

DGS용 Z-원 MSVPWM 인버터 제어

박영산⁺ · 배철오⁺⁺ · 남택근⁺⁺⁺

Control of Z-Source MSVPWM Inverter for DGS

Young-San Park⁺, Cherl-O Bae⁺⁺ and Taek-kun Nam⁺⁺⁺

Abstract : This paper presents circuit models and control algorithms of distributed generation system(DGS) which consists of Z-type converter and PWM inverter. Z-type converter which employs both the L and C passive components and shoot-through zero vectors instead of the conventional DC/DC converter in order to step up DC-link voltage. Discrete time sliding mode control with the asymptotic observer is used for current control.

Key words : Distributed Generation System(DGS, 분산전원시스템), MSVPWM(수정된 공간벡터펄스폭변조), DSMC(이산시간 슬라이딩모드제어) Inverter(역변환기), Observer(관측기)

1. 서론

중·소규모 분산된 대체에너지를 이용할 수 있도록 하기 위한 GDS와 그 제어기를 설계하였다. 낮은 DC전압을 승압하기 위해서 변압기 대신 Z-형 컨버터와 기존의 SVPWM인버터 스위칭 기법을 수정하여 적용하였고 전류제어기로서는 이산시간 슬라이딩모드제어기를 도입하였다^{[1]-[4]}. 특히, 전류제어를 위한 부하외란은 관측기를 사용하여 구함으로써 센서수를 줄이고 신뢰성이 우수한 제어기를 구성하고자 하였다.

2. DGS 구성

2.1 Z-원 인버터 공간벡터 PWM

Fig. 1은 전체 DGS의 구성도로 대체에너지원(DC원), Dr. Peng에 의해서 처음 제안된 Z-형 DC/DC 컨버터^[1] 그리고 PWM 인버터로 구성되어 있다.

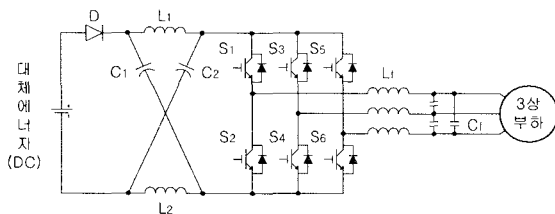
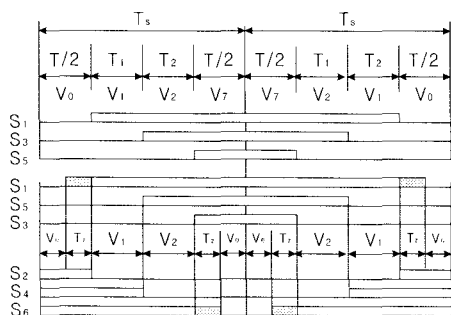


Fig. 1 Total DGS configuration



(a) Sector 1

Fig. 2 Switching input for Z-source inverter

인접한 두 기본벡터로부터 시분할에 의해 기준벡터를 구할 수 있으나 인버터 스위칭에 의해서 출력을 승압시키려면 별도의 상하 스위칭 소자가 동시에 도통되도록 하는 스위칭 시간이 삽입되어야 한다. 그렇게 되면 연산이 복잡해질 뿐 만 아니라 전체적인 효율이 떨어지게 되므로 기존의 0벡터시간(T_0)을 이용해 Z형 컨버터에서 승압이 이루어지도록 스위칭시간을 조절한다.

Fig. 2는 Z-원 인버터의 수정된 스위칭 패턴을 보여주고 있다. 실제 유효벡터의 크기를 감소시키지 않고 0벡터 구간을 이용해 출력을 승압할 수 있도록 하였다. 따라서 승압을 위한 스위칭 시간은 0벡터 구간(T_0)에 의해서 제약받게 된다.

3. 제어시스템

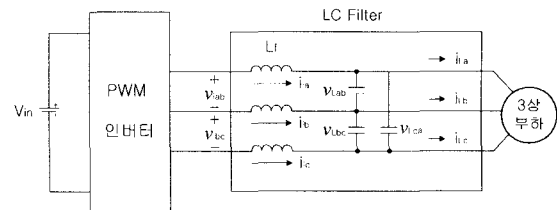


Fig. 3 Simplified system circuit for modeling

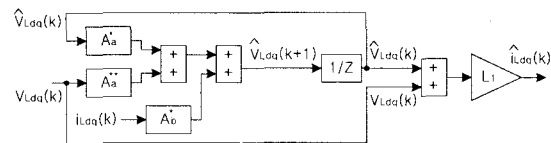


Fig. 4 Block diagram of asymptotic observer

Fig. 4의 점근관측기를 이용해 부하전류(I_{Ldq})를 다음과 같이 추정할 수 있다.

$$\frac{d\hat{V}_{Ldq}}{dt} = \frac{1}{3C_f} I_{Ldq} - \frac{1}{3C_f} L_1 T_{dq} (\hat{V}_{Ldq} - V_{Ldq}) \quad (1)$$

$$\hat{d}(k) = \hat{I}_{Ldq} = L_1 (\hat{V}_{Ldq} - V_{Ldq})$$

추정된 외란(\hat{d})을 이용한 이산시간 상태공간방정식은 식 (2)

⁺ 박영산(목포해양대학교 기관시스템공학부), E-mail: seapark@mmu.ac.kr, Tel: 061)240-7090

⁺⁺ 배철오, 목포해양대학교 기관시스템공학부

⁺⁺⁺ 남택근, 목포해양대학교 기관시스템공학부

와 같다.

$$\begin{cases} X(k+1) = A^*X(k) + B^*u(k) + E^*\hat{d}(k) \\ y_1(k) = C_1^*X(k) \\ e_{idq}(k) = y_1(k) - y_{ref}(k) \end{cases} \quad (2)$$

$y_1(k)$ 가 $y_{1ref}(k)$ 를 추종하도록 슬라이딩 매니폴드를 선택하면 등가제어 $u_{eq}(k)$ 는 다음과 같다.

$$u_{eq}(k) = (C_1^*B^*)^{-1}(I_{idq}^*(k) - C_1^*A^*X(k) - C_1^*E^*\hat{d}(k)) \quad (3)$$

제어입력이 $\|u(k)\| \leq u_0$ 범위 내에서 변환한다면 다음의 제어입력이 적용될 수 있다.

$$u(k) = \begin{cases} u_{eq}(k) & \text{for } \|u_{eq}(k)\| \leq u_0 \\ \frac{u_0}{\|u_{eq}(k)\|} u_{eq}(k) & \text{for } \|u_{eq}(k)\| > u_0 \end{cases} \quad (4)$$

여기서 제어전압의 한계인 u_0 는 SVPWM 인버터에 의해서 결정된다.

식 (4)의 제어법칙은 유한스텝후에 이산시간 슬라이딩모드에 도달할 수 있으며 무엇보다도 식 (4)는 불연속제어의 직접 적용과는 달리 매니폴드 $S(k) = 0$ 에서 채터링없는 동작이 가능하다.

4. 시뮬레이션 결과 및 고찰

제안된 Z-원 인버터를 이용한 DGS 회로와 제어기법의 유용성을 확인하기 위하여 AC208V(L-L)/60Hz/10kVA의 시뮬레이션 테스트 베드를 Matlab/simulink를 이용해 구성하였다.

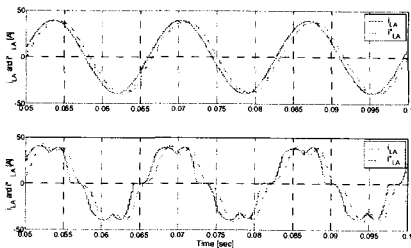


Fig. 5 Estimated load current

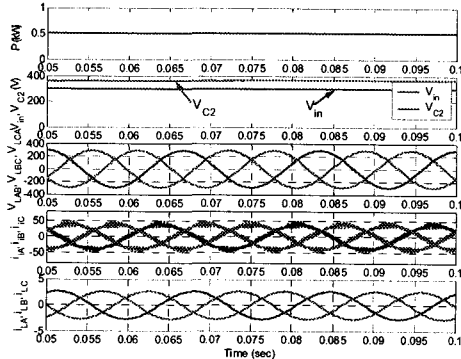


Fig. 6 Simulation results (130V, 10kW)

Fig. 5는 관측기에 의해 추정된 부하전류(i_{Lm}^*)파형과 실제 부하전류(i_{Lm})파형을 보여주고 있다. 위 파형은 선형부하, 아래파형은 비선형부하일 경우이며 우수한 추정능력을 확인할 수 있다.

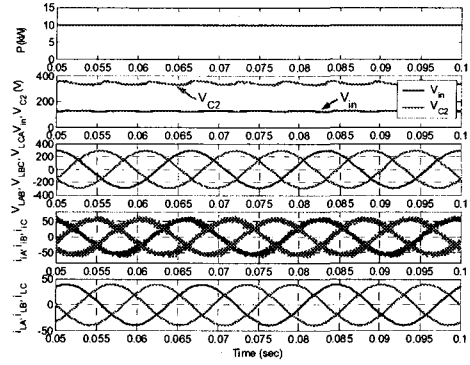


Fig. 7 Simulation results(300V, 0.5kW)

Fig. 6은 DC입력 130V이고 부하가 10kW 일 때, Fig. 7은 DC입력 300V, 부하 0.5kW 일 때 인버터 및 부하전류, 전압, 콘덴서 전압, 전력 등의 파형을 나타내고 있다. DC 입력전압에 관계없이 Z-원 인버터의 수정된 SVPWM에 의해서 입력단 전압(V_{C2})이 잘 제어되고 있으며 양호한 평형 3상 교류 출력이 얻어짐을 확인할 수 있다.

5. 결론

승압을 위해 Z-형 컨버터와 PWM 인버터를 결합하고 기존의 공간벡터 PWM을 수정 이용함으로써 새로운 DGS를 설계할 수 있었다.

점근 관측기를 사용한 이산시간 슬라이딩모드제어기를 이용함으로써 센서 수를 줄이고 미지부하에 대하여 적은 정상상태 오차와 낮은 왜율을 얻을 수 있었다.

“이 논문은 2005년도 학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음.” (KRF-2005-214-D00076)

참고문헌

- [1] Fang Zheng Peng, "Z-source inverter", IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 39, no. 2, pp. 504-510, Mar/Apr., 2003.
- [2] Jingbo Liu, Jingang Hu, Longya Xu, "A Modified Space Vector PWM for Z-source Inverter-Modeling and Design", IEEE International Conference on Electrical Machine and Systems, vol. 2, pp. 1242-1247, Sep., 2005.
- [3] T. Q. Vinh, T. W. Chun, J. R. Ahn, H. H. Lee, "Algorithms for Controlling Both the DC Boost and AC Output Voltage of the Z-source Inverter" IEEE Annual conference on Industrial Electronics Society, pp. 970-974, Nov. 2005.
- [4] V. Utkin, J. Guldner, and J. Shi, "Sliding Mode Control in Electromechanical System", Taylor & Francis, Philadelphia, PA, 1999.