

최신PEEP제어 시스템 개발

Advanced PEEP Controlled system development.

2008-4-10

김 종 철 / 이 상 학 / 주 정 규

(주)멕아이씨에스 대표이사 김종철 / 이상학 연구1실장 / 주 정 규 책임연구원

MEKICS Co.,ltd , Jong-cheol KIM , Sang-hag LEE, Jung-kyou Joo

e-mail ; jckim@mek-ics.com , shlee@mek-ics.com, jessel@mek-ics.com

Abstract

The purpose of PEEP is to increased effect reparation in lung. Recently trend of technology is possible to have multi-level or to control freely for variety breathing pattern or breathing mode.

Those new technology need some issue like electronic controlled actuator(solenoid) ,PEEP valve of special structure and control software in micro controller. This paper brief to develop actuator(solenoid) and PEEP valve. This development is to make commercial product of MEKICS.Co.LTD

Electronic controlled actuator(Solenoid) is to make force depend on current in linear. And force is convert to pressure in PEEP valve.

Major technical issue are how to make the valve with continuous force even dough moving and how to optimize to convert force - pressure.

I 서론

PEEP (호기말 양압)을 형성시키는 목적은 인공호흡에 있어 환자 폐 내부의 외호흡 효과를 증대시키기 위한 목적으로 사용되어 왔으며, 최신의 기술은 이를 다단계로 설정하거나, 자유롭게 제어함으로써 다양한 호흡패턴 또는 호흡방법을 제공하는 방향으로 기술발전이 이루어지고 있다.

본 논문에서 다루는 부분은 이러한 최신의 기술을 구현하기 위해 핵심적인 전기구동 액추에이터를 개발하고 이를 응용하여 PEEP을 마이크로 콘트롤러의 명령으로 제어함으로써, 이를 상용화한 목적을 달성하고자 한다.

전기구동 액추에이터는 전류에 비례하는 직선적 힘을 내는 전류비례-힘 발생 솔레노이드를 제작하는 문제와, 힘을 압력으로 변환하는 부분에서의 기술적 해석과 이를 상용화하는 최적의 설계를 얻어내는데 있다.

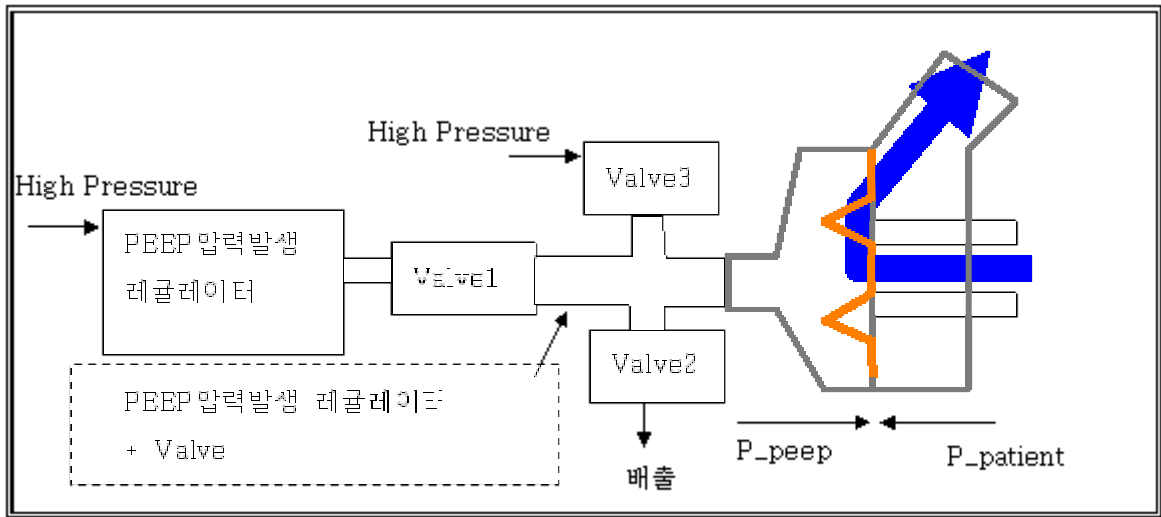
본 논문은 이러한 내용의 결과를 정리하여 기술한다.

II 본론

II-1기존 기계적 방식의 압력-압력방식의 PEEP valve원리와 구조

그림1과 같이, 기계적 구조 방식은 압력-압력(P_{peep} vs $P_{patient}$)간의 균형에 의해 P_{peep} 압력을 초과하면, 밸브가 열려 배출하고, 그 이하 압력이면 밸브가 닫히는 구조이다.

이 경우, 압력발생 레귤레이터가 외부의 조정을 수동 또는 컨트롤러의 제어를 받게된다

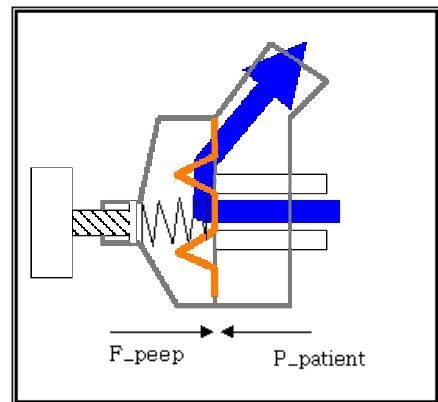


(그림 1, 압력-압력 방식의 PEEP Valve 원리와 구조)

II-2 ; 스프링 힘-압력방식의 PEEP valve 원리구조

그림 2와 같이, 스프링의 힘이 $P_{patient}$ 관로의 면적에 의해 변환되는 압력과 균형에 의한 PEEP 형성으로, 고정된 압력을 유지하는 역할만 가능하며, 주로 가정용 인공호흡장치에 사용되는 간단한 구조이다.

여기서, 힘-압력변환의 관계에 의해 구조적으로 막(membrane)의 물성 및 결합되는 접촉면적의 형태와 면적과의 관계를 유의해서 설계하여야 좋은 특성을 나타낼 수 있다.



(그림 2, 스프링 힘-압력 방식의 PEEP Valve 원리와 구조)

II-3 ; Bi-level PEEP 구동 원리와 구조

인공호흡장치의 최신 기능중의 하나인, Bi-level이란 방식은, 그림1에서 PEEP 압력 발생 레귤레이터가 추가적으로 1개가 더 있고, 또한 Valve1과 동일한 구성이 1개 더 추가되어 (그림 1 점선 참조) 있는 구조로 형성된다.

II-4 : 최신 전류-힘 솔레노이드 구동원리와 구조

최신 전류-힘 변환 솔레노이드는 플린저가 약 3~5mm의 구동거리를 가지게 설계된다. 원리는 전자석과 동일한 원리이나, 중요한 점은 이 이동구간에서 거의 일정한 힘 또는 뒤로 이동할수록 증가되는 힘의 분포를 가져야 한다는 특징을 가져야한다는 점이다.

힘의 크기는 유속에 의해 발생하는 면적과 같은 힘을 가져야 하므로, 일반적으로 내경18mm에서 약 100cmH2O를 가져야하므로, 힘은 이에 비례한 힘을 가져야 한다.

솔레노이드 밸브가 가져하는 힘

: $F_{sol} = \text{단면적} * 100\text{cmH}_2\text{O} = 254\text{cmH}_2\text{O} = 254\text{gf} = 2.48\text{N}$ - 설계 기준 1

그림 3은 그 구조를 나타내고 있다. 전류에 비례하는 힘을 가지는 구조와 플린저가 이동하도록 구성된다.

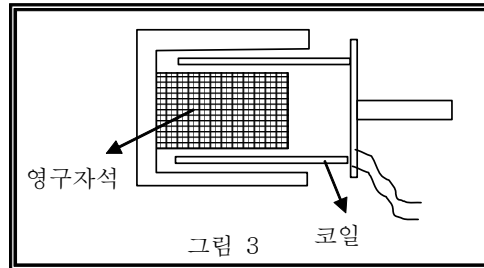


그림 4는 솔레노이드 밸브가 가져야하는 플린저 위치에 따른 힘의 특성을 나타낸다.

이러한 특성은 기계적 마찰력에도 불구하고, 밸브 닫힘을 위한 복귀특성을 감안하여, 뒤로 밀릴수록 강한 힘을 가져야하며,

이 특성은, 밸브의 마찰계수와 밸브막의 물성과 구조형상과 관련이 있다.

- 설계 기준 2

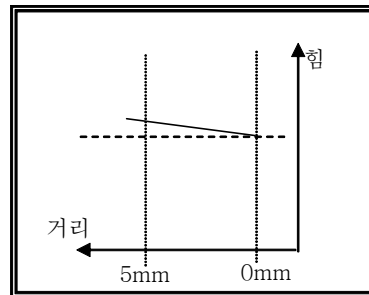
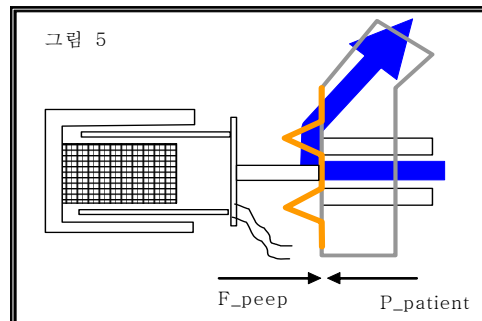


그림 4 동일한 전류에서 플린저 위치에 따른 솔레노이드의 힘의 발생

II-5 : 전류-압력 변환 방식의 PEEP 구동원리와 구조

그림5는 전류-압력 변환 방식의 PEEP 구조이다.

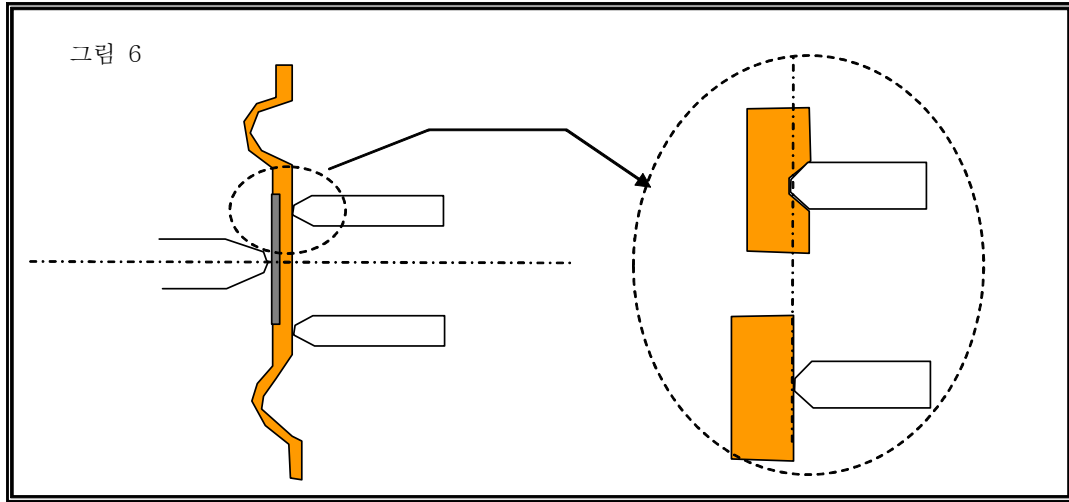
힘은 단면적관계에 의해 압력으로 변환된다. 마이크로 콘트롤러에 의한 전류변환 제어는 PEEP 밸브에 가해지는 압력을 변화시킬 수 있으므로, 기계적 방식에 비하여 다양한 동작을 쉽게 만들어 낼 수 있다.



그러나, 압력-압력 방식에 비하여, 마찰계수, 막의 물성, 단면의 형상 등에 그 기밀성 및 과도특성이 달라지는 것을 실험적으로 알 수 있다.

II-6 : 최적 설계를 위한 문제의 고찰

설계기준 1,2에 따라, 이의 상용화의 하나의 결과를 그림 6에 제시하였다. 그림 6의 솔레노이드 플린저가 점접촉을 하도록 하는 문제와 이를 고루 전달하기 위한 철제 원형관 그리고, 밸브막과 밸브면의 문제에 대하여 고찰되어야 한다.



특히, 일반적으로 PEEP 밸브의 구조는 고무재질의 막과 동근 밸브면으로 구성된다. 여기서 막의 물성(변형도)와 밸브면의 반구형상간에, 접촉 단면의 변화가 나타나며, 이는 힘-압력간의 변환 관계를 변화시킨다.

실험적으로 이는 물성과-기계적 형상간에 최적점을 갖는 것으로 나타난다. 이러한 매칭포인트를 결정하는 기준은 과도적인 여단힘의 특성으로 나타낼 수 있으며, 3~ 20Lpm의 유속에서 +/-1cmH2O의 특성을 갖도록 하는 설계기준을 갖는다.
- 설계기준 3

위에서 소개한, 설계기준 1 ~3을 만족하여야, 임상적으로 만족스런 동작특성과, 최신의 인공 호흡에 필요한 결과를 만들어 낼 수 있다.

III 결론

최신 인공호흡 장치에서, 중요한 하나의 분야가 배기 특성을 조절하는 문제이고, 이를 위해 가장 기초가 되는 원천부분이 전자제어가 가능한 PEEP 조절 액츄에이터와 그 밸브 구조를 설계하는 것이다. 본 논문에서는 그러한 과정에서 얻어진 중요한 기준을 설계기준 1 ~3으로 정리하였다.

향후 발전 방향은 저전력과, 소형화 및 정밀한 동작이 가능한 액츄에이터와 밸브를 개발하는 문제이다. 이는 관성을 줄여 응답속도를 향상시키는 문제, 마찰계수등과 관련된 저유속, 저압력에서 안정적인 PEEP특성을 나타내는 발전을 필요로 한다.

참고문헌

[1] Miller's Anesthesia Sixth edition Ronald D. Miller 75:2811-2828
 [2] 이준우,김병희,장인배, 1999, "보이스코일 액츄에이터를 기반으로 한 고정밀 직성이송 시스템의 위치결정", 강원대학교 산업기술연구소 논문집
 [3] Hess D Tabor T. Comparison of sis methods to calculate airway resistance during mechanical ventilation. J Clin Monit 1993; 9:275-282
 [4] Hudson LD, Weaver LJ, Hirsch CE, Carrico CJ. Positive end-expiratory pressure: reduction and withdrawal. Respir Care 1988;33:613-619
 [5] J.X.Brunner, Hamilton Medical AG, Rhazuns, Switzerland, 2002, "History and principles of close-loop control applied to mechanical ventilation", Nederlandse Vereniging voor Intensive Care
 [6] Ranieri VM, Grasso S, Fiore T, Giuliani R. Auto-positive end-expiratory pressure and dynamic hyperinflation. Clin Chest Med 1996; 17:379-394
 [7] Rossi A, Polese G, Brandi G, Conti G. Intrinsic positive end-expiratory pressure(PEEPi). Intensive Care Med 1995; 211:522-536