

빌딩용 DC배전 시스템의 3상 다이오드 정류회로를 이용한 리던던트 전력 시스템

박윤욱*, 신수철*, 이희준*, 원충연*, 나종국**, 김진홍***
성균관대학교*, (주)갑진**, 전자부품연구원***

Redundant Power System using Three-Phase Diode Rectifier of DC Distribution System for Building Applications

Yun Wook Park*, Soo Cheol Shin*, Hee Jun Lee*, Chung Yuen Won*, Jong Kuk Na**, Jin Hong Kim***
Sungkyunkwan University*, KapJin**, KETI***

ABSTRACT

본 논문에서는 빌딩용 직류배전에 적용된 리던던트 전력 시스템을 제안하였다. 제안한 시스템 방식은 3상 다이오드 정류회로를 AC/DC 컨버터와 병렬로 연결하여 전력변환장치의 유지보수 시 직류전원의 무정전 공급이 가능하도록 하였다. 이에 따라 제안된 시스템의 구성에 대하여 기술하고, 시뮬레이션을 통하여 리던던트 전력 시스템의 타당성을 검증하였다.

1. 서론

현재 세계 각국의 에너지 정책은 환경오염으로 인하여 그린 에너지로의 변화와 에너지 자원의 절약을 위하여 에너지 효율 향상이라는 목표를 가지고 많은 연구들이 진행되고 있다. 이러한 목표중 하나인 DC배전은 에너지변환의 단계를 줄여 효율을 높이는 배전 시스템이다. 현재 개발되고 있는 DC배전기술은 AC/DC 컨버터를 이용하여 DC전원을 부하에 공급하는 시스템이다.^[1] 또한 DC배전 시스템의 유지보수를 위한 측면도 고려되어야 한다. 이를 해결하기 위한 방법으로 전원이상에 대비하여 독립된 무정전전원장치(UPS)를 DC배전 시스템에 적용하고 있다.^[2] 본 논문에서는 계통연계의 신뢰성 확보와 AC/DC 컨버터의 유지보수를 위하여 여분의 시스템을 병렬로 연결한 리던던트 전력 시스템에 대하여 제안하였다. 리던던트 전력 시스템은 AC/DC 전력변환장치 모듈의 수리 및 점검을 용이하게 하고 계통 사고 시에도 전력을 부하 측으로 전달함으로써 계통의 신뢰도를 높일 수 있다. 또한 비용, 제어적인 측면을 고려하여 간단하게 다이오드 정류회로로 구성하여 실제 DC배전 시스템에 적용 가능하다. 본 논문에서는 리던던트 전력 시스템에 대한 하드웨어 구성을 기술하고 시뮬레이션을 통하여 DC배전용 리던던트 시스템의 타당성을 검증하고자 한다.

2. 본론

2.1 시스템의 원리 및 구성

본 논문에서는 3상 전과정류회로의 기본특성을 이용한 리던던트 전력시스템을 제안한다. 이와 같이 3상 다이오드 정류회로를 이용하여 시스템을 구성할 경우 간단하면서도 고신뢰성의 전력변환 시스템을 구성할 수 있다. 3상 다이오드 정류회로의 직류 전압은 변압기를 이용하여 AC/DC 컨버터에 의한 직류

출력 전압보다 낮은 전압으로 유지되도록 설계한다. 이에 따라, 병렬로 구성이 되어도 리던던트 시스템은 전위차에 의해 부하 측으로 에너지를 전달하지 않게 된다. AC/DC 컨버터가 고장이 나거나 유지보수가 필요할 때 DC계통과 분리하면 부하 측 전압이 3상 정류회로의 직류 전압보다 낮아지게 되어 에너지가 리던던트 시스템을 통하여 부하로 전달되지 않는다. 급격한 부하 변동에도 DC BUS 전압강하를 리던던트 시스템이 보상할 수 있다. 본 논문에서는 다음 두 가지 형태의 변압기를 이용한 시스템 구성을 제안한다.

2.1.1 3상 Y-Δ변압기 시스템 구성

그림 1은 3상 Y-Δ변압기를 이용한 시스템의 구성도이다. 교류 380[V_{rms}]를 3상 Y-Δ변압기를 이용하여 2차측 최대전압 370[V_{pk}]로 강압한다. 3상 다이오드의 출력 전압은 전체 시스템이 병렬로 구성이 되어도 AC/DC 전력변환장치 모듈에서 제어되는 출력전압은 380[V_{dc}]이기 때문에 전위차에 의해 다이오드를 통하여 부하 측으로 에너지가 전달되지 않는다. 사고발생 및 AC/DC 컨버터 측 회로가 개방되면 부하 전압은 370[V_{dc}]보다 낮아지게 되고, 이에 따라 리던던트 시스템을 통하여 에너지가 부하에 공급 된다. 리던던트 시스템의 다이오드를 통하여 정류된 전압은 별도의 제어를 하지 않아도 부하 측에 일정한 직류전압을 유지할 수 있다. 시스템 초기 기동 시, 방전 되어있는 커패시터로 유입되는 돌입전류를 방지하기 위하여 초기 충전 회로를 구성하였고, 병렬 연계 시 발생하는 과전류를 방지하기 위하여 과전류 방지 인덕터를 구성하였다.

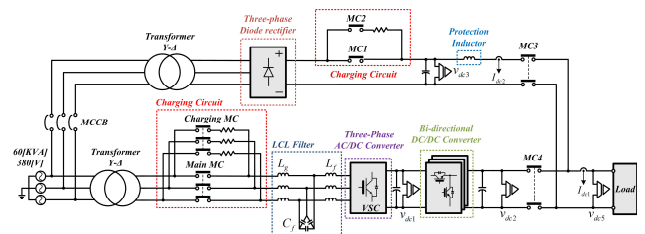


그림 1 3상 Y-Δ변압기를 이용한 리던던트 전력 시스템 구성도

2.1.2 3상 3권선 변압기 시스템 구성

그림 2는 3상 3권선 Y-Y-Δ변압기를 이용한 시스템 구성이다. 3권선 변압기를 이용하여 시스템을 구성할 경우 2차 측과 3차 측의 선간전압이 서로 위상차를 갖고 하나의 출력으로

정류되어 출력 전압의 리플을 줄일 수 있다. 이에 따라, Y Δ 변압기로 시스템을 구성하였을 때보다 출력 단 커패시터의 용량을 줄일 수 있고, 리플로 인하여 부하에 미치는 악영향을 감소시킬 수 있다.

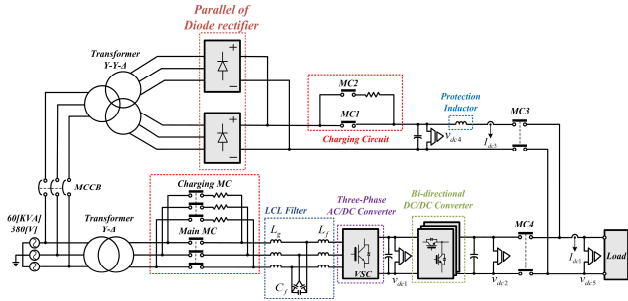


그림 2 3상 Y-Y-Δ 변압기를 이용한 리던던트 전력 시스템 구성도

2.2 시뮬레이션

표 1은 시뮬레이션에 사용한 파라미터이다. 본 논문에서는 60[KVA] 시스템으로 모의시험 하여 제안한 시스템의 타당성을 검증하였다.

표 1 리던던트 시스템의 시뮬레이션 파라미터

Parameters	Value
정격 출력	60[KVA]
계통 입력 전압	380[V _{rms}]
계통 주파수	60[Hz]
출력 측 커패시터	20400[μF]
과전류방지 인덕터	500[μH]
AC/DC 컨버터 출력 전압	380[V _{dc}]
Y Δ 변압기 턴수비	100:121
Y Y Δ 변압기 턴수비	100:70:121

그림 3은 앞에서 제시한 두 가지 형태의 시스템에 대하여 유지보수 및 사고 시에 리던던트 시스템의 출력전압의 리플을 비교한 파형이다. Y Δ 변압기로 시스템을 구성하였을 때보다 3권선 Y Y Δ 변압기를 이용하여 시스템을 구성할 경우, 시스템의 출력전압 리플을 감소시킬 수 있는 것을 그림 3을 통해 확인할 수 있다.

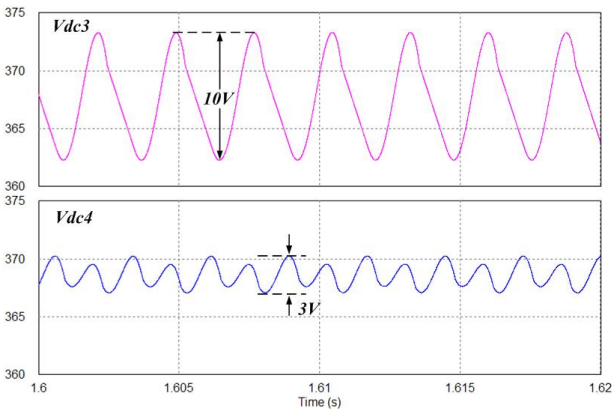


그림 3 리던던트 전력 시스템의 동작 시 출력전압 ripple 파형

그림 4는 3상 AC/DC 전력변환장치의 리던던트 시스템에 대한 시뮬레이션 결과 파형이다. V_{dc5}는 AC/DC 전

력변환장치와 리던던트 시스템의 부하 측에 전달되는 출력전압이다. 시뮬레이션에서는 1.5초 일 때, 계통사고로 가정한다.

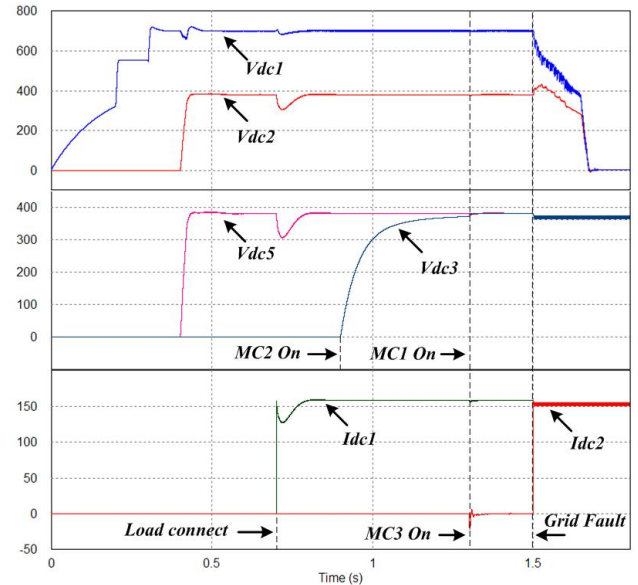


그림 4 리던던트 전력 시스템의 출력전압, 전류 시뮬레이션 파형

AC/DC 전력변환장치에 의하여 출력 전압이 380[V_{dc}]로 제어 되고 있을 때, 계통의 사고를 미리 감지하고 MC 2를 0.9초에 동작시켜 초기충전회로를 통하여 시스템이 정상적으로 동작되게 한다. MC 3가 동작되어도 리던던트 시스템이 안정적으로 AC/DC 전력변환장치와 병렬연결 됨을 알 수 있다. 또한, 1.5초 이전에는 리던던트 시스템이 병렬로 구성되어 있어도 전위차에 의하여 에너지가 부하 측으로 전달되지 않는 것을 I_{dc2} 파형을 통하여 알 수 있다. 1.5초에 계통에 사고가 발생하여도 리던던트 시스템의 출력 전압이 부하 측에 안정적으로 유지되는 것을 V_{dc5}를 통하여 확인할 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 대용량 AC/DC 전력변환장치의 사고발생 및 시스템의 유지보수를 위하여 추가적인 시스템을 제안하였고 시뮬레이션을 통하여 실제 대용량 전력변환장치 시스템에 응용 가능성을 검증하였다. 이로 인하여 DC배전 시스템 전체의 신뢰도 향상과 유지 보수가 용이할 것으로 기대된다.

본 연구는 2012년도 지식경제부의 재원으로 기술혁신사업 (No.20119010200060 11 2 100)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

참고 문헌

- [1] 김주용 “전력공급자 측면에서 DC 배전 기술개발 전망” 전력전자학회, 전력전자학회지, 제15권 제5호 2010.10, pp. 28-31
- [2] 조준석 “분산형 N+X 리던던트 UPS 시스템의 개발” 전력전자학회, 전력전자학회논문집 2003.7, pp. 168-172