탄소제로 빌딩을 위한 전력변환 제어

한 석 우
국제대학

Power conversion control for zero emission buildings

Seok Woo Han
Kookje College

ABSTRACT

Decreasing actual greenhouse gas will be difficult if it is not solved addressed in architectural fields.
Zero emission building or zero energy building, maximize the efficiency of energy, which means the building can operate by their own renewable energy facility without any other supplying.
To be a zero emission building, a building needs realization of high efficiency low energy consumption, construction of building its own energy production facilities and lastly a power grid connection.
According to increasing of DC load about TV, LED lighting, computer, IT in building for living and business, it is expected the save of energy when the system of AC power distribution change into the system of DC power distribution.
Renewable energy exists a big different rate produced by outside environment. When electrical power overproduce, it can supply for system. Otherwise, if electrical power produce less, it can receive supply from system. Send and receive power can lead to zero to annual standard.
This paper shows the simulation about efficient control of power conversion which is related to DC power distribution of architecture and DC output of renewable energy by using L type converter.

1. 서론

우리나라는 전체 에너지의 36[%]를 아파트, 주택 등 주거공간과 백화점, 병원, 학교 등 상업 및 공공용 건물에서 사용하고 있다. 따라서 건물분야의 온실가스 문제를 해결하지 않고는 실질적인 온실가스 감축이 어렵게 된다. 특히 자동차나 산업분야는 노력 여하에 따라 짧은 기간에 변화가 가능하지만, 건물의 경우에는 한번 지어지면 최소 30~40년 이상을 기다려야만 변화가 가능해진다.
"탄소제로 빌딩" 또는 "제로에너지 빌딩"은 에너지 효율성을 극대화시키고, 건물 스스로 신재생 에너지 설비를 갖춤으로써 외부로부터 추가로 에너지 공급을 받을 필요가 없는 빌딩으로 폐기물 및 이산화탄소 배출 영(zero)을 지향하는 신개념의 건축을 의미한다.
탄소제로 빌딩이 되기 위해서는 크게 고효율 저에너지 소비의 실현, 건물의 자체적인 에너지 생산 설비 구축, 계통연계가 필요하다. 신재생에너지가 외부환경에 의해 발전력의 큰 편차가 존재하므로 전력생산이 과잉시는 계통에 공급하고, 부족시는 계통으로 부터 공급 받아 연간 기준으로 전력수수(電力授受)가 제로를 달성하게 된다.
디지털 부하가 지속적으로 증가함에 따라 직류 전원의 수요가 증가되고 있으나 전력공급이 교류로 이루어짐에 따라 여러 번의 전력변환 과정을 거친 후 직류 전원이 사용되고 있다.
따라서 직류배전 시스템은 고밀도 직류 부하와 미래형 디지털 부하에 적합한 배전방식으로 기존 교류시스템의 다단계 전력변환 과정을 단순화하여 전력손실 저감, 안정적인 전원, 고품질 및 고효율 전원 공급을 가능하게 한다.
주거 및 상업용 건물에 있어 TV, LED조명, 컴퓨터, IT기기들과 같은 직류를 사용하는 부하가 점차 증가함에 따라 기존의 교류배전 시스템에서 직류배전 시스템으로 전환시 에너지절감을 크게 기대할 수 있다.
신재생에너지 시스템에서의 낮은 직류출력 전압을 승압을 하기 위해서는 컨버터가 필수적이다. 비 절연용 컨버터로는 높은 승압비를 구현하기 어려우므로 고주파 변압기를 사용하는 절연형 방식을 사용하는 것이 대부분이다.
따라서 본 논문은 L Type 컨버터를 이용한 건축물의 직류배전시스템과 신재생에너지의 직류출력에 관한 전력변환기의 효율적인 제어를 시뮬레이션을 통하여 제안한다.

2. 본론

2.1 직류배전 시스템

직류배전 시스템은 기존 교류 배전에서 직류부하를 위한 다중의 전력 변환 과정을 최소화함으로서 전원 및 부하에서 소모되는 에너지를 절감하여 이산화탄소 배출량 저감에 기여할 수 있다. 미국 EPRI에서는 직류 배전의 장애요인으로 직류전원 공급 모델이 불명확함에 따른 관련 기업의 참여 기피, 시스템 변화에 대한 거부감 및 안전과 보호규격, 설계, 설치, 유지보수 규격, 전압레벨 표준화 미흡 등을 제시하였다.
그림 1과 같은 직류배전 시스템에 적용할 수 있는 신재생에너지 분야를 살펴본다.

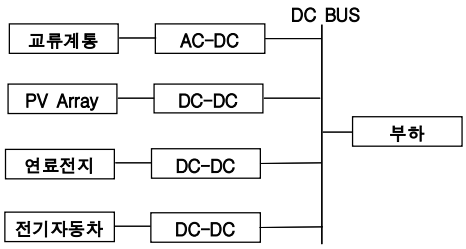

그림 1. 직류배전시스템 구성

건물일체형 태양광 발전시스템(BIPV)은 전력생산과 건축물의 외장재 역할로 설치장소의 한계점을 극복할 수 있다. 그리고 기후 및 주변 환경에 따라 변동하는 출력특성을 보상하기 위해 높은 출력밀도와 빠른 응답특성을 지닌 슈퍼커패시터를 이용하여 출력을 안정화 시킬 수 있다.
계통 연계형 연료전지 발전 시스템은 에너지 저장능력 결핍에 대한 문제점을 해결할 수 있으며, 부하의 최대 전력이상으로 시스템을 설치할 필요가 없어진다.
전기자동차가 많아지면 주차된 차의 배터리에 저장된 전기를 활용하여 가상의 발전기처럼 사용할 수 있는 V2G기술은 전기요금이 저렴한 기저부하에서 충전하여 비싼 첨두부하 때 방전하므로써 비상시 충전된 전력을 예비력으로 활용할 수 있다.
따라서 분산전원은 에너지 안보 측면에서 대형발전소 사고 시에 피해를 최소화하여 신속하게 대처할 수 있으며, 스마트 그리드는 탄소제로 빌딩 실현의 핵심 요소로 전력 소비 패턴에 큰 변화를 가져올 수 있다.

2.2 DC-DC 컨버터

연료전지의 경우 출력전압이 낮고 불안정한 직류전압을 안정된 높은 직류전압으로 변환하기 위해서 승압형 DC DC 컨버터가 필수적이다[1]. 그리고 낮은 직류 전압을 상용 전원인 220[V]로 변환하기 위해 직류출력 전압을 승압하는 방식에는 AC AC 승압 방식과 DC DC 승압 방식이 있다.
AC AC 승압 방식은 한 단계의 전력변환으로 고효율이 되나 저주파 변압기 사용으로 부피와 중량이 증가되고, 직류전압 제어가 용이하지 않기 때문에 전압품질이 떨어진다.
DC DC 승압 방식은 두 단계의 전력변환과 저주파 변압기를 사용하지 않음으로써 부피 및 중량이 감소되고, 출력전압 제어가 용이하여 전압품질이 우수하다.
DC DC 컨버터는 두 가지로, 전압원 방식은 저전압인 1차측에 전압원이 고전압인 2차측에 전류원인 인덕터가 접속되고, 전류원 방식은 저전압인 1차측에 전류원인 인덕터가 접속되며 고전압인 2차측에 전압원이 연결된다.
전류원 방식은 회로적으로 승압형(boost converter)의 성질을 가진다. 출력 측에 인덕터가 존재하지 않으며 입력 측의 전류가 연속인 반면 출력 측의 전류가 펄스 형태로 흘러 직류 승압 변환기를 구현하는데 적절한 방식이다.
또한 입력측에 사용되는 부스트 인덕터로 인하여 승압기능을 가지므로 변압기 설계도 용이해진다. 변압기 1차측도 전압원과 달리 전류원으로 볼 수 있는 부스트 인덕터에 의해 구동되므로 변압기가 포화되어도 부스트 인덕터의 높은 임피던스에 의해 전류 증가가 제한되므로 변압기 포화의 문제도 훨씬 경감된다.
승압형 전력변환기는 출력전류에 비해 입력전류가 매우 크므로 변압기 1차 측의 도통 손실이 크다. 전류원 풀 브리지 경우 변압기 1차측의 도통 경로에 각각 두 개의 스위치가 연결되어 있다. 반면에 전류원 푸쉬 풀 경우는 각각 하나의 스위칭 소자뿐이므로 도통손실이 작다. 그리고 승압형 전력변환기의 2차측은 브리지 정류기를 적용시 다이오드의 턴 오프에 따른 전압 스트레스를 경감 시킬 수 있다.
다음은 그림 2와 같이 본 논문에 적용한 L Type 하프 브리지 컨버터를 설명한다.
전류원 푸쉬 풀 방식은 1차 측의 대 전류 권선이 센터 탭 구조로 변압기 설계가 어렵다. 따라서 하나의 대용량 부스트 인덕터를 사용하는 대신 보다 작은 용량을 가지는 두 개의 부스트 인덕터를 사용하여 전류를 분할하며, 변압기의 센터탭 없이 동작하므로 변압기 설계가 보다 용이해져서 저전압의 전원이 공급되고 높은 승압비를 요구하는 시스템에 적합하다.

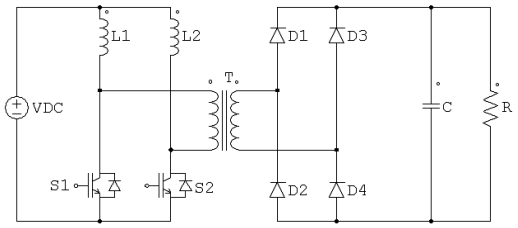

그림 2. L-Type 컨버터

2.3. 시뮬레이션

직류입력 전압 30[V]를 계통연계를 고려하여 출력 310[V]로 승압하였으며, 입출력 파형은 그림 3과 같다. 입력전류는 인덕터 L1과 L2에 50[%]씩 분류되며, 스위칭 상태별 회로 동작은 표 1과 같다.

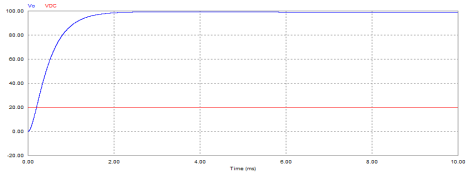

그림 3. 컨버터 입출력 파형

표 1. 스위칭 상태별 회로 동작

S1	S2	비고
on	off	VDC L2 T S1(인덕터 방전)
off	on	VDC L1 T S2(인덕터 방전)
on	on	인덕터 충전

3. 결론

승압용 DC DC 컨버터는 전류원인 L Type 컨버터를 사용하여 변압기의 설계를 편리하게 하였다. 그리고 스위치수를 줄이고, 인덕터의 전류 스트레스를 감소시켜 전체적인 효율과 부피를 경감시키며, 컨버터의 출력전압 및 전류제어는 PI제어기를 사용하여 에너지를 절감시켜 이산화탄소 배출 저감에 기여할 수 있으리라 기대된다.

참 고 문 헌

[1] 정태욱, 김주용, “신재생에너지 연계용 고효율 승압형 DC DC Converter 회로 토폴로지 개발”, 조명전기설비학회 논문지, 제24권 제1호, 2010. 1.