

계통연계형 인버터에서 출력전류 제어를 위한 데드비트제어기의 동특성분석연구

변병주, 서현욱, 한동화, 김동진* 최규하
건국대학교 전기공학과, 선광엘티아이*

Dynamic Characteristics of Deadbeat Controller for Output Current in the Utility-Interactive Inverter

Byeng Joo Byen, H.U.Seo, D.H.Han, Dong Jin Kim*, G.H.Choe
Dept of Electrical Engineering Konkuk Univ, SUNKWANG LTI*

ABSTRACT

This paper presents deadbeat controller for output current in the utility-interactive inverter. The time delay related with deadbeat controller is compensated by using prediction control. By computer simulation and experiment, the dynamic characteristics of deadbeat controller is verified

1. 서 론

신재생에너지의 보급이 점차 증가 하고 있는 현재의 상황에서 신재생에너지의 단점 중 하나인 에너지 공급이 일정하지 않다는 점 때문에 전력변환 장치의 필요성이 증가 하고 있다. 이러한 전력변환 장치 중 계통과 직접 연계되는 계통연계형 인버터의 경우 분산전원 기준에[1] 적합하게 전력을 계통으로 공급해주어야 한다. 본 논문에서는 계통연계형 인버터에서 부하 없이 계통으로 전력을 공급하는 경우, 출력전류 제어에 있어서 데드비트 제어기를 적용하여 정상상태 THD(분산전원 기준 5%이하)와 빠른 동특성을 확인하기 위해서 시뮬레이션을 하고 실험을 통해 검증하였다.

2. 계통연계형 인버터 출력전류 데드비트 제어

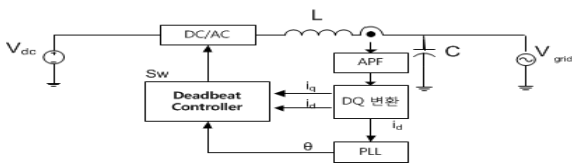


그림 1 계통연계형 인버터 제어도
Fig. 1 Utility-interactive inverter control diagram

데드비트 제어 기법은 최소한의 한정된 시간 동안 오차가 없이 기준 입력을 따르는 응답을 갖도록 시스템의 전달함수를 $\frac{1}{z}$ 이 되도록 제어기를 구성하는 제어기법을 뜻한다.

그림1의 인버터에서 출력전류제어를 위해서 전류제어 루프 상에서 플랜트 $P(z)$ 를 구하면 아래와 같다.

$$P(z) = \frac{T/L}{(z-1)} \quad (1)$$

여기서, L 은 인덕터이고, T 는 샘플링 주기이다.

인버터의 전류방정식을 동기좌표계로 변환하여 이산화하면 아래와 같이 표현이 된다.[1]

$$i_{Ld}^e(k+1) = i_{Ld}^e(k) + \frac{Tv_{cond}}{L} + (\omega i_{Lq}^e(k) + v_{gd} - \frac{\omega T^2(v_{conq} + v_{gq})}{2L}) \quad (2)$$

$$i_{Lq}^e(k+1) = i_{Lq}^e(k) + \frac{Tv_{conq}}{L} + (-\omega i_{Ld}^e(k) + \frac{\omega T^2(v_{cond} + v_{gd})}{2L} + v_{gq}) \quad (3)$$

이 상태방정식에서 간섭성분이 있기 때문에 독립적인 제어를 위해서는 보상을 해줘야 한다. 데드비트 제어기(G_d)를 적용하기 위해서는 전류제어기의 폐루프 전달함수(G_{cc})가 $\frac{1}{z}$ 이 되도록 해야 한다. 플랜트와 간섭성분을 보상해준 것을 토대로 제어기를 설계하면 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$G_{cc} = \frac{G_d \frac{T/L}{z-1}}{1 + G_d \frac{T/L}{z-1}} = \frac{1}{z} \quad (4)$$

$$G_d = \frac{z-1}{T/L(z-1)} \quad (5)$$

$$y(k) = y(k-1) + \frac{L}{T}(x(k) - x(k-1)) \quad (6)$$

데드비트 제어기는 입력과 출력 사이에 시 지연이 존재하기 때문에 시 지연을 보상하기 위해서 전류예측 기법을 적용하였다.[2]

$$y(k+1) = 3^*(y(k) - y(k-1)) + y(k-2) \quad (7)$$

3. 결과 및 검토

시뮬레이션은 Psim9.0을 통해서 하였고, 인버터의 입력단은 전압원으로 대체하여 시뮬레이션을 하였다. 시스템의 용량은 3[kW]이고, 입력 단 전압은 350[V]이다. 그림2(a)는 인버터의 출력이 정격일 때의 파형이다. 출력전류의 파형이 잡음 없이 제어가 잘 되고 있는 것을 확인할 수 있다. 그림2(b)는 입력전력이 70%에서 100%로 변동할 때의 출력 파형이다. 입력이 변함에 따라서 지령치의 변동이 있고, 제어기는 빠르게 추종하고 있는 것을 확인할 수 있다.

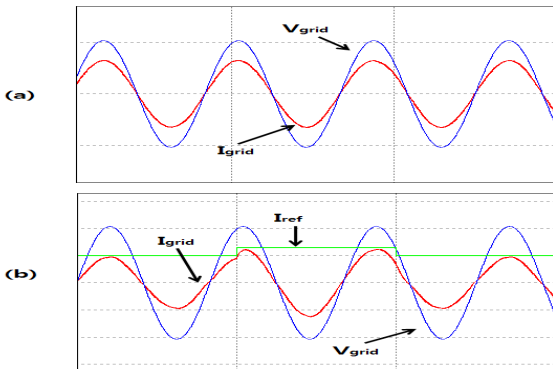


그림 2 시뮬레이션 결과
(a) 정상상태 (b) 과도상태
Fig. 2 Simulation result
(a) Steady state (b) Transient state

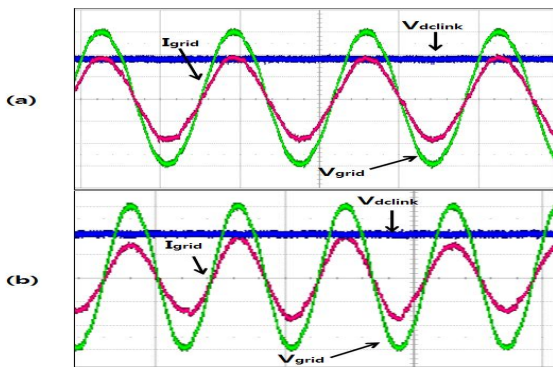


그림 3 실험 결과
(a) 정상상태 (b) 과도상태
Fig. 3 Experimental result
(a) Steady state (b) Transient state

그림3은 실제 실험한 파형이며, 그림4는 THD를 입력 전력에 따라서 나타내었을 경우를 나타낸다. 실제

파형과 시뮬레이션 파형이 매우 유사하게 나오는 것을 확인할 수 있었으며, 또한 데드비트 제어기의 특성인 빠른 동특성을 확인할 수 있었으며, 정격용량인 3[kW]에서 계통연계 기술 기준인 5%이하를 충족시킬 수 있었다.

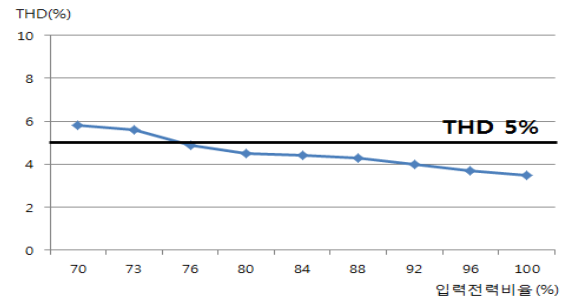


그림 4 출력전류 THD
Fig. 4 Output current THD

4. 결론

본 논문은 계통연계형 인버터에서 강한 디지털 제어를 위해 동기좌표계상에서 전류제어 루프에 데드비트 제어기법을 적용하였고, 시 지연을 보상하기 위해서 전류 예측기법을 사용하였다. 실제 실험에서도 입력전력이 변동함에 따라서 전류의 지령치가 변동하게 되는데 그러한 상황에서도 지령치를 추종하는데 있어 문제가 없음을 확인할 수 있었고, 정상상태에서 THD도 분산전원 기준에 맞게 5%이하를 유지하는 것을 확인할 수 있었다. 향후 인버터의 입력 단 전압제어와 신재생에너지와 연계하여 제어하는 부분의 연구가 더 필요하다.

○ 본 연구는 지식경제부 에너지자원기술개발사업의 일환(2009T100100100)으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] 분산형전원 배전계통 연계 기술기준, Kcpco 배전 건설처, 2010.7. 12
- [2] 조준석, "3상 UPS의 정전압 출력특성을 위한 개선된 데드비트 디지털," 건국대학교 석사학위 논문, 1999
- [3] 조준석, 이승요, 최규하, 김홍성 " 3상 UPS의 정전압 출력특성 향상을 위한 개선된 데드비트 디지털 제어기의 설계 ", 전력전자학회 논문지, Vol5 no.1, 2003