이고 ϕ 는 커넥팅로드의 각도이며 y 는 피스톤 핀과 크랭크 축 중심 간의 거리이다. 2.1절에서 차량의 바퀴가 과속 방지턱을 지나면서 주는 힘(10463N)이 피스톤에 가해졌을 때 크랭크 각가속도를 0으로 가정하면 피스톤이 회전하는 마력은 다음 식으로 주어진다.

$$\begin{aligned} T_{cr} \omega &= F_y r \frac{\sin(\theta + \phi)}{\cos \phi} \omega + m_P r^2 \frac{\sin(\theta + \phi)}{\cos^3 \phi} \\ & \left[\frac{r}{l} \frac{\cos^2 \theta}{\cos \phi} + \cos \phi \cos(\theta + \phi) \right] \omega^2 \end{aligned} \quad (2)$$

식(2)의 좌변은 크랭크의 동력이고 우변의 첫 항은 차량통과 시 가해지는 외력에 의하여 얻어지는 동력이고 둘째 항은 크랭크기구의 운동에 의해서 얻어지는 동력이다. 식에서 보듯이 각속도가 작고 크랭크 기수가 작은 경우 일반 내연기관과 같이 외력에 의해서 얻어지는 마력이 지배한다.

실제 크랭크의 각가속도는 0이 아니지만 장치에 플라이휠을 설치하여 근사적으로 0으로 보면 크랭크 회전각속도 ω 는 근사적으로 100 rpm이다. 그러므로 발전기에서 기계/전기적 임피던스 매칭을 통하여 효율적으로 전기를 얻기 위해서는 증속기를 써서 필요한 만큼 회전수를 증가시킬 필요가 있을 수 있다.

2.3 노면 전기발생장치

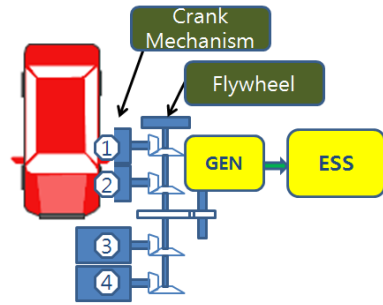


Fig. 3 Integrated road power generating

차량이 장치를 지나가는 빈도가 낮으면 전기발생을 할 수 있는 에너지 양이 현저히 적어진다. 그러나 차량의 속도가 30km/hr인 경우 Fig.3과 같은 직렬배치로 그 간격을 2.49m 간격으로 두면 차량 한대당 크랭크 장치의 배치 수만큼 연속적인 회전을 얻을 수 있으므로 차량 통행이 빈번한 도심에서는 연속적인 에너지 공급원임을 예상할 수 있다.

3. 결 론

노면 발전기로서 일반적으로 사용되는 방식인 피에조 물질이나 전자기적 이용 방식에 대응하여 크랭크 기구를 이용한 기계적 에너지 이용 방식을 소개하였다. 크랭크 방식은 내연기관과 같이 100년 동안 입증된 충격 폭발에너지를 에너지원으로 작동하는 견고한 기계장치로 입증된 바 차량통과 하중에 활용하기에 적합하며 도심이나 통행이 빈번한 도로상에서 적지 않은 전기를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

후 기

본 내용은 삼부산업과 공동 특허출원된 내용임.