비시변 시비율 전달함수 구현에 의한 양방향충전기 제어특성 개선

황정구,김선필,박성준
전남대학교

Implementation of Non-time-varying Duty Ratio transfer function for Improvement of control characteristics bi-directional charger

Hwang Jung Goo, Kim Sun Pil, Park Sung Jun
Chonnam National University

ABSTRACT

본 논문에서는 양방향 충전기용 DC/DC 컨버터와 같이 입력전압과 출력전압이 가변하는 제어시스템에서 비시변 시비율 전달함수를 구현하여 제어특성을 개선하고자 한다. 기존제어기 설계에 의해 설계된 이득을 사용하여 제어를 행할 경우 입력전압의 변동에 따라 제어특성이 가변한다. 전압제어기의 각 이득을 시비율의 역수를 취하여 변화함으로서 전체 제어블록에서 시비율 항을 등가적으로 제거할 수 있는 방법이다. 따라서 본 논문에서 제안된 비시변 시비율 전담함수를 양방향 충전기용 DC/DC컨버터에 적용하여 PSIM을 이용한 시뮬레이션과 실험을 통해 타당성과 우수성을 검증하였다.

1. 서 론

최근 석탄에너지를 대체할 수 있는 신재생에너지의 관심과 수요가 증가하고 있다. 신재생에너지 중에서 태양광발전은 세계적으로 상용화가 많이 이루어 졌으며 발전량이 가장 많은 에너지원으로 많은 연구가 진행되어 왔다. 이러한 태양광 발전은 환경에 따라 출력이 불규칙하기 때문에 배터리 사용의 연구가 많이 이뤄지고 있다.[1]

일반적인 제어기는 입력은 일정하고 출력이 가변하는 플랜트에서 제어이득을 결정하게 되지만, 배터리 충전 시스템같은 경우에는 입력전압과 출력전압이 가변되므로 제어이득에 따른 선형성이 보장되지 않는다.

본 논문에서는 입,출력 전압이 가변하는 형태의 제어시스템에서 비시변 시비율 전달함수를 구현하여 제어기의 선형성을 보장함으로써 제어특성을 개선하고 PSIM 시뮬레이션과 실험을 통하여 제안된 기법의 타당성을 검증하고자 한다.

2. 본 론

1.1 양방향 충전기 구성

비절연 양방향 충전기용 전력변환기의 구성도를 그림1에 나타내었다. 기본적으로 양방향 충전을 위한 Half Bridge 회로를 사용하여, S_U, S_D를 인터록으로 스위칭하여 입출력 함수를 전류의 연속, 불연속과 관계없이 하나의 함수로 사용하였다. 또한 스위치의 출력은 목적함수를 V_{SW}전압으로 설정하여 L_1에 흐르는 전류를 제어한다.

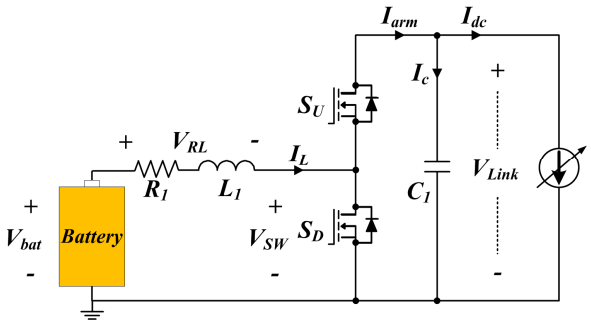

그림 1 양방향 충전기용 전력변환기 구성
Fig. 1 Power converter for bidirectional charger configuration

1.2 제어기 구성

양방향 충전기의 제어 블록도를 그림2에 나타내었다. 충전기용 DC/DC 컨버터는 CC CV 제어 기능이 장착되어 있다. 배터리의 커패시턴스는 매우 크기 때문에 CV 제어시의 전압으로 제어할 경우 PI 제어기는 포화된다. 따라서 CC 구간에서의 전류 지령치로 제한할 경우 PI제어기의 포화구간에서 출력하는 전류 지령은 설정된 리미터 블록을 통한 전류 지령 값을 출력하게 된다. 이때 PI제어기는 anti windup기능을 수행하게 되며, CV제어 전압에 도달하면 PI제어기의 비 포화구간에서 출력한다. 즉 CC제어에 의해 배터리의 전압이 상승하여 CV 전압까지 도달할 경우 포화된 PI제어기 출력은 점점 줄어들게 된다.

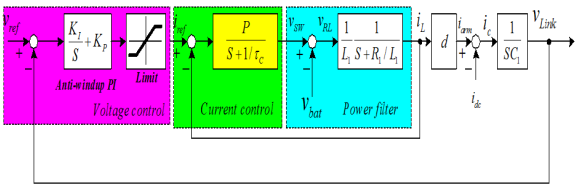

그림 2 양방향 충전기의 전체 제어 블록도
Fig. 2 Control block diagram of bidirectional charger

1.3 제안하는 제어기 구성

그림 2의 제어블록에서 시비율 계수를 블록에서 제거하여 그림 3과 같은 제어블록을 구성하였다. 본 제어블록은 전압제어기의 각 이득을 시비율 역수를 취하여 변화함으로서 전체제어블록에서 시비율 항을 제거할 수 있는 방법이다. 시비율 역

수를 구하기 위해서는 출력전압과 입력전압을 나누는 방식을 취하여 구하였다.

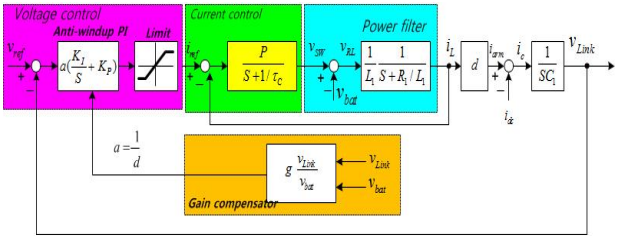

그림 3 제안하는 비시변 시비율 제어 블록도
Fig. 3 Proposal Non-time-varying Duty Ratio control block diagram

2.1 시뮬레이션

그림 4은 양방향 배터리 충전기의 시뮬레이션 회로도이다. 배터리는 전압원과 저항으로 등가화 하였으며, 부하는 인버터 부하와 유사한 3상 전파정류 파형에 1.5Hz로 극성을 부여함으로 충전과 방전특성을 관찰 할 수 있게 하였으며, 제어기는 C 언어로 작성한 DLL파일을 이용하여 제어알고리즘을 구현 하였다. 또한 전력회로와 제어기의 타당성을 검증하기 위해 양방향 컨버터의 전달함수에 대한 Step 응답과 전달함수로 구성한 제어기를 구성하였다.

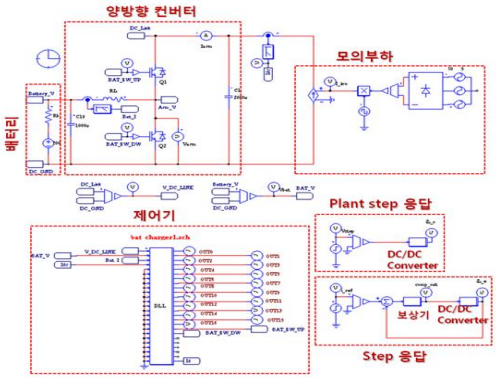

그림 4 배터리 충전기 시뮬레이션 회로도
Fig. 4 Battery charger simulation schematic

2.2 시뮬레이션 결과

그림 5는 입력전압 200[V]에서 설계된 제어이득을 사용하여 입력전압이 가변 할 경우의 제어특성을 시뮬레이션 한 결과이다. 시뮬레이션 결과에서 보는 바와 같이 200[V] 입력을 사용하여 700[V] 출력을 발생한 경우 제어특성은 양호하나 400[V] 입력을 사용한 경우 전류에는 오실레이션 하면서 감소하여 출력전압은 약 0.1[sec] 후에 안정됨을 알 수 있다. 그러나 600[V] 입력을 사용한 경우 전류는 정상상태가 없는 발진형태를 유지하며 이로 인하여 출력전류도 평균치는 700[V]로 제어되나 전압 전압리플이 상당히 커짐을 알 수 있다. 이는 시비율 d에 따른 승압 컨버터의 비선형성으로 기인한 것이다.

그림 6은 가변이득 적용 시 입력전압 200[V], 400[V], 600[V]로 설정하고 5[A]피크를 가진 3상 전류파형에 2.5[Hz]의 양방향 전류원 부하가 가 인가된 상태에서 승압 측 컨버터의 전압 지령치를 700[V]로 인가한 상태에서 병렬컨버터 출력전류, 컨버터 출력전압 파형이다. 그림에서 알 수 있듯이 출력전압 특성은 부하 변동 시 출력전압 리플은 입력전압에 관계 없이 거의 유사함을 알 수 있다.

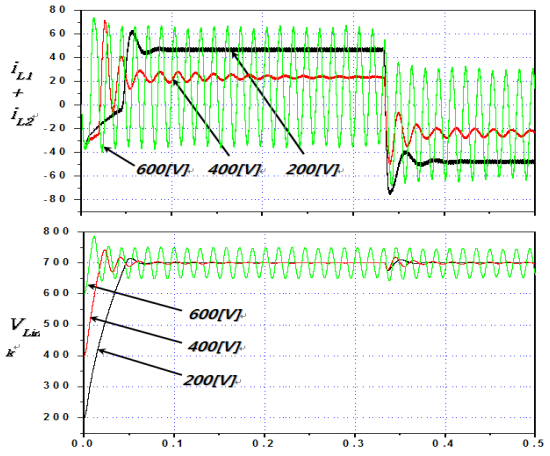

그림 5 가변이득 미적용시 시뮬레이션 결과
Fig. 5 Variable gain not applied simulation result

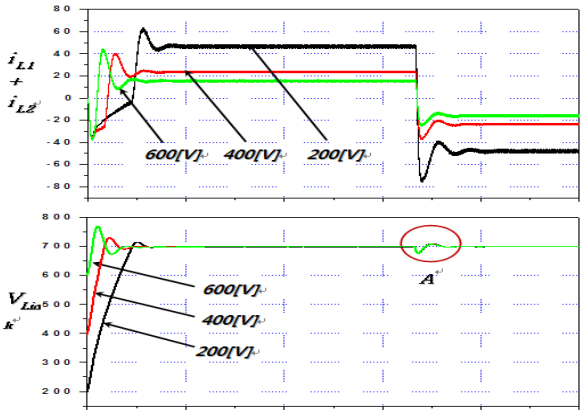

그림 6 가변이득 적용시 시뮬레이션 결과
Fig. 6 Variable gain applied simulation result

3. 결 론

본 논문에서는 입력전압과 출력전압이 가변하는 시스템에서 비시변 시비율 전달함수를 구현하여 제어기가 선형제어기 특성을 유지하도록 하여 제어특성을 개선하였다. 제안하는 제어기법은 양방향 충전기용 DC/DC 컨버터 시스템에 적용시켜 Psim 시뮬레이션을 통하여 타당성을 검증하였다.

이 논문은 (주)삼성SDI 연구비 지원에 의하여 연구되었슴

참 고 문 헌

[1] Zhenhua Jiang, Xunwei Yu, "Modeling and Control of an Integrated Wind Power Generation and Energy Storage System", IEEE, Power and Energy Society General Meeting (PES), pp. 1 8, 2009, July.