

# DC배전 시스템에서 회생에너지를 고려한 MRL엘리베이터 구동 시스템

정태복\*, 임희성\*, 김현희\*, 신수철\*, 원충연\*  
 성균관대학교\*

## Machine-Roomless Elevator Drive System Considering Regenerative Energy in DC Distribution System

Tae-Bok Jung\*, Hui-Seong Lim\*, Hun-Hee Kim\*, Soo-Cheol Shin\*, Chung-Yuen Won\*  
 Sungkyunkwan Univ.\*

### ABSTRACT

본 논문에서는 빌딩에 적용되는 DC 배전 시스템에서 회생에너지를 고려한 MRL엘리베이터 구동 시스템을 기술 하였다. DC배전용 3상 PWM 컨버터의 직류단을 공유하여 엘리베이터 구동시스템을 구성한다면, 기존AC 배전 시스템에서 발생할 수 있는 문제점 입력단 역률 제어 및 회생에너지를 추가적인 시스템 구성없이 효율적으로 처리가 가능하다. 본 논문에서는 DC 배전용 MLR엘리베이터 구동시스템의 회생동작 및 입력단 역률 제어의 성능을 시뮬레이션을 통하여 검증하였다.

### 1. 서 론

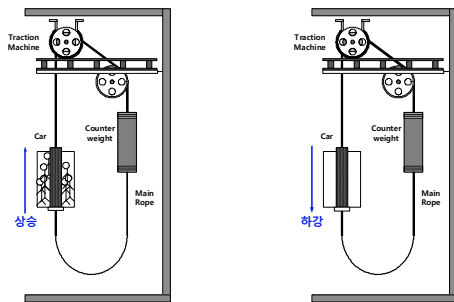
최근 계통과 신·재생에너지의 연계 및 에너지 효율에 대한 관심이 증대되면서 빌딩에 적용 가능한 DC배전 시스템에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이에 따라 DC배전 시스템에 적합한 엘리베이터용 전동기 구동 시스템의 개발은 필수적으로 이루어져야 한다. 기존의 AC배전시스템에서는 엘리베이터를 구동하기 위해 다이오드 정류기를 이용하는데, 이 경우에는 입력전원의 변동에 따라 직류단 전압이 변동하게 되어 안정된 전류 제어가 어렵고,<sup>[1]</sup> 엘리베이터에서 발생하는 회생전력을 제동 저항을 이용하여 열에너지로 소모함으로써 비효율적으로 운영되어 왔다. 또한 다이오드 정류기 대신 3상 PWM 컨버터를 이용하여 DC-Link 전압을 확보하게 되면 역률 제어 및 일정한 직류단 전압제어를 할 수 있는 장점이 있지만 부수적으로 시스템을 구성해야 한다는 단점을 가지고 있다. 하지만 DC 배전 시스템에서는 양방향의 전력 흐름을 가지는 고성능의 3상 PWM컨버터를 운용하게 되는데 이때 3상 PWM 컨버터의 출력 직류단을 엘리베이터 구동용 인버터가 공유하여 이용하게 된다면 별도의 PWM컨버터를 운용하지 않아도 안정적인 DC-Link 전압을 공급 받을 수 있으며 회생전력 또한 계통으로 용이하게 흘려보낼 수 있다. 본 논문에서는 엘리베이터에서 발생하는 회생에너지에 대하여 분석하였고 PSIM 시뮬레이션을 통하여 시스템의 타당성 및 안정성을 검증하였다.

### 2. 본론

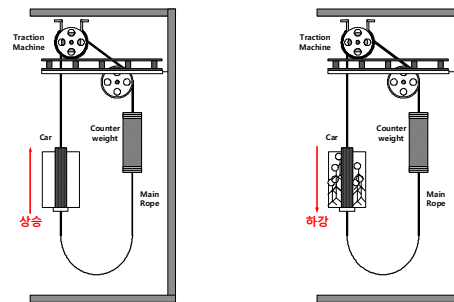
#### 2.1 엘리베이터 구동 시스템의 운전 영역

그림1 은 엘리베이터 구동 시스템의 운전영역을 나타내는 그림이다. 여기서 Count Weight는 전동기의 부하를 감소 시키는 역할을 하며 무게는 탑승 정원 무게의 40% 정도이다.<sup>[2]</sup> 그림1 (a)와 같이 승객을 태운 상태에서 엘리베이터가 상승하는

경우와 빈 Car를 하강시키는 경우에는 전동기모드로 동작을 하게 되며, 그림1 (b)와 같이 빈Car를 상승시키는 경우와 승객을 태운 Car를 하강시키는 경우에는 발전기 모드로 회생동작이 이루어지게 된다.



(a) 전동기 모드시 엘리베이터 동작



(a) 회생 모드시 엘리베이터 동작

그림 1. 엘리베이터 시스템의 구성.

#### 2.2 전체 제어 알고리즘 블록도

그림2는 DC배전용 엘리베이터 시스템의 전체 제어 블록도를 나타낸다. 빌딩에 공급되는 AC전압을 DC전압으로 바꿔주기 위한 3상 PWM컨버터가 전압제어를 수행한다. 3상 PWM컨버터에 의해 부스트된 DC-link를 공유하여 SPMSM의 위치제어를 위한 3상 PWM인버터가 벡터 제어를 수행한다. 이때 엘리베이터의 회생동작에 의한 회생에너지는 DC-link단 전압을 상승 시키게 되는데 3상 PWM컨버터의 전압 제어를 통해 회생 전력은 계통 측으로 환원되게 된다. 3상 PWM컨버터는 기본적으로 양방향 전력 흐름을 가지며, 진상으로부터 지상까지 광범위하게 역률을 제어 할 수 있기 때문에 회생전력을 용이하게 계통으로 유입시킬 수 있다. SPMSM의 위치제어시 알고리즘은 기존의 PI속도제어기의 단점을 보완한 슬라이딩모드 제어

기를 이용하여 수행하였다.[3] 또한 계통으로 유입되는 고조파를 최소화하고 필터의 사이즈를 줄이기 위하여 LCL필터를 사용하였다.

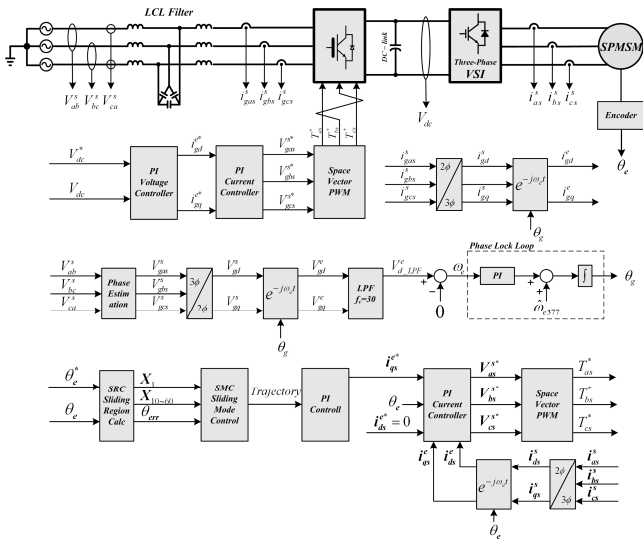
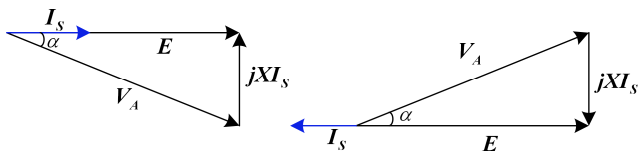


그림 2. 전체 제어블럭도.

### 2.3 3상PWM 컨버터의 페이저도

그림 3은 단위 역률로 제어되는 3상 PWM컨버터 페이저도를 나타낸다.  $I_s$ 는 컨버터에 흐르는 전류,  $E$ 는 계통 전압,  $V_A$ 는 컨버터 제어 전압을 나타낸다. 그림 2의 (a)는 엘리베이터가 전동기모드로 동작 할 때의 페이저도를 나타낸다. 그림2의 (b)는 엘리베이터가 회생모드로 동작 할 때의 페이저도 이다.

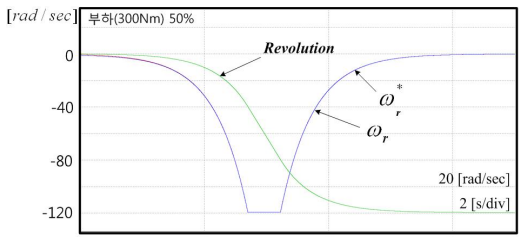


(a) 구동 운전시(Conversion) (b) 회생운전시(Inversion)

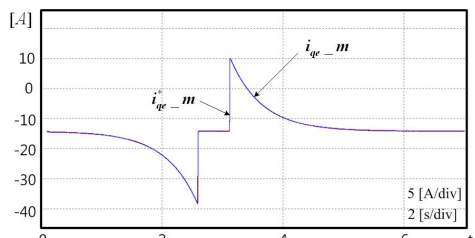
그림3 벡터도.

### 3. 시뮬레이션

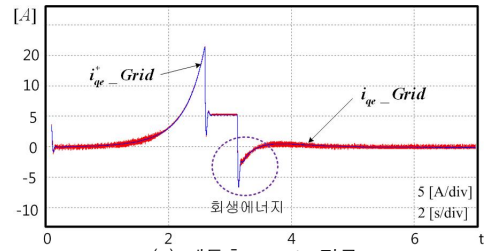
시뮬레이션은 Powersim사의 PSIM 8.0을 사용하였으며 정격 토크 670[Nm]의 50[%] 부하인 300[Nm], 25[Kg-m<sup>2</sup>]을 부하조건으로 하여 위치제어시 회생동작을 나타내었다.



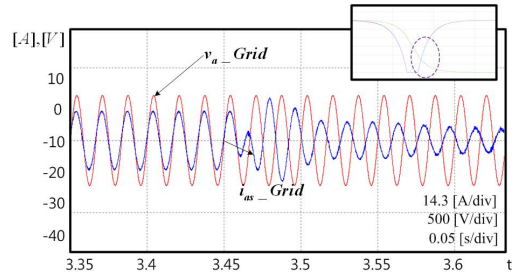
(a) 엘리베이터용 전동기 위치제어 결과(50%부하)



(b) 전동기 q-axis 전류



(c) 계통측 q-axis 전류



(d) 계통 a상전류 및 전압파형  
그림 4. 시뮬레이션 결과파형.

그림 4(a)는 정격의 50[%] 부하 인가 후 슬라이딩모드 제어기를 이용한 전동기의 위치제어 시뮬레이션 파형이다. 그림 4(b)는 계통 측 q-axis 전류이며 전동기 감속구간에서 음의전류가 흐르게 되면 이때 회생동작이 일어남을 알 수 있다.그림 4(c)는 정격의 50[%] 부하 인가 후 개선된 슬라이딩 모드 제어기를 이용한 위치제어 결과이며 그림 4(d)는 계통 a상전류 및 전압파형이다. 전동기 가속 및 정속 구간에서는 전력이 전동기에 공급되고 감속구간이 시작하면서부터 음의 토크가 발생하여 회생모드로 동작하게 된다. 감속구간 이후부터 계통 측 a상전류와 전압의 위상이 180도 차이가 남을 확인 할 수 있다.

### 4. 결론

본 논문에서는 DC배전시스템에 적용할 수 있는 MRL엘리베이터 구동시스템을 기술 하였다. DC배전 시스템의 3상 PWM컨버터의 직류단을 공유함으로써 회생전력을 계통으로 용이하게 공급하고 입력단 역률제어 및 직류단 전압제어를 수행 할 수 있다. 따라서 효율적인 에너지 사용이 가능하고 기존 AC배전 시스템에서 발생할 수 있는 문제점을 해결 하였으며 시뮬레이션을 통하여 시뮬레이션을 통하여 시스템의 타당성을 검증하였다.

본 연구는 2011년도 지식경제부의 재원으로 기술혁신사업(No.20119010200060-11-2-100)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

### 참고 문헌

[1] V. Kaura, and V.blasko, "Operation of a voltage Source Converter at Increasing Utility Voltage," IEEE Trans. On Power Eletron., vol. 12, no. 1, pp.132-137, Jan. 1997  
 [2] DC, AC, BLDC 모터제어, 김상훈, 복두출판사, 2010.  
 [3] 정태복, 임희성, 신수철, 김영렬, 원충연, "개선된 슬라이딩 모드 제어를 이용한 엘리베이터용 SPMSM의 위치제어", 2011년도 전력전자학술대회 논문집 2011. 7, pp.569-570.