

전원설비 저감을 위한 고효율 전력변환기술 개발

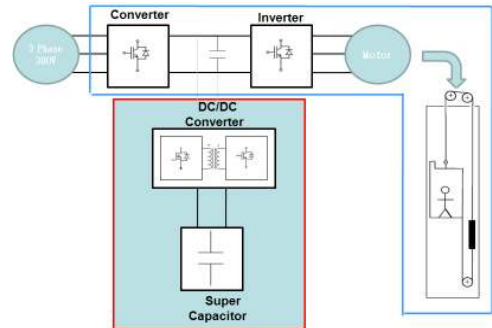
구명완, 이우원, 임계영
한국산업기술대학교 지식기반기술·에너지 대학원

A Development of Efficient Power Conversion Technology for Reduction of Power Equipment

Myoung Wan Koo, Woo Won Lee, Kye Young Lim
Graduate School of Knowledge Based Technology and Energy,
Korea Polytechnic University

ABSTRACT

The Former High Efficiency Inverter(the power restoration process) system process has advantage which is the energy reduction rather than the Former Inverter(the resistance damping process). However, under repair and remodeling, the power facilities capacity is not easy to increase that the former High Efficiency Inverter needs to increase the Power Facilities Capacity of 20~30% than the Inverter(the resistance damping process) so Therefore we are going to suggest the system which is not going to make an increase the power facilities capacity and is applicable the High Efficiency Inverter.



[그림 1. 시스템 구성도]

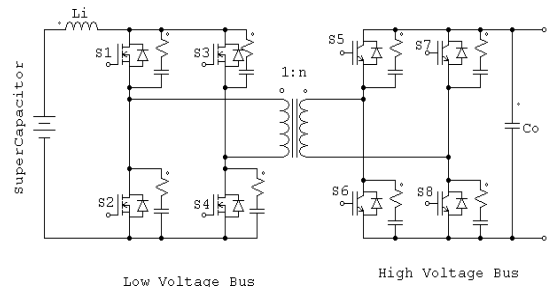
1. 서론

최근 고유가 시대의 다양한 에너지 절감화와 고효율화가 진행되고 있다. 이로 인해서 에너지의 효율성을 높이면서도 환경친화적인 에너지 저장방식에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 기존 승강기는 제동 운전시 발생하는 회생전력을 저항을 통해 열에너지로 소모하는 제동형 인버터 타입이고, 회생형 인버터 타입은 기존 설비의 스트레스로 인하여 파손이 발생하고 입력 용량은 계통의 손실 및 전원전압 저하를 등을 고려하여야 한다. 본 논문에서는 승강기의 보수 및 리모델링에서 적용가능한 DC-DC 컨버터를 제안하고자 한다. 고효율 구동회로를 통과하는 에너지 평균치는 그대로 유지하고, 고효율 구동회로 내에 에너지 저장장치를 이용하여 에너지를 조절한다. 기존의 승강기에서 회생된 에너지를 DC Link에 병렬로 연결된 슈퍼캐패시터에 DC-DC 컨버터를 결합하여 저장된 에너지를 사용하는 방법이 제안하고자한다.

2. 본론

2.1 시스템 구성

그림 1에서 보여주는 시스템 구성은 기존 승강기 시스템에 DC Link에 병렬로 연결된 양방향 DC-DC 컨버터와 슈퍼캐패시터로 구성된다.



[그림 2. 양방향 DC-DC 컨버터]

2.2 양방향 DC-DC 컨버터

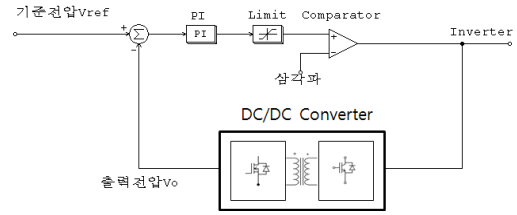
그림 2는 양방향 컨버터의 모습을 나타내고 있다. 슈퍼캐패시터, 양방향 DC-DC 컨버터, IGBT 스너버 회로로 구성하고 시뮬레이션을 하였다..

양방향 DC-DC 컨버터는 방전 모드와 충전 모드로 구분되어 동작한다. 방전모드시 IGBT로 구성되어진 Full-bridge가 동작하고, 충전모드시 IGBT로 구성되어진 Full-bridge가 동작하도록 설계하였다.

스위칭 소자에 RC 스너버 회로가 제안하는데, 스너버 회로는 스위치 턴-오프시의 과도 전압을 관측,제한하는데 사용하고, 다음과 같은 상태에서도 사용하기도 한다.

- ① 소자가 꺼질때의 과도태에서 인가되는 전압을 제한하는 방법
- ② 소자가 켜질때의 과도 상태에서 소자에 흐르는 전류를 제한

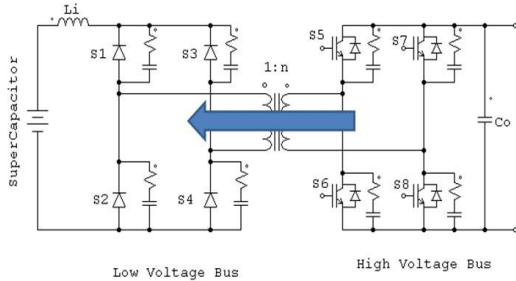
- ③ 소자가 켜질때의 소자에 흐르는 전류의 증가율을 제한하는 것
- ④ 소자가 꺼질때 혹은 꺼진후 소자에 순방향 저지 전압이 재인가될때 소자 양단전압의 증가율을 제한하는 법
- ⑤ 소자가 켜지고 꺼지는 과정에서 스위칭 레적을 적절한 형태로 변형하는 방법



[그림 5. Full bridge 컨버터 제어 블록도]

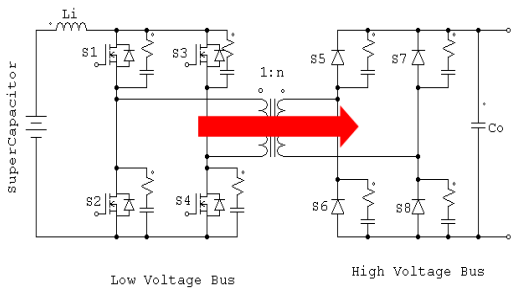
2.3 양방향 DC-DC 컨버터 동작특성

양방향 DC-DC 컨버터는 고전압에서 저전압으로 에너지가 전달될때 충전모드로 동작한다. 그림 3은 방전 모드시 전력 흐름을 나타낸다. Full-bridge 컨버터의 고전압 IGBT스위치(S5S8, S7S6), 저전압 MOSFET스위치(S1S4, S3S2) 내부 다이오드로 정류되어 동작하게 된다.



[그림 3. 양방향 DC-DC 컨버터 충전모드]

그림 4는 방전모드시 회로를 나타내고 있다. 양방향 DC-DC 컨버터는 저전압에서 고전압으로 에너지가 전달될때 방전 모드로 동작하게 된다. Full-bridge 컨버터의 저전압 MOSFET스위치(S1S4, S3S2), 고전압 IGBT스위치(S5S8, S7S6) 내부 다이오드로 정류되어 동작하게 된다.



[그림 4. 양방향 DC-DC 컨버터 방전모드]

2.4 PWM PI 제어기

Full-bridge 컨버터는 전압제어기를 갖으며, 출력전압을 검출하여 기준전압을 비교한다. 비교된 전압은 PI제어기를 거쳐 비교기를 통해 일정전압을 출력할 수 있도록 PWM신호를 발생한다. 과도한 전류가 흐르게 되면 연료전지가 파괴될 수 있으므로 이것을 방지하기 위하여 최대 전류 이상을 출력할 수 없도록 제한하였다.

3. 슈퍼 캐패시터

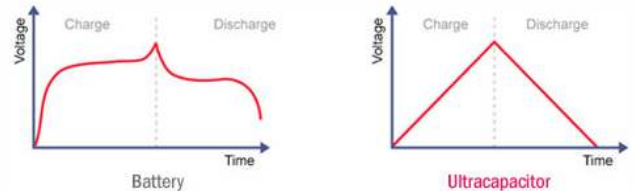
슈퍼캐패시터는 축전용량이 대단히 큰 캐패시터로 울트라캐패시터 또는 우리말로 초고용량 캐패시터라 한다. 학술적 용어로는 전기화학식캐패시터(electrochemical capacitor)라고 불린다. 슈퍼캐패시터는 급속 충전방전이 가능하고 높은 충전전 효율 및 반연구적인 사이클 수명 특성으로 차세대 에너지저장장치로 각광받고 있다.

이러한 에너지 저장장치는 대용량의 전기를 빠르게 저장하고 꺼내어 사용가능하고 2차전지보다 100배 이상의 고출력이고 반영구적으로 사용이 가능해 응용분야가 다양하다.

또한 슈퍼캐패시터는 전하 자체를 물리적으로 축전하는 방법을 이용하고 있어 충전전 시간의 조절이 가능하고, 긴 수명, 높은 에너지 밀도 등을 얻을수 있다.

슈퍼캐패시터는 석유를 대체해 이산화탄소 배출이 없는 친환경 청정대체에너지인 태양광, 풍력, 수소연료전지 등의 신재생 에너지 저장장치로 중요도를 갖는다.

최근 고유가 상황이 지속되면서 대체에너지 개발 분야에서는 경쟁이 치열해지고 있고, 관련 기술력은 국력을 상징하는 것대로 평가되고 있다. 이러한 대체 에너지 개발은 화석연료 사용에 따른 환경오염 문제를 해결할 수 있다.



[그림 6. 배터리와 슈퍼캐패시터 충전방전 비교]

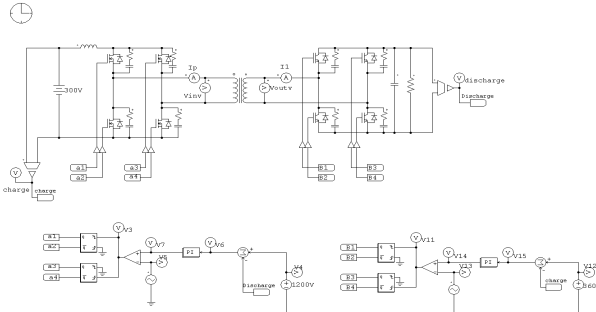
그림 6은 배터리와 슈퍼캐패시터 충전방전 비교 그림이다. 배터리는 비교적 수평적인 전압을 유지하지만 슈퍼캐패시터는 충전전 시 선형의 전압특성을 보인다. 전압의 선형 관계는 DC-DC 컨버터를 이용해 간단하게 일정한 전압을 유지할 수 있다. 슈퍼캐패시터에 저장된 에너지는 식(1)에 의해 주어진다.

$$w_c = \frac{1}{2} CV^2 \quad (1)$$

슈퍼캐패시터에 저장된 에너지를 모두 이용하는 것은 짧은 시간내에 전압의 변화를 최대치에서 0으로 급격한 변화를 만들게 되어 방전 전류의 크기가 너무 커지게 된다. 따라서 최대전압에서 절반정도까지, 전체 에너지의 $\frac{3}{4}$ 까지 방출하는 것이 효율적이다.

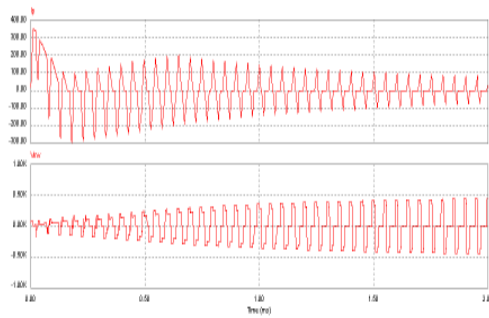
4. 시뮬레이션 결과

그림 7은 양방향 DC-DC 컨버터 설계 회로를 시뮬레이션 프로그램인 PSIM을 이용하여 충전모드와 방전모드를 모델링 하여 제어하였다.

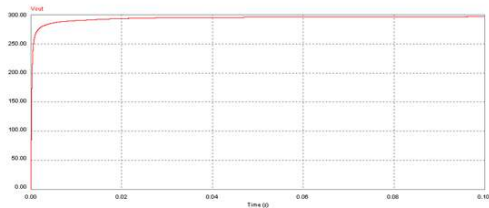


[그림 7. 양방향 DC-DC 컨버터의 시뮬레이션 회로도]

그림 8은 충전모드시 변압기의 저전압 권선 전류 및 권선전압 파형을 나타내고 있다.

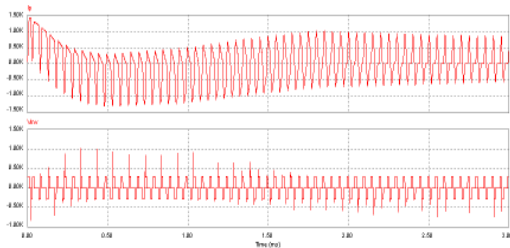


[그림 8. 충전모드시 저전압 변압기 전류,전압 파형]



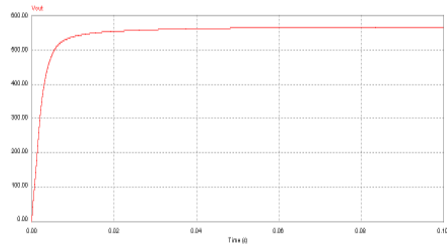
[그림 9. 슈퍼캐패시터 충전모드 전압 파형]

그림 9는 DC link 단에서 회생에너지가 슈퍼캐패시터로 충전되는 전압파형을 나타내고 있으며, 양방향 컨버터가 슈퍼 캐패시터를 짧은 시간내에 선형적으로 충전되고 있다.



[그림 10. 방전모드시 고전압 변압기 전류,전압 파형]

그림 10은 양방향 DC-DC 컨버터의 방전 모드시 변압기의 고전압 전류 및 전압 파형을 나타내고 있다.



[그림 11. 슈퍼캐패시터 방전모드 고전압측 파형]

그림 11은 방전시 DC link 단의 전압 파형을 나타내고 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 슈퍼캐패시터를 이용한 양방향 DC-DC 컨버터를 결합하여 보수 및 리모델링 승강기에서 적용이 가능한 저장된 에너지를 사용하는 방법을 제안하고자 한다. 제안된 방법은 고효율 구동회로를 통과하는 에너지 평균치는 그대로 유지하고, 고효율 구동회로 내에 에너지 저장장치를 이용하여 에너지를 조절할수 있게 한다. 또한 연료전지와 배터리의 단점들을 가지고 있어 이러한 문제점들을 해결할 수 있는 슈퍼캐패시터로 사용하였다. 슈퍼캐패시터는 선형의 전압특성을 가지고 있어 충전, 방전을 빠르게 사용이 가능하다는 것을 양방향 DC-DC 컨버터를 사용하여 시뮬레이션을 통해 입증하였다. 향후 승강기의 보수 및 리모델링에서 적용하여 기존 전원설비를 그대로 이용가능하고 구동장치를 효율적으로 사용가능할 수 있다.

이 논문은 중소기업청 “대한엘리베이터사업협동조합”의 지원에 의하여 연구되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] 정진욱, 이상돈, 이현동 “슈퍼캐패시터를 병용하는 전기자동차/하이브리드 전기자동차용 에너지저장시스템사용” 기계 관련 산학연 연합심포지엄 (한국자동차공학회 편)
- [2] A. Rufer, P. Barrade, "A Supercapacitor-Based Energy-Storage System for Elevators With Soft Commutated Interface" IEEE Trans. Ind. Appl, vol.38, no5 pp. 1151-1159, Sep./Oct 2002
- [3] Sang-Min Kim, Seung-Ki Sul "Control of Rubber Tyred Gantry Crane With Energy Storage Based on Supercapacitor Bank" IEEE Trans. Ind. Appl, vol.21, no5 pp. 1420-1427, Sep. 2006
- [4] B.Arnet and L. Haines, "High Power DC-to-DC converter for supercapacitors" in Proc. IEEE Int. Electric Vehicles Symp. 16, Beijing, China 1999.
- [5] P.Barrade, S.Pittet, and A.Rufer, "Energy storage system using a series connection of supercapacitors, with an active device for equalizing the voltages," presented at the Int. Power Electronics Conf., Tokyo, Japan, 2000.