

벅 컨버터를 이용한 배터리 충전 시스템 간소화

박민영, 송광석, 강성현, 위한별, 박성준
전남대학교

Buck Converter used Battery charge system simplifies

M.Y. Park, K.S. Song, S.H. Kwang, H.B. Wi, S.J. Park
CHONNAM UNIVERSITY

ABSTRACT

본 논문은 벅 컨버터를 이용하여 배터리를 충전할 때의 특성을 이용하여 과도상태의 응답속도의 개선을 하지 않고 수식을 간소화 시키면서 배터리 충전시에 전달함수를 보다 쉽게 적용할 수 있도록 등가회로 시켜 배터리 충전을 수행하였다.

1. 서론

전 세계적으로 환경오염과 화석연료의 고갈로 대체 에너지의 필요성이 대두되고 있다. 대표적인 신재생 에너지로 손꼽히는 태양광 발전 또는 풍력 발전 기술은 효율이 높아지고 가격은 낮아져 발전 설비 비용은 계속 줄어드는 추세이지만 출력이 불규칙하다는 단점이 있는데 이와 같은 불규칙한 출력에 대응하기 위한 방법으로 배터리를 사용하여 에너지를 저장하는 연구가 활발히 진행되고 있으며 본 논문에서는 배터리의 충전 특성을 이용하여 전체 시스템의 제어를 쉽게 할 수 있게 근사화시켜 적용하고 그에 대한 차이를 Matlab을 사용하여 표현하였다.

2. 본론

2.1 Buck Converter 기본 이론

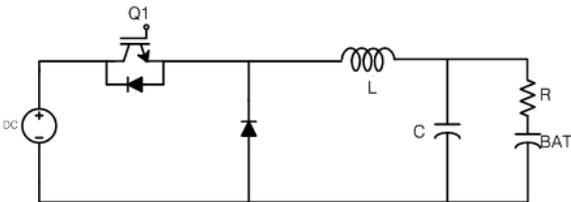


그림 1 벅 컨버터
Fig. 1 Buck Converter

그림 1과 같은 벅 컨버터의 RLC 전달 함수는 2차 시스템을 고려해야 하며 전달 함수의 ζ 와 ω_n 는 상수이다. 이와 같은 형태의 2차 시스템의 표준 전달함수를 보면 식(1)과 같다.

$$\frac{Y(s)}{R(s)} = G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \quad (1)$$

식(1)의 전달함수의 분모를 0으로 놓아서 얻어지는 방정식

은 시스템의 특성 방정식(Characteristic equation)이라고 하며 이는 2개의 근을 가지게 되는데 근의 값들은 시스템의 안정도를 결정하게 된다. 그리고 ζ 에 의해 과제동, 부족제동, 임계제동의 3가지 경우의 형태를 가지면서 시스템의 응답에 영향을 준다. 벅 컨버터를 이용한 배터리 충전 회로의 블록 선도를 그려 보면 그림2와 같다.

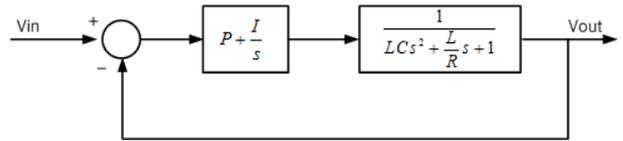


그림 2 벅 컨버터 블록다이아그램
Fig. 2 Buck Converter block diagram

그림 2와 같은 벅 컨버터의 전달함수를 스위칭부와 함께 블록선도로 표현하면 그림 2와 같이 PI 제어를 하는 제어부와 RLC의 2차 시스템으로 되어 있는 시스템부로 나뉘며 이 회로에 맞게 전달함수를 구해보면 3차 함수가 나오는 것을 그림 3의 블록선도와 식(2)에 표현 하였다.

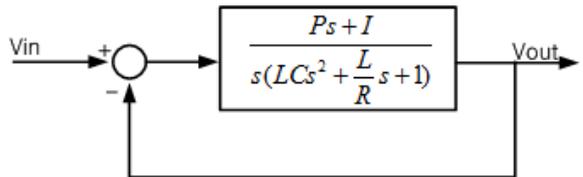


그림 3 시스템 블록선도
Fig. 3 System block diagram

$$G(s) = \frac{Ps + I}{s} \cdot \frac{R}{LCs + 1} \cdot \frac{1}{Ls + \frac{R}{RCs + 1}} = \frac{Ps + I}{s(LCs^2 + \frac{L}{R}s + 1)} \quad (2)$$

2.2 전달함수의 지배극 (Transfer function dominant pole)

s평면을 보면 s평면내의 전달함수 극과 영점의 위치는 시스템의 과도응답에 커다란 영향을 받게 되는데 해석과 설계시 과도응답에 주도적인 역할을 하는 허수축에 근접해 있는 극을 지배극(dominant pole)이라 하며 과도응답은 비교적 천천히 감쇠되고 이와 반대인 허수축에서 멀리 떨어져 있는 극을 사소한극(insignificant pole)이라 하고 과도응답은 빠른 감쇠가 이루어진다.

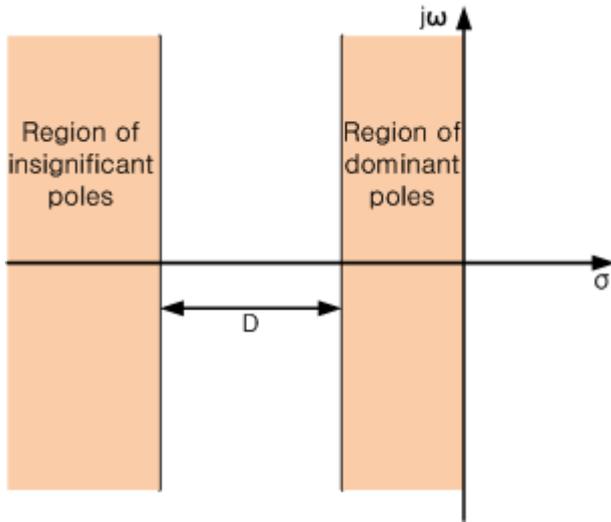


그림 4 근궤적에서 지배극과 무의미한 극의 영역
Fig. 4 dominant pole and insignificant pole in Root locus

그림 4에서 보는 것과 같이 허수축에 멀리 떨어져있는 사소한극은 지배극에 비해 과도응답이 빠른 감쇠로 이루어지며 사소한극과 지배극 사이의 거리 D 를 논하여 볼 때 극의 실수부 크기가 지배극이나 복소지배극 쌍의 크기에 적어도 5 ~ 10배에 리를 때 이런 극을 과도응답에 관한 사소한극이라고 간주한다.

2.3 제안된 전달함수의 근사화

배터리의 충전방법의 종류는 정전류 충전, 정전압 충전, 펄스 충전 등의 여러 가지 충전 방법이 있고 완전 충전 되는 시간이 비교적 짧은 충전 방법도 있을 것이다. 하지만 완전 충전 되는 시간은 과도상태에 비해 너무 짧은 시간이기 때문에 빠른 응답속도가 의미가 없게 된다. 여기서 과도상태의 응답속도를 줄여 과재동으로 하고 RLC 2차 함수를 1차 함수로 근사화 시키겠다. 근사화 시키기 위해 지배극과 사소한극을 분리시키고 그림 4에서 지배극과 사소한극의 거리 D 의 차이를 맞추어 근사화로 하여도 그 특성은 거의 같다는 것을 증명해 보겠다.

3. 시뮬레이션

표 1 벡 컨버터 설계값
Fig. 1 Design value in Buck Converter

설계 적용 값	특성방정식에 적용된 값		
R	2 [Ω]	ζ	1.58
L	2 [mH]	극점a(지배극)	-1127
C	50 [μF]	극점b(사소한극)	-8873
R	0.8 [Ω]	ζ	3.95
L	2 [mH]	극점a(지배극)	-407
C	50 [μF]	극점b(사소한극)	-24593

설계하는데 있어서 배터리의 내부 커패시턴스는 무시하였고 배터리의 내부저항은 온도계수, 충전량에 따라 변하는 특성을 고려하여 0.8~2[Ω]으로 Matlab의 시뮬링크를 사용하여 각 과형을 비교해 보았다. 지배극(극점a), 사소한극(극점b)로 표현하였으며 배터리 내부저항이 2[Ω]일 경우 거리 D 는 약 7.5배이며 0.8[Ω]일 경우는 약 60배의 차이를 표 1에서 볼 수 있다.

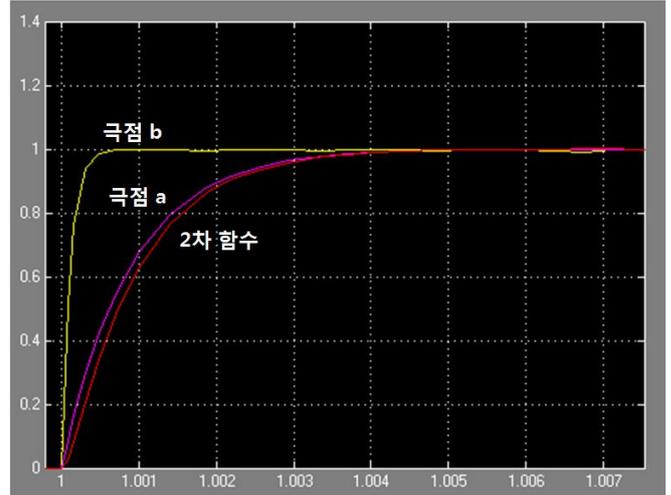


그림 5 2Ω 적용 시뮬링크의 과잉 감쇠의 단위계단 응답
Fig. 5 2Ω Configuration simulink over damped unit step Response

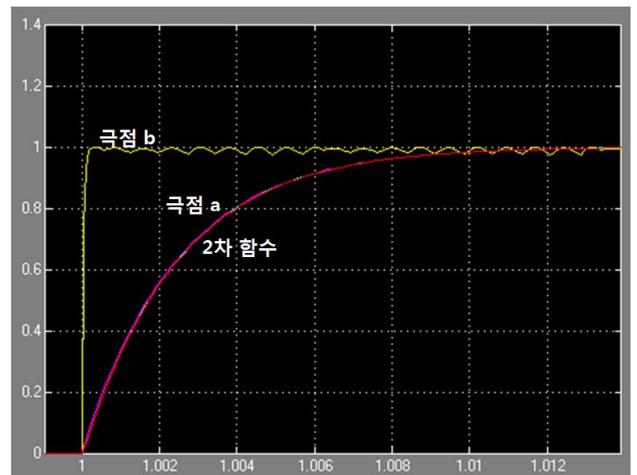


그림 6 0.8Ω 적용 시뮬링크의 과잉 감쇠의 단위계단 응답
Fig. 6 0.8Ω Configuration simulink over-damped unit step Response

그림 5와 6의 과도상태의 응답에서 배터리 내부 저항의 변화에 대해 회로의 안정성과 유사도를 보면 2차식과 큰 차이가 없는 1차 근사식을 볼 수 있으며 또한 지배극과 사소한극의 거리 D 에 따른 과도상태의 응답상태를 확연히 볼 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 배터리의 충전 특성을 이용하여 전체 시스템의 전달함수 차수를 낮추어 근사화하고 응답에 큰 차이가 없는 것을 증명하여 근사화로 인해서 설계 할 때 수식적으로 쉽고 빠르게 적용할 수 있는 것을 보였다.

이 논문은 전남대학교의 연구비 지원에 의하여 연구되었습

참고 문헌

[1] 임동진, “제어 시스템 공학”, 생능출판사, pp125 135, 2005.
[2] Benjamin C. Kuo, “KUO의 제동제어”, 퍼스트북, pp344 345, 2010..