

유압식 엘리베이터 에너지 저감장치의 성능특성에 관한 연구

조인성^{1*}

¹전북대학교 기계시스템공학부

A Study on the Performance Characteristics of an Energy Saving Unit in a Hydraulic Elevator

Ihn-Sung Cho^{1*}

¹Division of Mechanical System Engineering, Chonbuk National University

요 약 기존의 유압식 엘리베이터에서 엘리베이터 카의 하강행정 동안 손실 되는 유압 에너지를 회수하여 재사용하기 위하여 개발한 유압식 엘리베이터용 하이브리드 형 에너지 저감 장치에 대한 성능 특성에 관하여 연구하였다. 회수된 에너지는 축전지에 저장하여 재사용할 수 있도록 구성되어 있으며, 엘리베이터의 구동 조건에 따른 에너지 저감 장치의 출력 특성, 효율 및 에너지 회수율 등에 관하여 실험을 통하여 규명하고자 하였다. 본 연구의 결과들은 하강 행정 동안 버려지는 에너지의 회수율이 최대 약 54%로 에너지 저감 장치의 압력, 유량, 출력 전압과 전류, 효율 및 에너지 회수율 등과 같은 성능 특성들이 안정적이고 양호하다는 것을 보여주고 있으며, 본 연구를 통하여 유압식 엘리베이터의 에너지 저감 장치를 통하여 하강행정 동안 회수된 에너지를 재사용하는데 매우 유용하며, 상용화 가능성이 충분하다는 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, the performance characteristics of the hybrid type energy saving unit, is used to save the hydraulic energy which is lost during the descending stroke, for a hydraulic elevator are studied. The energy can be reused as the auxiliary power. The results show that the performance characteristics, such as the pressure, flow rate, output current and voltage, efficiency, and the energy recovery rate of the unit are stable and good as the energy recovery rate is 54%, and the energy saving unit is useful to reuse the saved energy during the descending stroke of elevator car. Also, it was confirmed that the energy saving unit can be deployed on a commercial scale.

Key Words : Control valve, Energy saving unit, Hydraulic elevator, Performance characteristics, Recovery rate

1. 서론

특수용 엘리베이터는 화물용이 대다수를 차지하고 있고 큰 부하가 가해지기 때문에 로프식보다 유압식 엘리베이터를 주로 채용하고 있다.

그러나 유압식 엘리베이터의 유압시스템은 전량 독일, 이탈리아 등에서 직수입되어 사용되고 있다[1]. 핵심 파트를 수입에 의존하기 때문에 유저의 에너지저감, 동력효율향상 등에 대한 요구에도 즉각 대응이 어려운 실정이

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

본 연구는 엘리베이터가 상승할 때 생성된 위치에너지

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

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

Received March 11, 2013

Revised (1st April 12, 2013, 2nd April 15, 2013)

Accepted June 7, 2013

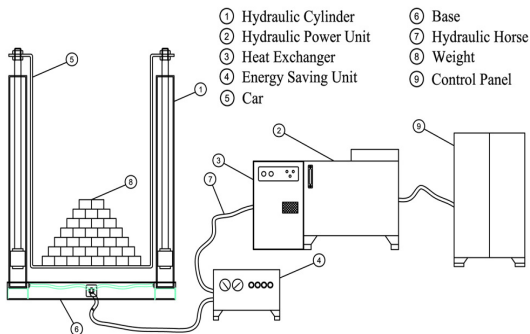
를 이용하여 엘리베이터가 하강할 때 전기에너지로 변환하여 배터리에 저장하고, 축전된 전기에너지를 엘리베이터의 재생승시 전력의 일부로 보조하거나 관련 부품의 에너지원으로 사용하도록 하여 에너지 소비량을 저감할 수 있는 하이브리드 방식 유압식 엘리베이터용 에너지 저장장치의 성능특성을 파악하고 상용화 가능성을 타진해 보고자 한다.

2. 유압식 엘리베이터의 구성

2.1 유압식 엘리베이터의 개요

Fig. 1은 에너지 저장장치가 있는 유압식 엘리베이터의 개략적인 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.

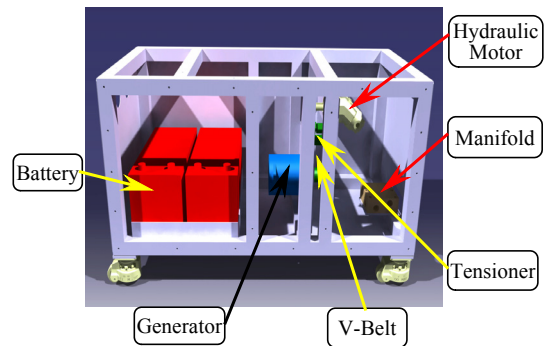
따라서 엘리베이터가 상승으로 상승할 때 생성된 위치 에너지를 엘리베이터가 하층으로 하강할 때 ④에너지 저장장치를 거치도록 하여 순차적으로 유체가 가지고 있는 에너지를 기계에너지로 변환시킨 후 이를 이용하여 제너레이터를 가동하여 발전할 수 있도록 하여 축전지에 전기에너지로 저장할 수 있도록 하는 시스템이다.



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

2.2 에너지 저장 장치의 구조

Fig. 2는 에너지 저장 장치의 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 위치 에너지를 유압 에너지로 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

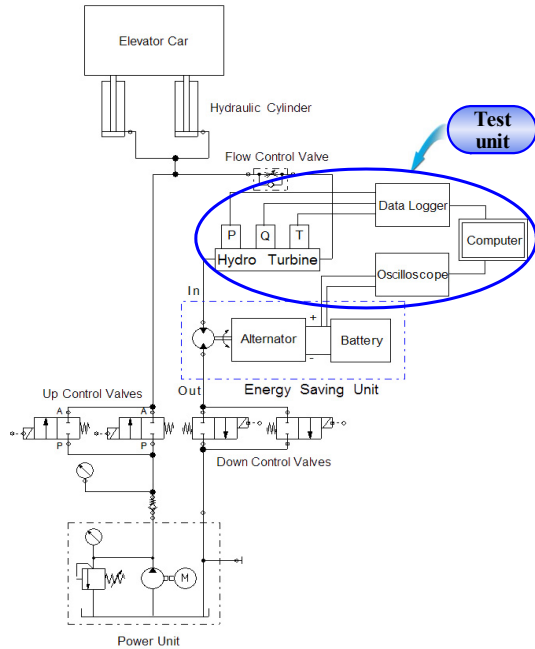
3. 실험 장치의 구성 및 방법

Fig. 3은 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 내 작동유의 압력에너지로 변환되어 에너지 저장 유닛의 입력(In) 포트에 작용하여 유압 모터를 구동하고, 일을 한 작동유는 출력(Out) 포트를 통해 빠져나와 파워 유닛의 탱크로 귀환하게 된다.

따라서 에너지 저장 유닛의 성능을 파악하기 위하여 에너지 저장 유닛의 입구 측 고압라인에 테스트 유닛을 장착하여 엘리베이터 카가 승강할 때 작동유의 특성(압

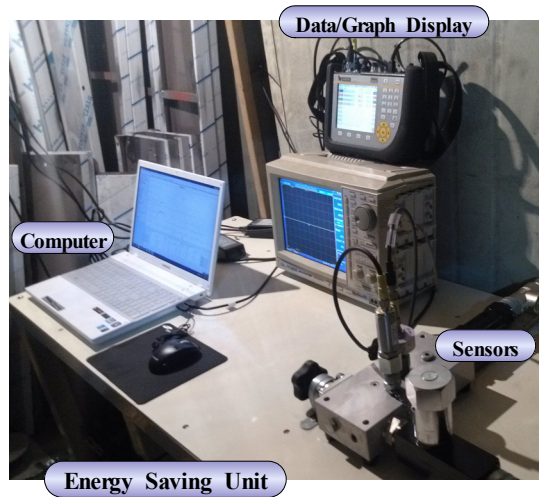
력, 유량, 온도 등)을 파악할 수 있도록 압력, 유량, 온도 센서를 장착하였고, 제너레이터의 회전수는 Webtec 사의 비접촉 rpm meter를 사용하여 측정하였으며, 각각의 센서들로부터 나온 신호는 Webtec사의 다 채널 Portable Data Logger를 이용하여 각각의 Data 값 및 그래프를 확인하고 컴퓨터를 이용하여 실시간 측정 및 확인이 가능하도록 구성하였다.



[Fig. 3] Test circuit of the energy saving unit of a hydraulic elevator

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 0.05Ω의 저항을 장착하여 저항의 양 단자간의 전압을 측정하므로써 흐르는 전류량을 환산할 수 있도록 구성하였다. Oscilloscope를 이용하여 측정된 제너레이터의 출력 데이터는 컴퓨터를 이용하여 처리하도록 하였다.

Fig. 4는 에너지 저장 유닛의 특성을 실험하기 위한 실험 장치 실험물을 보여주고 있다.

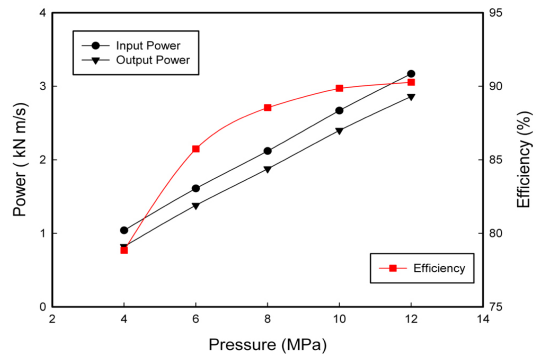


[Fig. 4] Testing apparatus of the energy saving unit of a hydraulic elevator

4. 실험 결과

4.1 유체 에너지 변환 특성

유압 피스톤 모터는 엘리베이터 실린더 내의 유압 에너지를 기계적 에너지로 변환해주는 역할을 하며, Fig. 5는 에너지 저장 유닛에 사용된 유압 피스톤 모터의 에너지 변환 특성을 보여주고 있다.



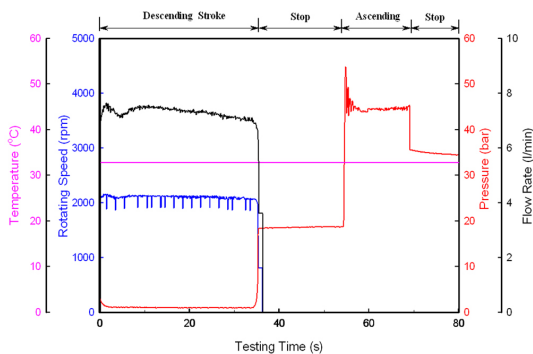
[Fig. 5] Hydraulic conversion characteristics of the hydraulic motor

유압 모터의 회전수를 1000 rpm으로 일정하게 유지시켰을 경우에, 유압 모터에 가해지는 압력에 따라서 유압 모터의 입력 동력(작동유의 압력과 유량)과 출력 동력(유압 모터의 출력 토크와 회전수)을 측정하고, 이에 따른 에너지 변환 효율을 계산한 것으로 유압 모터에 가해지

는 압력이 증가할수록 입력 동력과 출력 동력은 거의 선형적으로 증가하고 있음을 알 수 있다. 또한, 입력 동력 대비 출력 동력의 비로 나타내고 있는 에너지 변환 효율은 공급 압력이 증가할수록 효율의 증가폭은 완만하게 감소하고 있음을 알 수 있으며, 이는 효율의 분모에 해당되는 입력 동력의 증가량은 거의 선형적으로 증가하는데 비하여 분자에 해당되는 입력과 출력 동력의 차이는 상대적으로 거의 일정하기 때문이다. 또한 실험 범위 내에서 유체 에너지 변환 효율은 최대 약 90%를 나타내고 있음을 알 수 있다.

4.2 엘리베이터의 승강에 따른 작동유 특성

Fig. 6은 컨트롤 조정장치의 버튼을 누르면 엘리베이터가 상승 또는 하강을 하게 되는데, 버튼을 누름으로써 엘리베이터가 상승 및 하강할 경우에 에너지 저감 유닛에서의 유압 작동유의 특성을 나타내고 있다. 가로축은 테스트 시간을 나타내고, 세로축은 각각의 측정값들을 나타내고 있다. 빨간색은 엘리베이터의 상승 및 하강 행정에 있어서 작동유의 압력의 변동을 나타내고 있으며, 검정색은 작동유의 흐르는 유량을, 파란색은 제너레이터의 회전수를 나타내며, 핑크색은 작동유의 온도를 나타내고 있다.



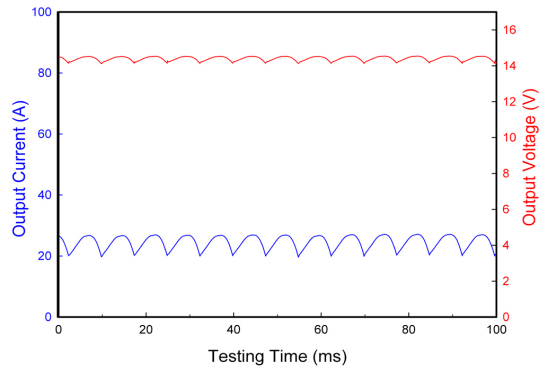
[Fig. 6] Hydraulic characteristics of the energy saving unit

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 유량에 에너지 저감 유닛의 유압 모터를 회전시키고, 유압 모터에 연결된 제너레이터를 회전시키게 된다. 그러므로 파란색으로 표시된 제너레이터의 회전수가 표시되고 있음을 알 수 있다. 이렇게 제너레이터가 회전하므로써 전기 에너지를 생산할 수 있다는 것을 알 수 있다.

4.3 엘리베이터의 승강에 따른 Output 특성

Fig. 7은 엘리베이터의 승강에 따른 에너지 저감 유닛에서의 출력 특성을 보여주고 있다.

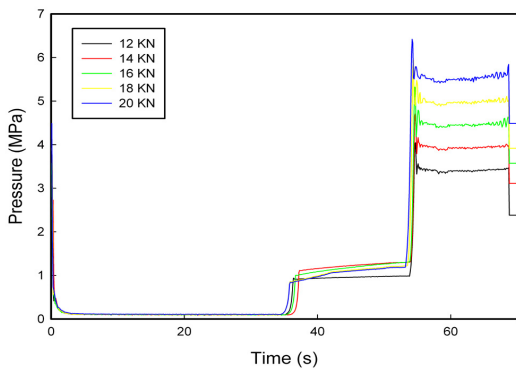


[Fig. 7] Output characteristics of the energy saving unit

적색으로 표시되는 부분(위)은 출력 전압을 나타내고, 청색으로 표시되는 부분(아래)은 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 가지며 나타난다.

4.4 부하에 따른 에너지 저감 유닛의 성능특성

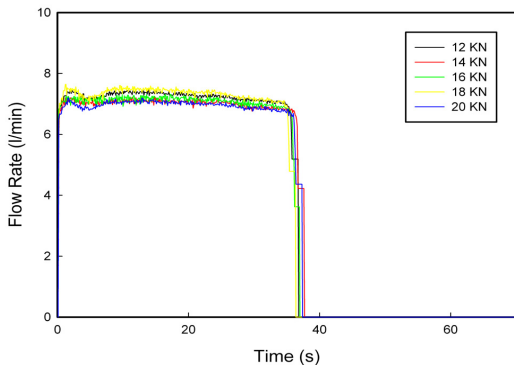
Fig. 8은 엘리베이터 부하의 변동에 따른 에너지 저감 유닛의 압력 변동을 나타내고 있다. 엘리베이터 카의 하중은 사용 조건에 따라서 달라질 수 있기 때문에 엘리베이터 카의 하중의 변동에 따라 그 압력의 변동 특성을 확인할 필요가 있다.



[Fig. 8] Pressure characteristics according to elevator load(at 2000 rpm)

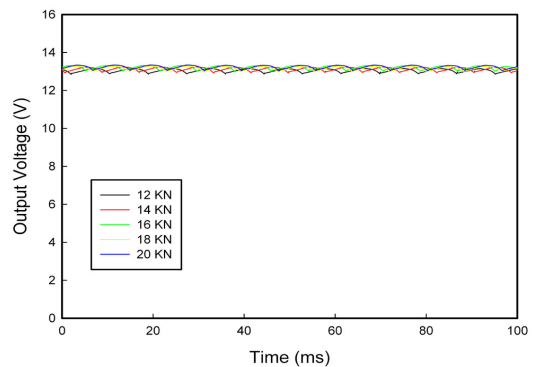
본 연구에서는 기본 엘리베이터 카의 자중을 12 kN으로 하였으며, 부하 변동에 따른 특성을 파악하기 위해 엘리베이터 검사에 사용하는 분동을 사용하여 14 kN, 16 kN, 18 kN, 20 kN으로 변화를 주었다. 이러한 조건에서 엘리베이터 승강에 따른 압력 변동을 측정하였다. 엘리베이터 카의 하중이 증가할수록 상승 행정 중 발생하는 압력은 증가하고 있음을 알 수 있다. 그러나 하강 행정 중의 압력의 변동은 상대적으로 그 변동성이 작음을 알 수 있다.

Fig. 9는 엘리베이터 부하 변동에 따른 에너지 저감 유닛의 유량 변동을 나타내고 있다. 엘리베이터 하중의 변동에 따른 유량의 변동 특성은 엘리베이터 카가 상승 행정 중일 경우에는 작동유가 에너지 저감 유닛을 통과하지 않기 때문에 유량 특성이 나타나지 않으며, 하강 행정 중에는 작동유가 에너지 저감 유닛을 통과하여 탱크로 돌아가기 때문에 유량 특성이 나타나게 된다. 제너레이터의 회전수를 2000 rpm으로 고정한 상태에서 엘리베이터 카의 하중이 변해도 작동유의 유량 특성은 상대적으로 거의 변화하지 않고 있음을 알 수 있다.

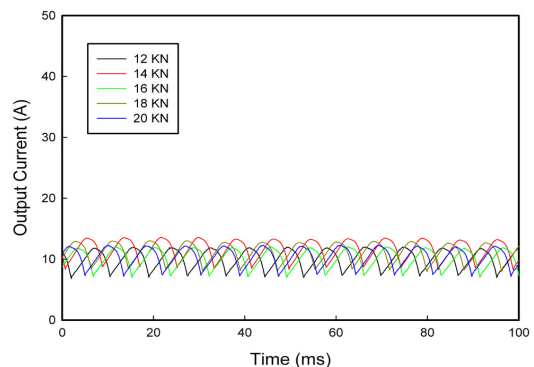


[Fig. 9] Flow rate characteristics according to elevator load(at 2000 rpm)

Fig. 10은 엘리베이터 부하 변동에 따른 에너지 저감 유닛의 출력 전압 변동을 나타내고 있다. 엘리베이터 하중의 변동에 따른 출력 전압의 변동 특성은 엘리베이터 카가 상승 행정 중일 경우에는 작동유가 에너지 저감 유닛을 통과하지 않기 때문에 나타나지 않으며, 하강 행정 중에는 작동유가 에너지 저감 유닛을 통과하여 탱크로 돌아가면서 유압 모터를 구동하기 때문에 출력 전압 특성이 나타나게 된다. 제너레이터의 회전수를 2000 rpm으로 고정한 상태에서 엘리베이터 카의 하중이 변해도 출력 전압 특성은 거의 변화하지 않고 있음을 알 수 있다. 이는 출력 전압은 제너레이터의 회전수와 관련이 있기 때문에 회전수가 일정한 상태에서는 그 변동이 거의 없는 것으로 나타나고 있다.



[Fig. 10] Output voltage characteristics according to elevator load(at 2000 rpm)

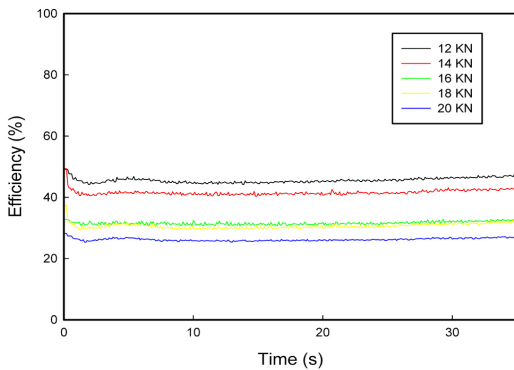


[Fig. 11] Output current characteristics according to elevator load(at 2000 rpm)

Fig. 11은 엘리베이터 부하 변동에 따른 에너지 저감 유닛의 출력 전류 변동을 나타내고 있다. Fig. 10과 비슷한 경향을 보이고 있으며, 제너레이터의 회전수를 2000

rpm으로 고정된 상태에서 엘리베이터 카의 하중이 변해도 제너레이터에서 발생하여 축전지로 보내지는 발전 전류의 특성은 거의 변화하지 않고 있음을 알 수 있다. 이는 출력 전류는 제너레이터의 회전수와 관련이 있기 때문에 회전수가 일정한 상태에서는 그 변동이 거의 없는 것으로 나타나고 있다.

일반적으로 특정 장비의 효율은 장비에 공급되는 입력 파워 대비 출력 파워의 비로서 표현한다. 따라서 본 연구를 통하여 개발된 에너지 저감 유닛의 효율은 에너지 저감 유닛에 공급되는 입력 파워 대비 출력 파워의 비로서 표현할 수 있다. Fig. 12는 엘리베이터 부하 변동에 따른 에너지 저감 유닛의 효율을 나타내고 있으며, 입력 파워에 대한 평균 출력 파워의 비율로 표시하였다. 엘리베이터 카의 부하가 증가할수록 입력 파워가 상대적으로 증가하기 때문에 에너지 저감 유닛의 효율은 저하되고 있음을 알 수 있다. 엘리베이터 카의 부하에 따른 에너지 저감 유닛의 효율은 평균 약 25%~48%의 범위 내에 있음을 확인할 수 있었다.



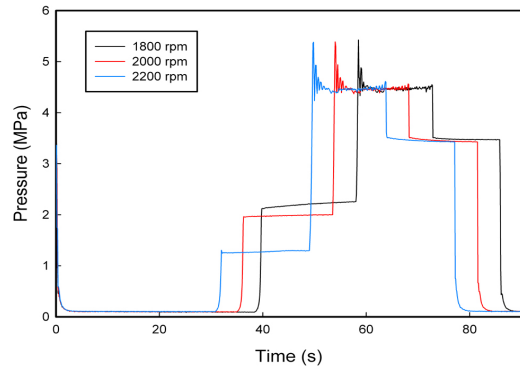
[Fig. 12] Efficiency characteristics according to elevator load(at 2000 rpm)

4.5 회전수에 따른 에너지 저감 유닛의 성능 특성

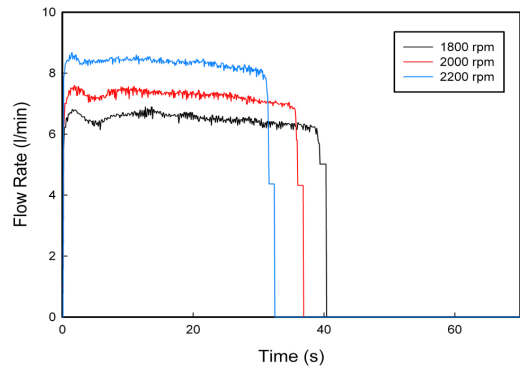
Fig. 13은 제너레이터의 회전수 변화에 따른 에너지 저감 유닛의 압력 변동을 나타낸다. 엘리베이터 카의 부하 조건이 16 kN에서 제너레이터의 회전수를 1800 rpm, 2000 rpm, 2200 rpm으로 변화를 주었으며, 이러한 조건에서 엘리베이터 승강에 따른 압력 변동을 측정하였다.

제너레이터의 회전수가 증가할수록 하강 행정의 시간이 짧아지고 있음을 알 수 있으며, 이는 하강 행정의 같은 상황에서 에너지 저감 유닛을 통과하여 탱크로 돌아가는 작동유의 유량과 속도가 빨라지기 때문이다. 그러나

압력의 크기나 패턴은 유사한 경향을 보이고 있으며, 에너지 저감 유닛을 통하지 않는 상승 행정에서는 압력에 있어서 그 크기나 시간, 패턴이 거의 동일하게 나타나고 있음을 알 수 있다.



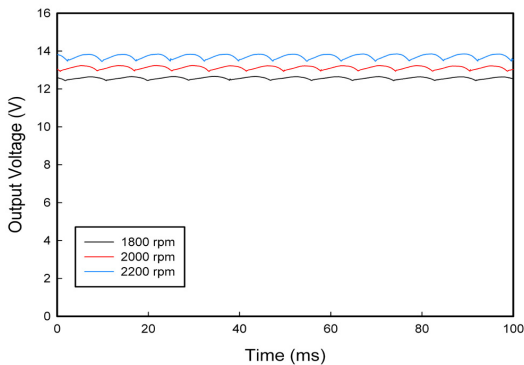
[Fig. 13] Pressure characteristics according to the rpm of the generator(at 16 kN)



[Fig. 14] Flow rate characteristics according to the rpm of the generator(at 16 kN)

Fig. 14는 제너레이터의 회전수 변화에 따른 에너지 저감 유닛을 통과하는 작동유의 유량을 나타내고 있다. Fig. 13과 같은 조건에서 엘리베이터의 하강에 따른 작동유의 유량 변동을 측정하였다. 제너레이터의 회전수가 증가할수록 하강 행정의 시간이 짧아지고, 작동유의 유량은 증가하고 있음을 알 수 있다. 이는 하강 거리가 같은 상황에서 에너지 저감 유닛을 통과하여 탱크로 돌아가는 작동유는 유압 실린더에 포함되어 있는 양으로 일정한 상태에서, 작동유의 유속이 빨라지면 통과 시간은 줄어들기 때문이다. 또한, 상승 행정에서 유량이 나타나지 않는 이유는 상승 행정에서는 작동유가 에너지 저감 유닛을 통과하지 않기 때문이다.

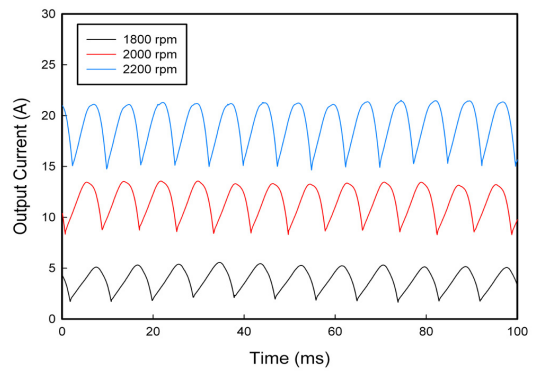
Fig. 15는 제너레이터의 회전수 변화에 따른 에너지 저장 유닛의 출력 전압 변동을 나타내고 있다. Fig. 13과 같은 조건에서 엘리베이터 하강에 따른 에너지 저장 유닛의 출력 전압 변동을 측정하였다. 제너레이터의 회전수가 증가할수록 파형의 주기는 짧아지고, 출력 전압의 크기는 커지고 있음을 알 수 있다. 이는 회전수에 따른 제너레이터의 출력 특성으로 회전수가 증가할수록 출력 전압이 증가하기 때문이다.



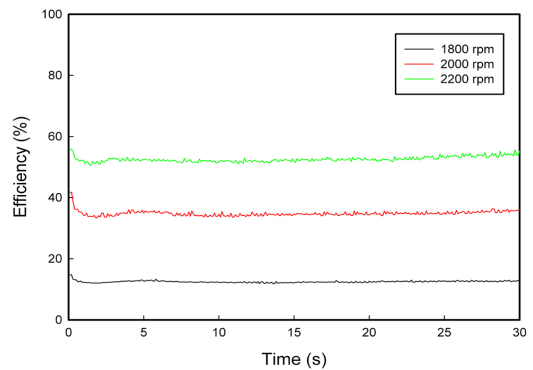
[Fig. 15] Output voltage characteristics according to the rpm of the generator(at 16 kN)

Fig. 16은 Fig. 13과 같은 조건에서 제너레이터의 회전수에 따른 에너지 저장 유닛에서 발생하는 출력 전류의 변동을 나타내고 있다. 제너레이터의 회전수가 증가할수록 파형의 주기가 짧아지고, 출력 전류가 회전수 증가에 따라서 거의 비례적으로 커지고 있음을 알 수 있다. 이는 제너레이터의 회전수에 따른 출력 특성으로 회전수가 증가할수록 출력 전류가 증가하기 때문이며, 축전지에 충전되는 전류가 그만큼 증가한다.

Fig. 17은 제너레이터의 회전수에 따른 에너지 저장 유닛의 효율을 나타내며, 엘리베이터 카의 속도가 증가할수록 출력 파워가 상대적으로 증가하기 때문에 에너지 저장 유닛의 효율은 증가하고 있음을 알 수 있다. 회전수에 따른 에너지 저장 유닛의 효율은 평균 약 13%~54%의 범위 내에 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구를 통하여 개발된 유압식 엘리베이터용 에너지 저장 장치의 최대 효율은 시험 범위 내에서 최대 약 54%로 나타나고 있으며, 기존의 유압식 엘리베이터에서 하강 시 손실되는 에너지의 약 54%를 회수할 수 있다고 보여 진다.



[Fig. 16] Output current characteristics according to the rpm of the generator(at 16 kN)



[Fig. 17] Efficiency characteristics according to the rpm of the generator(at 16 kN)

5. 결론

본 연구의 목표는 엘리베이터가 상승할 때 생성된 위치 에너지를 이용하여 엘리베이터가 하강할 때 전기 에너지를 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 저장장치의 성능특성을 파악하고자 한 것이다. 정리하면 다음과 같다.

- 1) 엘리베이터 카의 부하가 증가할수록 입력 파워가 상대적으로 증가하기 때문에 에너지 저장 유닛의 효율은 저하되며, 에너지 저장 유닛의 효율은 평균 약 25%~48%의 범위 내에 있음을 확인할 수 있었다.

- 2) 엘리베이터 카의 속도가 증가할수록 출력 파위가 상대적으로 증가하기 때문에 에너지 저감 유닛의 효율은 증가하며, 에너지 저감 유닛의 효율은 평균 약 13%~54%의 범위 내에 있음을 확인할 수 있었다.

따라서 기존의 유압식 엘리베이터에서 하강 시 손실되는 에너지의 최대 약 54%를 회수할 수 있을 것으로 보여지며, 결과에서 보여 지듯이 에너지 저감 장치의 출력 특성도 안정적이고, 양호한 결과를 도출할 수 있었다.

그러므로 본 연구의 에너지 저감 장치를 활용하여 유압식 엘리베이터의 에너지 효율을 획기적으로 개선할 수 있을 것으로 여겨지며, 상용화의 가능성이 충분하다고 판단된다.

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>

조인성 (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