

유압식 엘리베이터용 에너지 저감장치의 개발에 관한 연구

조인성^{1*}

¹전북대학교 기계시스템공학부

A Study on the Development of an Energy Saving Unit for a Hydraulic Elevator

Ihn-Sung Cho^{1*}

¹Division of Mechanical System Engineering, Chonbuk National University

요 약 기존의 유압식 엘리베이터에서, 엘리베이터 카는 하강 제어 밸브에 의해 하강하며, 작동유의 유압 에너지는 하강행정 동안 손실 될 수밖에 없다. 본 연구에서는 하강행정 동안 손실되는 유압 에너지를 회수하기 위해서 유압식 엘리베이터용 하이브리드 형 에너지 저감 장치에 대해서 연구하였다. 회수된 에너지는 전기 에너지로 변환하여 저장하고, 저장된 에너지는 엘리베이터의 상승행정 동안에 보조 동력으로 사용하거나 다른 부품의 주동력으로 사용할 수 있다. 본 연구의 결과들은 에너지 저감 장치의 출력 특성이 안정적이고 양호하다는 것을 보여주고 있으며, 본 연구를 통하여 유압식 엘리베이터의 하강행정 동안 손실되는 에너지를 회수하는데 성공하였으며, 회수된 에너지를 재사용하는데 매우 유용하다는 것을 확인하였다.

Abstract In a traditional hydraulic elevator, elevator car is descended by down control valve, and the oil hydraulic energy must be lost during the descending stroke. In this paper, hybrid type energy saving unit for a hydraulic elevator is researched to save the hydraulic energy which is lost during the descending stroke. The energy is stored as converted electrical energy, and the saved energy is reused as the auxiliary power for the ascending stroke of elevator car or the main power of other parts. The results show that the output characteristics are stable and good and the research is successful and useful to reuse the saved energy during the descending stroke of elevator car.

Key Words : Control valve, Energy saving unit, Hydraulic elevator, Power unit

1. 서론

1970년대 후반 국내 엘리베이터 제조업이 시작된 이후, 산업의 발전에 맞추어 엘리베이터 관련 산업도 성장하였으며, 2009년에는 연간 26,097대의 엘리베이터를 설치하는 수준이다. 그 중에서 특수용 엘리베이터는 2008년 1,342대, 2009년 905대로써 매년 900~1,400대 정도가 신규 설치되었으며 화물용이 대다수를 차지하고 있고 큰 부하가 가해지기 때문에 로프식보다 유압식 엘리베이터를 주로 채용하고 있다.

그러나 유압식 엘리베이터의 유압시스템은 1set당 가격이 로프식 엘리베이터보다 고가이며, 그 원인은 유압시스템이 전량 독일, 이탈리아 등에서 직수입되기 때문이다 [1]. 핵심 파트를 수입에 의존하기 때문에 유저의 에너지 저감, 동력효율향상 등에 대한 요구에도 즉각 대응이 어려운 실정이다. 엘리베이터에 관련된 국내 연구가 진행되고 있으나 부품에 관한 것이거나 부분적인 연구가 대부분이거나 [1], 엘리베이터 도어 시스템 [3,4]이나 제어 시스템 [5,6] 등에 관한 연구가 진행되어 왔다.

또한, 최근 대두되는 그린에너지 정책에 맞추어 효율

*Corresponding Author : Ihn-Sung Cho(Chonbuk National Univ.)

Tel: +82-63-270-4703 email: cis0206@jbnu.ac.kr

Received March 8, 2013

Revised April 3, 2013

Accepted May 9, 2013

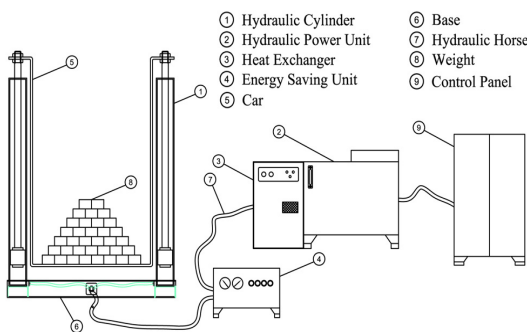
을 최적화하거나 에너지를 저장할 수 있는 시스템이 각광을 받고 있으나 유압식 엘리베이터 분야에서 이와 같은 시스템에 대한 시도는 거의 전무한 상태이다.

본 연구의 목표는 엘리베이터가 상승할 때 생성된 위치에너지를 이용하여 엘리베이터가 하강할 때 전기에너지로 변환하여 배터리에 저장하고, 축전된 전기에너지를 엘리베이터의 재생승시 전력의 일부로 보조하거나 관련 부품의 에너지원으로 사용하도록 하여 에너지 소비량을 저감할 수 있는 하이브리드 방식 유압식 엘리베이터용 에너지 저장장치를 개발하는 것이다.

2. 개발 장치의 구성

2.1 개발 장치의 개요

Fig. 1은 개발 장치의 구성을 나타내고 있으며, ①컨트롤 패널(CP)의 제어를 통하여 ②유압 파워 유닛의 주 동력원을 가동하게 되고 이를 통하여 발생하게 되는 유압 에너지가 ④에너지 저장 장치를 거치지 않고 바로 유압식 엘리베이터용 ①유압 실린더에 공급되므로써 ⑤엘리베이터(Car)는 상승하게 된다. 그러나 하강할 경우에는 ②유압 파워 유닛의 동력은 차단(off)되고, 엘리베이터의 자중에 의해서 ①유압 실린더에 차있는 기름을 밸브를 통하여 서서히 탱크로 돌려보내므로써 하강속도를 조절하게 된다. 그러므로 하강 시에는 주 동력원을 소비하지는 않지만 유체가 가지고 있는 에너지를 소모하게 된다.



[Fig. 1] Schematic of the hydraulic elevator with energy saving unit

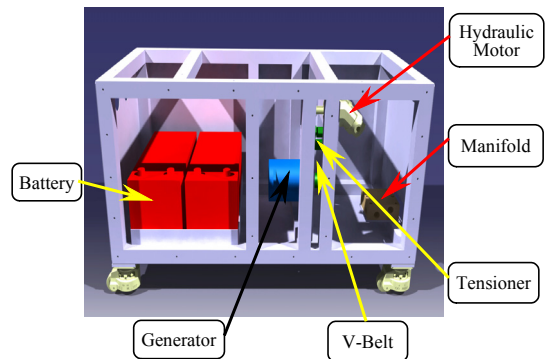
따라서 엘리베이터가 상승으로 상승할 때 생성된 위치 에너지를 엘리베이터가 하중으로 하강할 때 ④에너지 저장 장치를 거치도록 하여 순차적으로 유체가 가지고 있는 에너지를 기계에너지로 변환시킨 후 이를 이용하여 제너레이터를 가동하여 발전할 수 있도록 하여 축전지에

전기에너지로 저장할 수 있도록 하는 시스템이다.

그러므로 엘리베이터 카(car)와 이를 승강시키는 유압 실린더, 상기 카를 상승시키기 위해 상기 유압실린더에 유압에너지를 전달하도록 구성되는 유압파워유닛, 상기 카의 하강으로 소모되는 위치에너지를 전기에너지로 변환하여 저장하도록 구성되는 에너지저감유닛, 상기 유압 파워유닛과 에너지저감유닛을 제어하고 전원을 공급하는 제어반유닛 등으로 구성되어 있다.

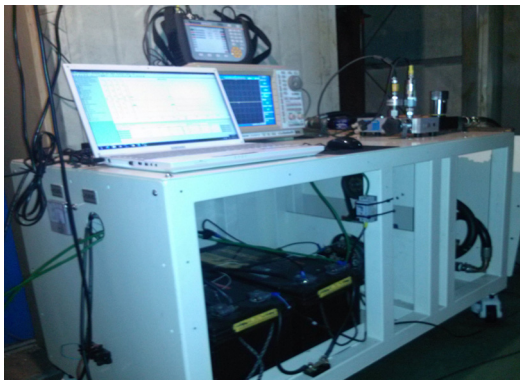
2.2 에너지 저장 장치의 구조

Fig. 2는 에너지 저장 유닛의 개략도를 보여주고 있다. 에너지 저장 장치는 크게 엘리베이터 하강 시 유압에너지를 기계적 에너지로 변환시켜주는 유압모터, 유압모터에서 변환된 기계적 에너지를 전기적 에너지로 변환시켜주는 제너레이터, 제너레이터에서 생성되어지는 전기 에너지를 저장하는 축전지, 각종 센서, 표시기 및 제어밸브 등으로 구성되어 있다. 상기의 에너지 저장 유닛에 사용되어지는 부품들을 통하여 유압식 엘리베이터의 상승 행정을 통하여 얻어지는 위치에너지를 유압에너지로 변환하고, 이렇게 변환되어진 유압 에너지를 에너지 저장 유닛을 통하여 전기 에너지로 변환시켜 축전지에 저장하여 재사용하므로써 엘리베이터의 승강 행정에 소모되는 에너지를 절감할 수 있다.



[Fig. 2] Schematic of the energy saving unit of a hydraulic elevator

Fig. 3은 본 연구를 통하여 설계·개발하여 제작한 에너지 저장 유닛의 실물 전경을 보여주고 있다. 실물 사진에서 에너지 저장 유닛의 상부에는 테스트를 위하여 다양한 계측 시스템을 장착한 모습으로 에너지 저장 유닛의 다양한 특성들을 측정 및 평가할 수 있도록 구성하였다.

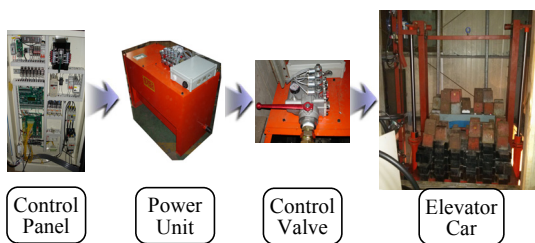


[Fig. 3] Energy saving unit of a hydraulic elevator

3. 실험 장치의 구성 및 방법

3.1 엘리베이터 카의 상승 행정

유압식 엘리베이터는 Fig. 4처럼 엘리베이터 제어반에서 모든 컨트롤이 이루어지며, 제어반에서 보내진 상승 신호 및 주동력 전원에 의해서 파워 유닛의 구동모터가 작동하고, 이 구동 모터가 유압 펌프를 구동하여 엘리베이터 카의 상승에 필요한 유압 작동유를 송출하게 된다. 이렇게 송출되는 유압 작동유는 제어밸브에서 적당한 압력과 유량을 제어하여 엘리베이터 카의 상승을 위한 유압 실린더에 공급되며, 이를 통하여 엘리베이터 카는 상승한다.

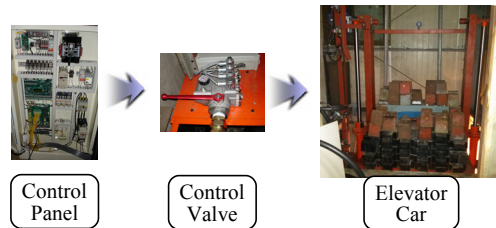


[Fig. 4] Ascending stroke of a hydraulic elevator

3.2 엘리베이터 카의 하강 행정

유압식 엘리베이터는 Fig. 5처럼 상승 행정과 동일한 방법으로 엘리베이터 제어반에서 모든 컨트롤이 이루어지며, 제어반에서 하강 신호가 보내지지만 파워 유닛의 구동모터는 작동 하지 않고 제어밸브의 작동만으로 이미 상승행정에서 유압실린더에 공급되어져 있는 작동유를 제어밸브에서 적절한 유량을 제어하면서 유압 탱크로 돌려보내면서 엘리베이터 카의 하강 속도를 제어하며, 이를

통하여 엘리베이터 카는 하강한다. 이때 유압 작동유는 엘리베이터 카의 하강 속도만을 제어하는데 사용되어지며, 이로 인하여 엘리베이터의 상승 과정에서 생성된 유압 에너지가 손실로 이어지게 된다. 따라서 이를 회수하기 위하여 에너지 저감 유닛이 필요하다.

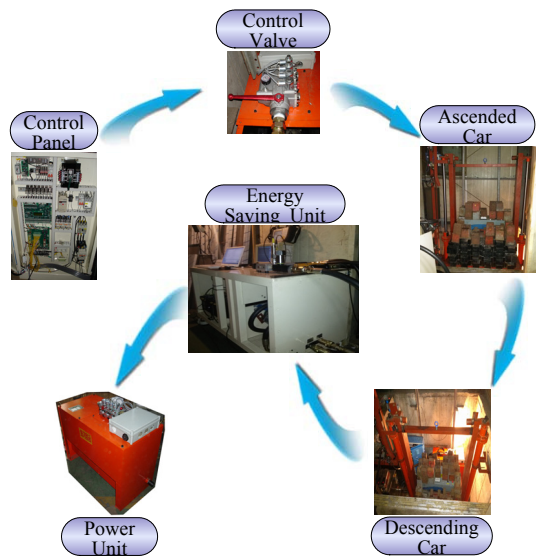


[Fig. 5] Descending stroke of a hydraulic elevator

3.3 카의 하강 중 에너지 저감 유닛의 작용

Fig. 6처럼 이미 상승 행정이 이루어진 엘리베이터에 대해서 하강하기 위하여 제어반에서 하강 신호가 보내지면, 제어밸브의 작동만으로 엘리베이터 카는 하강한다.

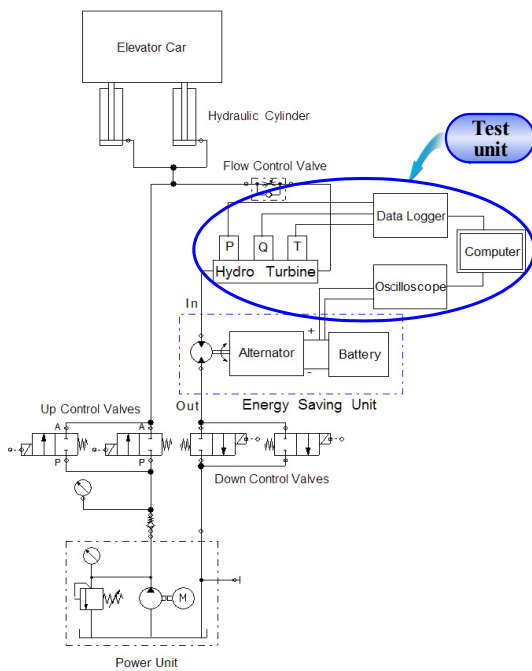
이때 엘리베이터 카가 하강하면서 유압실린더 내에서 탱크로 돌려보내는 유압 작동유를 에너지 저감 유닛을 거치도록 회로설계를 하여 에너지 저감 유닛에서 유압 작동유가 가지고 있는 에너지로 유압 모터를 회전시키고, 이를 이용하여 제너레이터를 회전시켜 전기 에너지를 발생시켜 축전지에 저장하여 재사용할 수 있도록 하여 손실되는 에너지를 회수하도록 구성하였다.



[Fig. 6] Behavior of energy saving unit during descending stroke of a hydraulic elevator

3.4 에너지 저장 유닛의 실험 장치

Fig. 7은 유압식 엘리베이터용 에너지 저장 유닛의 성능을 평가하기 위하여 실제 엘리베이터의 유압 시스템의 특성을 실시간으로 파악할 수 있도록 구성 한 것이다. 그림에서 중간 부분의 일점쇄선 사각형 부분이 본 연구를 통하여 개발된 유압식 엘리베이터용 에너지 저장 유닛이며, 상승되어 있는 엘리베이터 카의 위치에너지가 유압 실린더 내의 작동유의 압력에너지로 변환되어 에너지 저장 유닛의 입력(In) 포트에 작용하여 유압 모터를 구동하고, 일을 한 작동유는 출력(Out) 포트를 통하여 빠져나와 파워 유닛의 탱크로 귀환하게 된다.

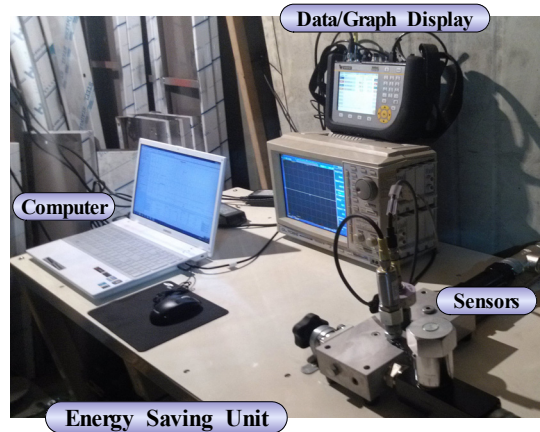


[Fig. 7] Test circuit of the energy saving unit of a hydraulic elevator

따라서 에너지 저장 유닛의 성능을 파악하기 위하여 에너지 저장 유닛의 입구 측 고압라인에 테스트 유닛을 장착하여 엘리베이터 카가 승강할 때 작동유의 특성(압력, 유량, 온도 등)을 파악할 수 있도록 세계적으로 유압 시스템 측정 장비로 유명한 Hydrotechnik 사의 Hydro Turbine을 사용하여 작동유의 흐르는 유량을 측정하였으며, 압력은 동사의 PR15 압력 센서를 사용하였고, 작동유의 온도를 측정하기 위하여 동사의 PT100 온도센서를 사용하였다. 또한, 알터네이터의 회전수는 Webtec 사의 비접촉 rpm meter를 사용하여 측정하였으며, 각각의 센서

들로부터 나온 신호는 Webtec사의 다 채널 Portable Data Logger를 이용하여 각각의 Data 값 및 그래프를 확인하고 Computer를 이용하여 실시간 측정 및 확인이 가능하도록 구성하였다. 또한, 엘리베이터 카가 하강 행정 중에 에너지 저장 유닛으로 공급되어지는 에너지는 유압 모터를 거쳐 제너레이터를 통하여 전기적 에너지로 전환되고 이 전기 에너지는 축전지에 저장되게 되는데, 이의 출력량을 측정하기 위하여 Memory Oscilloscope를 이용하여 제너레이터 출력단자의 발생 전압을 실시간 측정하고, 축전지로 충전되는 전류량은 제너레이터 출력단자에 0.05 Ω의 저항을 장착하여 저항의 양 단자간의 전압을 측정하므로써 흐르는 전류량을 환산할 수 있도록 구성하였다. Oscilloscope를 이용하여 측정한 제너레이터의 출력 Data는 컴퓨터를 이용하여 처리하도록 하였다.

Fig. 8은 에너지 저장 유닛의 특성을 실험하기 위한 실험 장치 실물을 보여주고 있다.

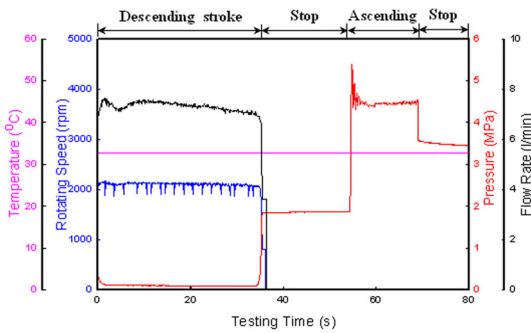


[Fig. 8] Testing apparatus of the energy saving unit of a hydraulic elevator

4. 실험 결과

4.1 엘리베이터의 승강에 따른 작동유 특성

Fig. 9는 컨트롤 조정장치의 버튼을 누르면 엘리베이터가 상승 또는 하강을 하게 되는데, 버튼을 누름으로써 엘리베이터가 상승 및 하강할 경우에 에너지 저장 유닛에서의 유압 작동유의 특성을 나타내고 있다.



[Fig. 9] Hydraulic characteristics of the energy saving unit

가로축은 테스트 시간을 나타내고, 세로축은 각각의 측정값들을 나타내고 있다. 빨간색으로 표시된 부분은 엘리베이터의 상승 및 하강 행정에 있어서 작동유의 압력의 변동을 나타내고 있으며, 검정색은 작동유의 흐르는 유량을, 파란색은 제너레이터의 회전수를 나타내며, 핑크색은 작동유의 온도를 나타내고 있다. 상승 행정에서 작동유의 유량과 제너레이터의 회전수가 표시되지 않는 것은 상승 행정 중에는 작동유가 에너지 저감 유닛을 통과하지 않기 때문이다. 상승 행정 중에 압력의 파형이 초기에 변동성이 크게 나타나고 있음을 알 수 있는데, 이는 상승 초기 저압의 조건에서 상승하기 위한 압력까지 갑작스런 압력의 증가가 발생하여 생기는 오버슈팅 현상으로 상승하기에 충분한 압력이 되면 안정화 된다.

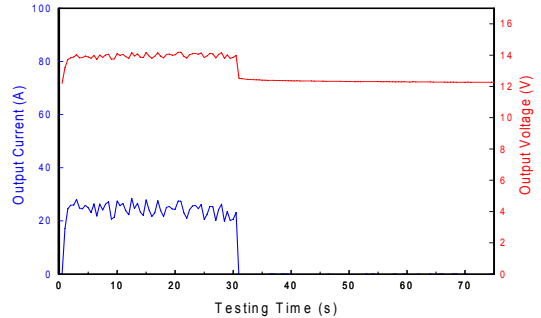
엘리베이터의 하강 행정에서는 상승 행정과 달리 작동유의 에너지 저감 유닛을 통과하는 유량과 제너레이터의 회전수가 표시되고 있으며, 검정색으로 표시된 유량이 에너지 저감 유닛의 유압 모터를 회전시키고, 유압 모터에 연결된 제너레이터를 회전시키게 된다. 그러므로 파란색으로 표시된 제너레이터의 회전수가 표시되고 있음을 알 수 있다. 이렇게 제너레이터가 회전하므로 써 전기를 생산할 수 있다는 것을 알 수 있다.

4.2 엘리베이터의 승강에 따른 출력 특성

Fig. 10은 엘리베이터의 승강에 따른 에너지 저감 유닛에서의 출력 특성을 보여주고 있으며, 적색으로 표시되는 부분은 출력 전압을 나타내고, 청색으로 표시되는 부분은 출력 전류를 나타내고 있다.

출력 전압은 제너레이터의 특성상 13.5V~14.5V 범위 내에서 변동성을 가지며 나타나고 있으며, 이러한 변동성을 보이는 이유는 교류 발전기에서 나오는 교류를 직류로 변환하는 과정에서 발생하는 전파정류의 특성이다. 또한 출력 전류는 약 25A 정도를 나타내고 있으며, 전류 또한 전압과 마찬가지로 일정한 범위 내에서 파형을 가지

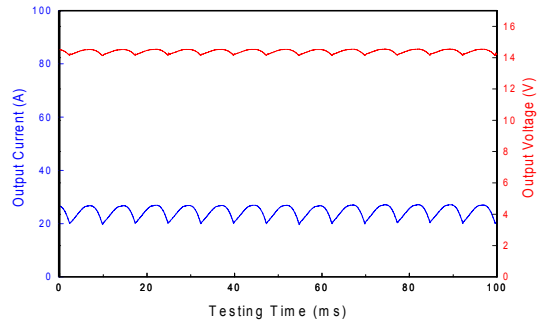
며 나타난다.



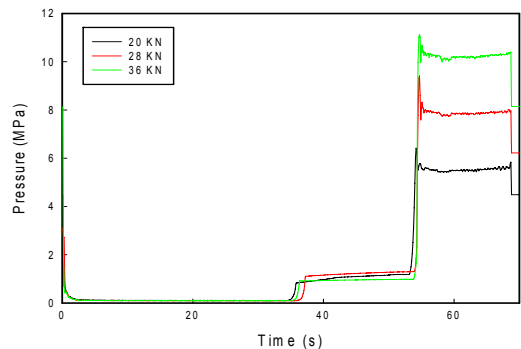
[Fig. 10] Output characteristics of the energy saving unit

Fig. 11은 이러한 전압과 전류의 파형을 정확하게 보기 위해 측정 범위를 더욱 세밀하게 하였을 경우에 얻을 수 있는 파형을 보여주고 있다.

Fig. 12는 엘리베이터 부하의 변동에 따른 에너지 저감 유닛의 압력 변동을 나타내고 있다. 엘리베이터 카의 하중은 사용 조건에 따라서 달라질 수 있기 때문에 엘리베이터 카의 하중의 변동에 따라 그 압력의 변동 특성을 확인할 필요가 있다.



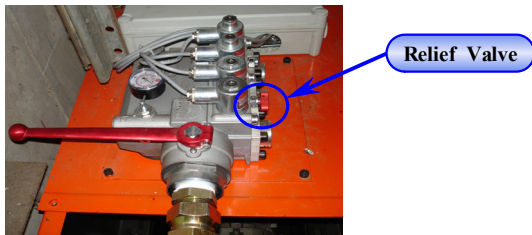
[Fig. 11] Detailed output characteristics of the energy saving unit



[Fig. 12] Pressure characteristics of the energy saving unit(at 2000 rpm)

Fig. 13 제어밸브 유닛의 릴리프 밸브를 조정하여 압력을 조정할 수 있으며, 엘리베이터 카의 부하와 릴리프 밸브를 이용하여 유압 시스템의 압력 특성 및 내압 성능을 파악할 수 있다. 부하 변동에 따른 특성을 파악하기 위해 엘리베이터 검사에 사용하는 분동을 사용하여 20 kN, 28 kN, 36 kN으로 변화를 주었다.

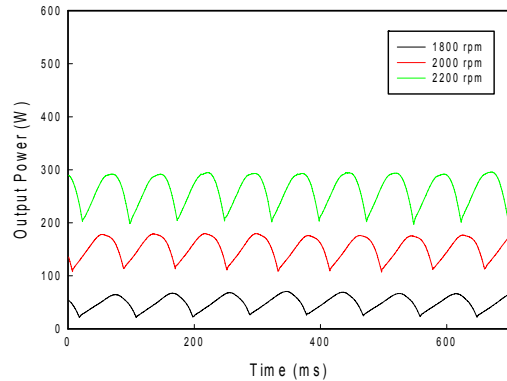
이러한 조건에서 엘리베이터 승강에 따른 압력 변동을 측정하였다. 엘리베이터 카의 하강이 증가할수록 상승 행정 중 발생하는 압력은 증가하고 있음을 알 수 있다. 그러나 하강 행정 중의 압력의 변동은 상대적으로 그 변동성이 작음을 알 수 있으며, 엘리베이터 유압 시스템의 내압 성능은 약 10 MPa 이상의 압력에서도 무리 없이 작동하고 있음을 확인할 수 있었다.



[Fig. 13] Relief valve to control the line pressure

Fig. 14는 제너레이터의 회전수 변화에 따른 에너지 저장 유닛에서 출력되는 Output Power를 나타내고 있다. 본 연구에서는 에너지 저장 유닛의 측정 장치에 유량 조절 밸브를 장착하여 제너레이터의 회전수를 조정할 수 있도록 하여 엘리베이터 카의 하강 행정에서의 속도를 조절할 수 있도록 하였으며, 제너레이터의 회전수는 rpm meter에 의해서 측정할 수 있도록 하였다.

엘리베이터 카의 부하 조건이 16 kN에서 제너레이터의 회전수는 1800 rpm, 2000 rpm, 2200 rpm으로 변화를 주었으며, 이러한 조건에서 에너지 저장 유닛에서 출력되는 충전 전압과 전류를 측정하여 이를 이용하여 Power(W)로 환산한 값이다. 같은 하중에서 엘리베이터 카의 속도가 증가하면 에너지 저장 유닛에서 출력되는 파형의 주기가 짧아지고 있음을 알 수 있으며, 파워도 거의 비례적으로 증가하고 있음을 알 수 있다. 이는 엘리베이터 카의 속도가 증가할수록 제너레이터의 회전수가 증가하고, 제너레이터의 회전수가 증가할수록 출력 전류가 증가하기 때문이며, 축전지에 충전되는 전류가 그만큼 증가한다.



[Fig. 14] Output power characteristics of the energy saving unit(at 16 kN)

5. 결론

본 연구의 목표는 엘리베이터가 상승할 때 생성된 위치 에너지를 이용하여 엘리베이터가 하강할 때 전기에너지로 변환하여 배터리에 저장하고, 축전된 전기 에너지를 엘리베이터의 재상승 시 전력의 일부로 보조하거나 관련 부품의 에너지원으로 사용하도록 하여 에너지 소비량을 저감할 수 있는 하이브리드 방식 유압식 엘리베이터용 에너지 저장장치를 개발하고자 하였다.

기존의 유압식 엘리베이터에서는 이미 상승행정에서 유압실린더에 공급되어져 있는 작동유를 제어밸브의 작동만으로 적절한 유량을 제어하면서 유압 탱크로 돌려보내면서 엘리베이터 카의 하강 속도를 제어하며 엘리베이터 카를 하강시킨다. 따라서 엘리베이터의 상승 과정에서 생성된 유압 에너지가 손실로 이어질 수밖에 없게 된다. 그러나 본 연구의 에너지 저장 유닛을 통하여 손실 되는 유압 에너지를 회수하여 재사용할 수 있도록 하는데 성공하였으며, 결과에서 보여 지듯이 에너지 저장 장치의 출력 특성도 안정적이고, 양호한 결과를 도출할 수 있었다.

그러므로 본 연구의 에너지 저장 장치를 활용한다면 유압식 엘리베이터의 에너지 효율을 획기적으로 개선할 수 있을 것으로 여겨진다.

References

- [1] S. H. Jung, "Development of the Hydraulic Gear Pump for an Elevator", *Journal of Korean Soc. of Mechanical*

- Technology*, Vol. 13, No. 4, pp. 117-124, 2011
- [2] J. S. Lee, "Behavior Analysis of Elevator Door", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 8, No. 5, pp. 991-994, 2007
- [3] Y. H. Kim, "Development of Elevator Door System with Linear Induction Motor", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 12, No. 8, pp. 3617-3625, 2011
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2011.12.8.3617>
- [4] K. D. Hwang, D. S. Kim and D. S. Lim, "Hydraulic System Control Using H Infinite Control Technique", *Journal of Korean Soc. of Mechanical Technology*, Vol. 11, No. 1, pp. 45-51, 2009
- [5] Y. H. Kim, "Study of Drive Control System for Ropeless Elevator", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 13, No. 8, pp. 3634-3641, 2012
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.8.3634>
- [6] D. H. Yang, K. Y. Kim, S. Heo, M. K. Kwak and J. H. Lee, "Development of a Solenoid Control Technique for the Suppression of Noise and Vibrations of the Brake System of Elevator Traction Machine", *Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, Vol. 22, No. 5, pp. 451-458, 2012
DOI: <http://dx.doi.org/10.5050/KSNVE.2012.22.5.451>

조 인 성(Ihn-Sung Cho)

[정회원]



- 1994년 2월 : 전북대학교 대학원 정밀기계공학과 (공학석사)
- 2005년 2월 : 전북대학교 대학원 정밀기계공학과 (공학박사)
- 2007년 6월 ~ 현재 : (유)한독엘리베이터 기술연구소 연구소장
- 2009년 3월 ~ 현재 : 전주대학교 기계자동차공학과 객원교수
- 2011년 4월 ~ 현재 : 전북대학교 기계시스템공학부 겸임교수

<관심분야>

Tribology, 유·공압 분야