

분산전원용 UPQC의 PRT 기반 전압/전류 제어 알고리즘

김대로*, 조성필*, 권혁대*, 고성훈**, 이성룡*
군산대학교*, 가온솔루션**

A PRT Based Voltage/Current Control Algorithm of UPQC for DGS

Dea Ro Kim*, Sung Fil Jo*, Huk Dea Kwon*, Sung Hun Ko**, Seong Ryong Lee*
Kunsan National University*, Gaon Solution**

ABSTRACT

본 논문에서는 분산전원용 UPQC(Unified Power Quality Conditioner)에 사용되는 스위칭 알고리즘으로 PRT 기반 전압/제어 알고리즘을 적용한다. 분산전원용 UPQC는 전압제어형전압원인버터(VCVSI:Voltage Controlled VSI)와 전류제어형전압원인버터(CCVSI:Current Controlled VSI)를 계통과 직렬로 연결한 형태로 PRT 전압/전류 제어 알고리즘을 구동 알고리즘으로 사용하게 되면 회로 구성이 간단하고 제어가 용이한 장점이 있다. 본 논문에서는 PRT 기반 전압/전류 알고리즘을 UPQC에 적용하는 방법을 설명하고, 이의 유용성을 확인하기 위해 시뮬레이션을 수행하였다.

1. 서론

정부가 녹색성장 사업을 추진함에 따라 태양광, 풍력, 연료전지등과 같은 신재생에너지의 보급정책이 활발히 추진되고 있다. 그에 따라 신재생에너지와 계통을 연계하여 사용하는 분산전원시스템에 대한 연구가 주목받고 있다. 분산전원시스템은 분산전원에서 발전된 전력을 효율적으로 이용하기 위해 계통과 분산전원사이의 전력흐름(Power flow)을 제어 할 수 있는 양방향 전력변환기를 사용한다^[1].

분산전원시스템에서 사용되는 양방향 전력변환기는 유효전력공급, 무효전력보상, 부하전압안정화와 같은 기능을 수행할 수 있는 UPQC 토폴로지가 적합하다. 분산전원용 UPQC는 계통과 직렬로 연결되는 VCVSI와 병렬로 연결된 CCVSI로 구성된다. 계통과 병렬로 연결되는 CCVSI는 부하에서 발생하는 무효전력을 보상하여 역률개선 및 고조파저감 같은 계통의 전력 품질을 향상시키는 기능과 분산전원에서 발전되는 전력을 계통 또는 부하에 공급하는 기능을 수행한다. 계통과 직렬로 연결되는 VCVSI는 계통의 전압이 변동하더라도 부하에 일정한 전압을 공급할 수 있는 전압 안정화 기능을 수행한다^[2].

분산전원용 UPQC의 스위칭 알고리즘으로 CCVSI의 경우 히스테리시스 기법을 사용하고 VCVSI의 경우에는 SPWM(또는 SVM)기법을 주로 사용한다. 히스테리시스 기법은 구현이 간단하고 응답속도가 빠른 장점이 있는 반면에 부하변동에 따라 스위칭 주파수가 변동하여 출력필터설계가 어려운 단점을 가진다. SPWM 기법은 연산이 간단하여 회로설계 및 제어가 쉬운 장점이 있는 반면에 인버터의 입력전압 변동에 출력전압이 민

감하게 변동하는 단점을 가진다. 또한 이를 UPQC 형태로 구성할 경우 각각의 스위칭 알고리즘을 구성해야 하는 문제점이 발생한다^[3].

그러므로 본 논문에서는 분산전원용 UPQC의 스위칭 알고리즘으로 PRT 기반 전압/전류 제어 알고리즘을 적용한다. 제안된 PRT 알고리즘은 실제 신호(전압 및 전류)와 지령신호를 비교한 오차신호 하나만을 이용하기 때문에 회로구성이 용이하고 제어가 간편한 장점이 있다. 또한 인버터의 입력전압 변동 및 부하의 변화에도 지령신호(전압 및 전류)를 빠르게 추종할 수 있는 장점을 가진다. 제안된 알고리즘의 유용성을 확인하기 위해 시뮬레이션을 수행하였다.

2. 분산전원용 UPQC의 PRT 기반 전압/전류 제어 알고리즘

그림 1은 PRT 알고리즘을 적용한 분산전원용 UPQC의 구성도이다.

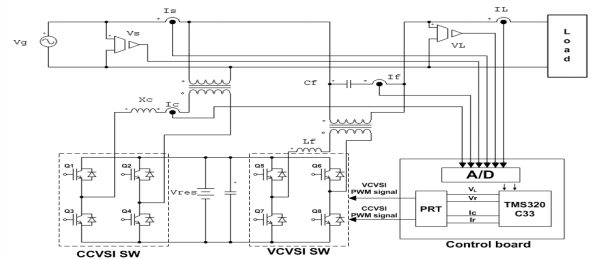


그림 1 PRT 전압/전류 알고리즘 기반 분산전원용 UPQC 구성도

그림 1에서 계통과 병렬로 연결된 CCVSI는 부하에서 발생하는 무효전력을 보상하여 계통의 역률개선 및 고조파저감을 수행하고 분산전원에 발전되는 전력을 계통 또는 부하에 공급한다. 계통과 직렬로 연결된 VCVSI는 계통의 전압 변동에도 부하에 일정한 전압을 공급할 수 있는 전압 안정화 기능을 수행한다. PRT 전압/전류 알고리즘은 계통 및 부하 조건(전압, 전류)을 피드백 하여 지령신호(전압, 전류)와 비교한 오차신호를 이용하여 스위칭 패턴을 결정한다.

그림 2는 CCVSI, VCVSI의 지령신호(I_r , V_r)와 실제 출력신호(I_c , V_L)와 비교한 오차신호를 나타낸다. 그림 2에서 고정된 스위칭 주파수를 얻기 위해서는 양의 영역 오차(T_a)와 부의 영역 오차(T_b)를 동일하게 유지시켜야 한다. 즉 식 (1)과 같은 목표된 스위칭 주파수를 얻기 위해서 T_a 와 T_b 를 같게 제어해

야 한다. 또한 전 주기의 오차정보를 가지고 식 (2)와 (3)을 이용하여 다음 주기의 스위칭 패턴을 결정할 수 있다.

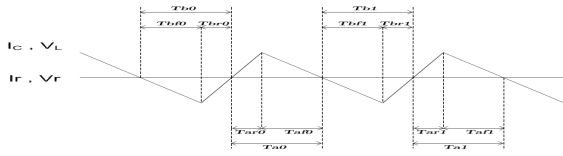


그림 2 전류, 전압 오차 신호

$$T^*_{a} = T^*_{b} = \frac{T^*_{sw}}{2} \quad (1)$$

$$T^*_{ar1} = \left(\frac{T^{\#}_{ar0}}{T^{\#}_{a0}}\right)\left(\frac{T^*_{sw}}{2}\right) \quad (2)$$

$$T^*_{bf1} = \left(\frac{T^{\#}_{bf0}}{T^{\#}_{b0}}\right)\left(\frac{T^*_{sw}}{2}\right) \quad (3)$$

여기서, *은 목표 값(계산 값), #은 측정된 값이다.

3. 시뮬레이션 결과

본 논문에서 제안한 분산전원용 UPQC의 PRT 기반 전압/전류 제어 알고리즘의 유용성을 확인하기 위해 시뮬레이션 프로그램인 PSIM을 이용하여 시뮬레이션을 수행 하였으며, 시뮬레이션 조건은 표 1과 같다.

표 1 시뮬레이션 조건

Parameter	Values	Parameter	Values
DC전압	200[Vdc]	결합 인덕터	3[mH]
계통전압	220[Vrms]	스위칭 주파수	10[kHz]
기본주파수	60[Hz]	최대부하용량	1[KVA]
필터	100[uH],9[uF]	DC링크 캐패시터	1000[uF]

그림 3은 비선형 부하 조건일 때의 시뮬레이션 결과 파형으로 위로부터 계통전압(Vg) 및 부하전압(Vl), 계통전류(Ig), 부하전류(Il), CCVSI 출력전류(Icc)파형이다.

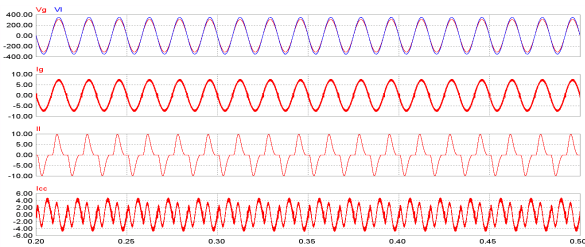


그림 3 비선형 부하 조건일 때의 시스템의 전압 및 전류 파형

그림 3에서 부하조건은 전형적인 비선형 부하인 콘덴서 입력형 정류기 부하의 형태로 부하전류는 왜곡이 심한 비선형임을 알 수 있다. 그러나 계통전류는 왜곡이 없는 정현파로 이는 CCVSI에서 무효전력성분을 보상했기 때문이다. 또한 계통전압은 약 200[Vrms]이지만 VCVSI에서 전압 보상을 통해 부하전압은 220[Vrms]로 유지되고 있음을 알 수 있다.

그림 4는 계통전압이 변동할 때의 시뮬레이션의 파형으로

계통 전압(Vg), 부하전압(Vl), VCVSI 출력전압(Vvc) 파형이다.

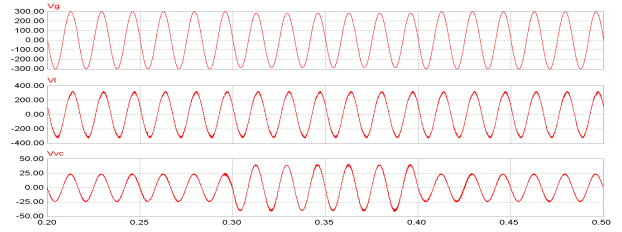


그림 4 계통전압 변동시 시스템의 전압 파형

그림 4에서 계통전압은 그림 3에서처럼 초기에 200[Vrms]이지만 VCVSI에서 전압을 보상하여 부하전압은 220[Vrms]로 유지되고 있음을 알 수 있다. 또한 중간부근(300 400ms구간)에 전압이 200[Vrms]에서 180[Vrms]가 변동되더라도 VCVSI는 출력전압을 피드백 하여 변동폭만큼을 보상함으로써 부하전압은 항상 220[Vrms]로 유지되고 있음을 알 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 분산전원용 UPQC의 PRT 기반 전압/전류 제어 알고리즘을 제안하였고, 제안된 알고리즘의 유용성을 확인하기 위해 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과를 통해 제안된 분산전원용 UPQC의 PRT 기반 전압/전류 제어 알고리즘은 기존기법을 사용한 UPQC와 마찬가지로 CCVSI를 이용하여 부하에서 요구하는 무효전력성분을 보상하여 역률개선 및 고조파 저감과 같은 계통의 전력품질을 향상시킬 수 있으며, 계통에 전압변동이 발생할 경우 VCVSI의 출력전압을 제어하여 부하전압은 항상 일정하게 유지됨을 확인하였다. 따라서 분산전원용 UPQC의 인버터 구동 알고리즘으로 PRT 알고리즘을 사용하게 되면 동일한 알고리즘으로 CCVSI와 VCVSI를 구동함으로써 회로구성이 간편하고, 스위칭 시퀀스의 예측 및 스위칭 주파수를 고정시킬 수 있어 출력필터설계가 쉽고 소프트 스위칭 기법을 적용할 수 있는 장점이 있다.

이 논문은 산학연 공동기술개발사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참고 문헌

- [1] H. Dehbonei, "Power Conditioning for Distributed Renewable Energy Generation," Ph.D. Dissertation, Dept. elect. Comput. Eng., Curtin Univ. Technol., perth, 2003.
- [2] S. H. Ko, S.R. Lee, H. Dehbonei and C.V. Nayar, "Application of Voltage and Current Controlled Voltage Source Inverter for Distributed Generation Systems" IEEE Trans. Energy conversion, vol. 21, no. 3, sep. 2006
- [3] S. H. Ko, Y.C Shin and S.R Lee, "Implementation of Grid interactive Current Controlled Voltage Source Inverter for Power Conditioning System, " KIEE International Trans. on Electrical Machinery and Energy Conversion System, vol. 5 B, no. 4, pp.382 391, 2005