상태관측기를 이용한 단상 인버터 DC 링크 전압제어

서정진, 심우식, 조종민, 차한주
충남대학교 전기공학과

DC link Voltage Control of Single Phase Inverter using a State Observer

Joungjin Seo, Woosik Sim, Jongmin Jo, Hanju Cha
Department of Electrical Engineering, Chungnam National University

ABSTRACT

본 논문에서는 DC 링크 전압을 일정하게 유지하기 위하여 상태관측기를 이용하여 DC 링크 전압의 평균값과 리플 성분을 추출하였다. 이를 바탕으로 전압 제어기를 이용한 인버터의 DC 링크 전압 제어를 설계하였으며, 시뮬레이션으로 구현하였다. 이 시뮬레이션을 통해 전압이 안정되게 제어하는 것을 검증하였다.

1. 서론

최근 태양광, 풍력 등의 신재생 에너지의 관심이 높아짐에 따라 신재생에너지의 시장은 더욱 활발해졌으며, 발전량 중 신재생에너지의 비중이 높아지고 있다[1]. 인버터의 역할은 신재생에너지에서 발전되는 전력을 손실 없이 전달하여야 하고, 전압의 불안정성은 인버터의 효율 감소로 이어진다. 본 논문은 전압을 일정하게 유지시켜 주기 위해 상태관측기를 이용하여 DC 링크전압의 평균값과 리플 성분을 추출하였다. 리플 성분을 보상해 주는 상태관측기를 이용한 인버터 전압 제어 알고리즘을 시뮬레이션으로 구현하여 전압이 일정하게 유지 되고 리플 성분의 감소를 확인하여, 알고리즘의 개선만으로 제안한 상태관측기의 성능을 검증하였다.

2. DC 링크 전압 리플 보상을 위한 상태관측기 설계 및 분석

2.1 단상 풀 브리지 인버터

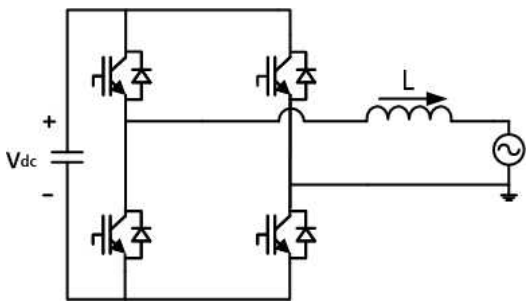

그림 1 단상 풀 브리지 인버터 회로도
Fig. 1 Single phase full bridge inverter

그림 1은 단상 풀 브리지 인버터 회로도로 DC 링크와 IGBT를 이용한 풀 브리지 구조로 되어 있으며, L필터를 사용하여 계통에 연결된다.

2.2 DC 링크 전압 상태관측기

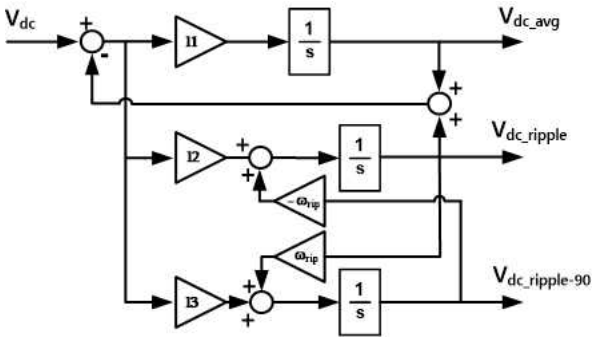

그림 2 DC 링크 전압 상태관측기
Fig. 2 DC link voltege state observer

그림 1의 DC 링크 전압을 그림 2의 상태관측기의 입력으로 사용하고, 상태관측기는 전압을 일정하게 유지하기 위한 DC 링크 전압 평균값 V_{dc_avg}과 평균값을 제외한 보상해 주어야 할 리플 성분을 추출하기 위한 DC 링크 전압의 리플 성분 V_{dc_ripple}, DC 링크 전압의 리플 성분 V_{dc_ripple}에 90° 뒤진 신호 $V_{dc_ripple-90}$가 출력 된다. 여기서 l_1, l_2, l_3는 비례이득이고, 식 (1)에서 임의의 s 값을 넣어주어 비례이득 값이 결정되고 ω_{ripple}은 DC 링크 전압 주파수의 2배가 된다[2]. 이 상태관측기의 비례이득 l_1, l_2, l_3을 조정하여 평균값과 리플 성분에 대한 추종이 가능해서 제어기의 보상 성능을 향상시킬 수 있다.

$$\begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \\ l_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dfrac{s^3}{\omega_{ripple}^2} \\ 3s - \dfrac{s^3}{\omega_{ripple}^2} \\ \omega_{ripple} - \dfrac{3s^2}{\omega_{ripple}} \end{bmatrix} \quad (1)$$

2.3 DC 링크 전압 제어기 구조

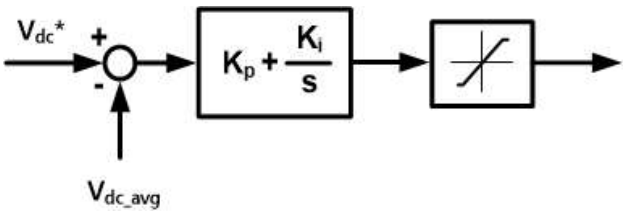

그림 3 전압 제어기 구조
Fig. 3 Voltage control structure

그림 3은 500V인 DC 링크 전압의 기준 값 V_{dc}*과 상태관측기의 평균값인 V_{dc_avg}을 입력으로 받아 PI 제어를 통해 리플 성분 간섭 없이 일정하게 전압을 유지하는 제어 구조이다.

3. 시뮬레이션 결과

상태관측기의 성능을 검증하기 위해 시뮬레이션을 수행하였으며, 그림 4와 같이 단상 인버터 회로도를 구현하였고, 표 1은 단상 인버터의 파라미터 값을 나타낸다.

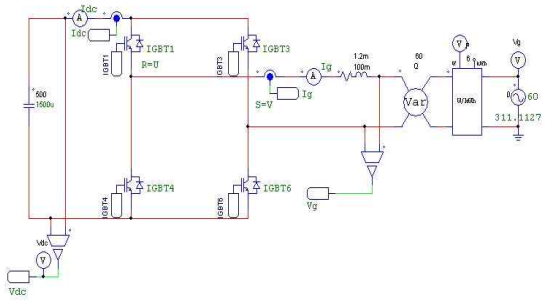

그림 4 단상 인버터 시뮬레이션 회로도
Fig. 4 Single phase inverter simulation circuit

표 1 단상 인버터 파라미터
Table 1 Single phase inverter parameters

구분	크기
DC전압(Vdc)	500 [V]
스위칭 주파수(fsw)	10 [kHz]
DC-link 커패시터(Cdc)	1500 [uF]
계통전압	단상 220 [V], 60 [Hz]

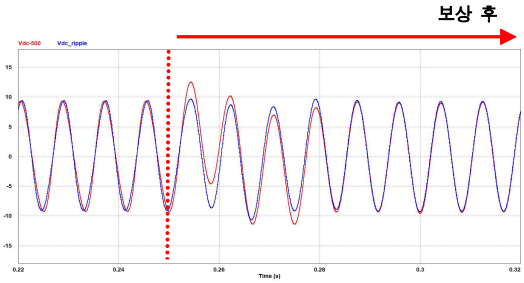

그림 5 V_{dc}-500, V_{dc_ripple} 시뮬레이션 파형
Fig. 5 V_{dc}-500, V_{dc_ripple} Simulation waveform

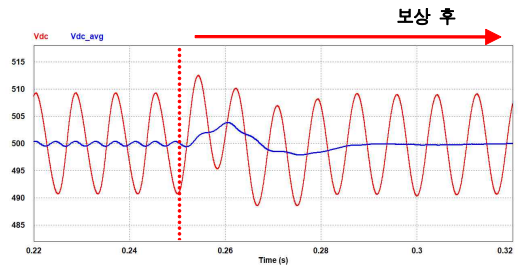

그림 6 V_{dc}, V_{dc_avg} 시뮬레이션 파형
Fig. 5 V_{dc}, V_{dc_avg} Simulation waveform

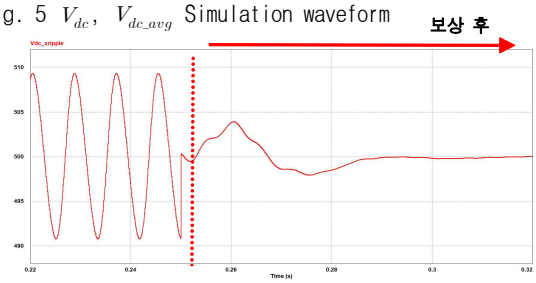

그림 7 $V_{dc_xripple}$ 시뮬레이션 파형
Fig. 7 $V_{dc_xripple}$ Simulation waveform

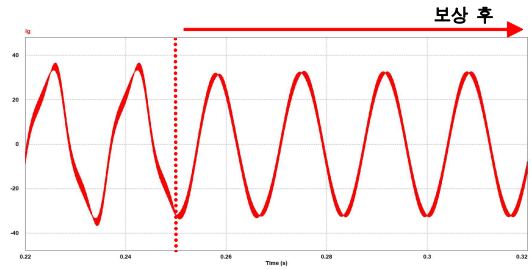

그림 8 I_g 시뮬레이션 파형
Fig. 8 I_g Simulation waveform

그림 5와 그림 6은 상태관측기를 적용 유무에 따른 V_{dc}-500과 V_{dc_ripple}, V_{dc}와 V_{dc_avg}의 변화되는 파형을 보여주며, 그림 7은 DC 링크의 리플 성분을 파악하기 위한 시뮬레이션 파형이다.

0.25초 전은 리플 보상 전, 0.25초 이후에 상태관측기를 이용하여 보상을 시작하였으며 리플 보상 전에는 리플 값이 9.3V, 보상 후 리플 값은 0.029V로 리플 성분이 확연히 줄어들고 보상 후 0.1초 이내에 빠르게 정상상태에 들어간다. 그림 8은 계통전류인 I_g에서 왜곡이 제거되어 파형이 개선됨을 보여준다.

4. 결론

본 논문은 전압 안정화를 위한 상태관측기를 이용한 DC 링크 전압 제어 알고리즘을 제안하였으며, 이를 시뮬레이션으로 구현하였다. DC 링크 전압을 일정하게 유지시켜 전압을 안정되게 제어하게 되고 리플 성분을 보상하여 계통전류의 파형에서 왜곡이 사라지고, 리플 성분이 크게 줄어든 것을 검증하였다.

참 고 문 헌

[1] 이재현, 조종민, 차한주 “배전선로용 5kVar 무효전력 보상기 설계”, 대한전기학회 학술대회 논문집, 153-155, 2018.10.
[2] 김형수, 최종우 “배전용 정지형 보상기의 상태관측기를 이용한 순시유효/무효전력 보상”,전기학회논문지 57(8), 1377-1382 2008.08,