

전기 구동 이동형 인공호흡기의 개선 및 평가

고성호, 최낙빈, 김대웅, 이상훈, 오용석*, 이계한**, 이성희***, 이태수****

단국대학교 의과대학 의공학교실, 서울대학교 의과대학 마취학교실*

명지대학교 공과대학 기계공학과**, 수도권상(주) 부설연구소***, 충북대학교 의과대학 의공학교실****

Improvement and Evaluation of Portable Electrical Ventilator

S. H. Ko, N. B. Choi, D. W. Kim, S. H. Lee, Y. S. Oh*, K. H. Lee**, S. H. Lee***, T. S. Lee****

Laboratory of Biomedical Engineering, College of Medicine, Dankook University

Department of Anesthesiology, College of Medicine, Seoul National University*

Department of Mechanical Eng., Myongji University**

Capital Trading Co. LTD.***

Laboratory of Biomedical Engineering, College of Medicine, Chungbuk University****

Abstract

We have developed electrically driven portable ventilator and evaluated through in-vitro and in-vivo test. Ventilator is consists of DC servo motor(Kollmorgen), piston and ball screw, sensing system, power system with backup battery and micro controller. For the precise and stable volume control, the dynamic brake and the PI speed control loop is employed. The main functions are as follows; control, control+sigh, control/assist, control/assist+sigh and SIMV. The animal experiment showed stable performance when it is operated in control mode.

I. 서론

본 연구는 제어 성능을 향상시키기 위해 제어 알고리즘을 개선하여 적용하였으며, 기존의 상품화된 모델과 비교 실험을 통해 제어 성능을 평가하였다. 동물실험을 통해 시스템의 특성을 다양하게 평가하였으며, 평가 결과 제어 성능 면에서는 상당히 양호한 결과를 보였으나, Assist 모드와 SIMV 모드는 개선이 필요하였다.

II. 연구 내용 및 고찰

1. 시스템의 제어 알고리즘 개선

제어 성능을 보다 향상시키기 위하여 제어 알고리즘을 개선하여 적용하였다. 새롭게 적용된 알고리즘은 다음과 같다.

① Dynamic brake

모터를 원하는 위치에 정확히 정지하도록 사용된 알고리즘이다. 모터를 정지시키고자 할 때에는 모터에 거의 전압을 인가하지 않으며 그러므로 전

류도 흐르지 않게 된다. 이런 상태가 되면 모터를 제어할 수 없는 상태가 되며 정지시키고자 하는 위치에서 정확히 정지하지 못하고 부하에 따라 정지 위치가 달라지게 된다. 이러한 현상을 막기 위해 정지하고자 하는 위치에서 모터의 두 개의 입력단자를 연결하면 모터의 역기전압에 의해서 항상 모터의 움직임을 반대하는 방향으로 전류가 흐르게 된다. 이것을 Dynamic brake 효과라 한다. 본 연구에서 적용한 알고리즘은 이러한 효과를 보다 극대화하기 위하여 정지하고자 할 때 두 개의 입력단을 연결시키는 대신 진행방향의 역방향으로 일시적인 전류를 인가하였으며 실험 결과 보다 향상된 결과를 보였다.

② 잔여 시간 측정을 이용한 속도

증감 알고리즘

실린더라는 한정된 공간 내에서 정해진 시간내에 알맞게 피스톤이 왕복운동을 하기 위해 모터의 속도를 변화시키는 알고리즘이다. 부하에 의한 시간 지연 또는 고속제어시 과잉시간을 방지하기 위해 잔여 시간과 현재 속도를 체크하고 정해진 시간에 알맞게 도착할 수 있는 가를 판단하여 속도를 증감시키는 방법을 적용하였다. 이 알고리즘을 적용하여 비교적 정확한 호흡횟수와 호흡비를 이끌어 낼 수 있었다.

③ PI 제어

모터의 감속시 설정된 속도에 보다 빠르게 응답하도록 적용한 알고리즘이다. PI-제어시 설정된 속도에 미치지 못할 때는 전류를 증가시켜 원하는 속도에 도달시키고 설정된 속도를 넘어설 때에는 전류를 차단하여 속도를 감속시키는 방법을 적용하였으나, 이 경우 감속 시에는 응답이 늦은 관계로 정지를 위한 속도감속구간에서 제어의 어려움을 보였다. 이를 개선하기 위해서 PI-제어시 설정된 속도를 넘어서는 경우 역전류를 인가하는 방법을 적용하였다. 이 알고리즘을 적용한 결과 정지를 위한 속도감속 구간에서 보다 원활한 감속이 이루어졌다.

2. 상용화된 기존 제품(PLV-102)과 비교 실험 및 성능 평가

기존 제품과의 비교실험은 제어 성능에 중점을 두어 비교 평가하였다.(그림1)

① Tidal Volume

설정된 호흡량과 측정된 호흡량이 얼마나 일치하는가를 측정하였다. 무부하 상태와 Test Lung을 착용한 상태의 경우를 측정하였으며, 측정 결과 무부하 상태에서는 본 시스템과 기존 제품과는 거의 차이를 보이지 않았으나, Test lung 착용 시에는 기존 제품이 보다 나은 결과를 보였다.

② Respiratory Rate

설정된 호흡 횟수와 측정된 호흡횟수가 정확히 일치하는가를 평가하였다. 분당 호흡횟수를 2회부터 40까지 증가시키면서 비교실험 한 결과 기존의 제품 보다 본 시스템이 정확한 결과를 보였다.

③ I:E Ratio

설정된 I:E ratio에 따라 정확히 제어가 이루어지는지를 평가한 실험이다. 이 실험은 제어 성능의 정확성을 평가하는 기준이 되었으며, 실험 결과 기존의 제품은 본 시스템 보다 큰 오차를 나타냈다.

3. 동물실험

본 실험은 서울대 마취학 교실에서 수행되었다. 실험에 사용된 동물은 한국산 잡견으로 무게는 20kg이었다. 정맥마취제 thiopental sodium으로 의식을 소실시키고 내경 8.0mm의 기관내튜브를 삽관하였다. 마취는 thiopental sodium과 근이완제의 지속적 투여로 유지하였다. 실험에 소요된 시간은 약 20시간 정도였다.

각 설정치를 다양하게 변화시켜 시스템의 동작상 이상 유무를 확인하였다. 동물실험 결과 Control 모드 상에서의 실험은 대체적으로 양호하였으나 Assist와 SIMV 모드에서는 결과를 얻을 수 없었다.

4. 개선된 모델

비교 실험 및 동물 실험을 통하여 얻은 문제점 개선하고, 보다 소형화된 모델을 제작하였으며, 현재 기능 및 성능 실험 중에 있다. 개선된 모델은 그림2에 나타내었다.

III. 결론

개선된 알고리즘을 적용하고 비교 실험을 한 결과 제어 성능 면에서 상품화된 기존의 모델 보다 나은 결과를 얻을 수 있었다. 그러나 호흡량의 경우에는 여전히 개선점이 남아 있음을 알 수 있었다. 이는 밀봉에 관한 문제로 실린더의 완벽한 밀봉이 이루어지면 향상될 것으로 보인다. 동물 실험을 통하여 발견된 문제점은 Assist 모드와 SIMV 모드가 원활히 이루어지지 않는 점이었으며, 이것은 구조상의 문제로 이에 대한 보완기능을 가진 구조를 제작하고, 기능 및 성능 실험 중에 있다.

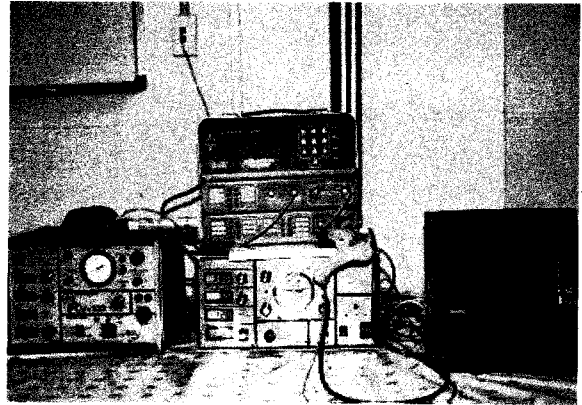


그림 1. 비교실험 상황

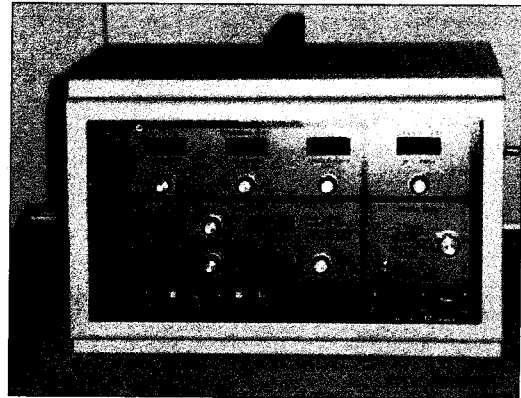


그림 2. 개선된 모델

IV. 참고문헌

- [1] S. P. McPherson, "Respiratory Therapy Equipment," 2nd Ed. CV Mosby, St. Louis, 1981.
- [2] J. W. Black, B. S. Grover, "A Hazard of pressure Support Ventilation," Chest 93:333, 1988.
- [3] B. J. Downs, "New Modes of Ventilatory Assistance," Chest 90:626, 1986.
- [4] C. B. Speatman, H. G. Sanders, "The New Generation of Mechanical Ventilators," Respire Care, 32:403, 1987.

본 연구는 보건복지부에서 주관한 '96년도 선도기술 의료공학기술개발사업'의 지원(HMP-96-G-1-21)에 의하여 이루어진 것임.