

직류배전의 전력품질 향상 대책

한 석 우
국제대학

Improvement measures for power quality of DC distribution

Seok-Woo Han
Kookje College

ABSTRACT

If DC voltage adjustment can be controlled very easily, it is much more effective rather than AC in transmission efficiency.

The main reason why DC is more effective than AC, DC has the same role as the 70[%] of AC whenever the same power send.

In addition, AC streams the surface of electrical wire, but DC streams overall of electrical wire.

Digital load, which is operated by DC, has increased in modern times.

The step of convert of AC-DC has to be reduced.

When we turn the dispersed AC-DC converters into the concentrated AC-DC converter, it can improve the effective of the whole system.

Further more, if digital society develops more than now and the time of electric vehicle comes, the need of DC will increase much more than these days.

This paper suggests that DC output of distributed power source and high efficient 3 phase PWM converter can control the adjustment of output voltage, harmonic restraint, power factor improvements and dump power.

1. 서론

현재 우리가 교류를 사용하게 된 배경은 1880년 대 미국의 직류 옹호론자인 에디슨과 교류 선호론자인 그의 제자 테슬라 사이에 벌어진 논쟁 때문이다. 송배전 효율을 놓고 벌어진 이 “전류싸움”에서 에디슨은 직류가 자유로운 전압변환이 어렵다는 현실적인 단점을 극복하지 못함으로써 이때부터 세계는 100년 넘게 지금까지 교류 배전 방식을 채택해왔다. 에디슨도 포기해야 했던 직류 송, 배전 방식이 이제 와서 각광을 받고 있는 것은 전력용 반도체 기술이 발전하였기 때문이다. 전력용 반도체소자인 사이리스터의 전력처리 능력이 향상됨에 따라 고전압의 직류를 쉽게 얻을 수 있게 되었다. 직류배전의 핵심은 전력변환기술 및 전력용 반도체소자에 있다.

화석 에너지 자원의 고갈과 기후 온난화 현상으로 인하여 지구가 지속적인 성장에 큰 위협을 받고 있어, 최근 산업계에서는

직류의 중요성을 크게 깨닫게 하고 있다.

구글, 아마존, NTT등 해외 유명회사에서는 직류배전 방식을 인터넷데이터센터(IDC)에 적용하여 30[%] 이상의 효율 향상, 초기투자비, 소요 공간, 전력요금을 경감시켰다.

네트워크 인프라나 e-비즈니스의 진전에 따라 대부분의 경제활동이 인터넷을 통하여 실행되고 있다. 따라서 IT기기의 전원시스템이 고 신뢰성, 고품질, 고효율이 요구됨에 따라 대안으로 직류배전이 거론되고 있다.

디지털사회로 이행됨에 따라 대부분의 전자기기의 최종 전력소비비는 직류 형태 이므로 반드시 교류로 전력을 공급할 필요성은 점점 사라지고, 또한 전기자동차 시대가 열리게 되면서 직류 전기의 수요가 더한층 증가하게 될 것이다.

변압이 자유로워지면 직류가 교류보다 송전 효율이 훨씬 높다. 직류전압은 교류전압 최대치의 70[%]에 불과해 절연이 쉽고 송전탑의 높이도 줄일 수 있다. 동일 전력을 전송할 경우 직류는 교류의 70[%] 만으로도 똑같은 효과를 내기 때문이다. 게다가 교류는 전선의 표면으로만 흐르지만, 직류는 전선 전체로 흐르기 때문에 같은 크기의 전선에서 직류가 교류보다 2배 이상의 전류를 흘릴 수 있다.

현재 사용하는 무정전전원공급장치(UPS)는 2단계의 전력변환 과정을 필요로 하므로 약 30[%]의 에너지 손실이 발생되며, 전력변환기 자체의 신뢰성도 문제가 될 수 있다.^[3]

UPS 고장 유형 분석결과에 의하면 전체 고장의 59[%]가 UPS의 DC-AC 변환부인 인버터에서 발생되고 있으므로 구성품의 단순화를 통해 고장 요인을 제거하여 신뢰성을 확보할 수 있다.^[3] 건축물에 고효율 정류기를 설치하여 직류를 디지털 전자 제품에 직접 공급 하게 되면 개별 전자제품의 정류과정을 생략하여 열손실과 변환손실을 줄여 최대 30[%] 이상의 전기 에너지를 절감할 수 있다.

태양광, 풍력, 연료전지 등의 직류출력은 인버터를 부착하지 않고도 사용 가능하여 전력변환 손실을 줄일 수 있으며, 풍력발전 시 바람의 세기가 일정하지 않아 전극의 변화속도, 즉 정확한 주파수를 유지하기 어렵기 때문에 직류발전이 유리해진다. 또한 직류는 전자파 발생으로 부터 인체를 보호해줄 수 있으며, 신재생 발전시스템 및 에너지 저장장치와의 연계가 용이해져 그린 홈, 그린 카, 그린 빌딩 등 그린 에너지 시대에 적합한 전원 공급 체계로 각광받고 있다.^[4]

직류에 의해 동작하는 디지털 부하가 증가하는 현대사회에서 교류-직류 변환단계를 줄이고 분산된 저효율 교류-직류 변환 체계를 집중식 고효율 교류-직류 변환시스템을 도입함으로써

전체 시스템의 효율 개선을 기대할 수 있다.

AC-DC 전력변환장치로서 위상제어 정류기나 다이오드 정류기는 에너지의 효율과 역률을 저하시키며, 기기의 오동작 및 저차 고조파 성분을 발생 시킨다.^[2]

따라서 이를 개선하기 위해 입, 출력 측에 대용량의 필터가 필요하게 되어 전력변환장치의 부피 증가 및 경제성을 저하시킨다. 손쉬운 입력 필터의 설계, 단위역을 유지 및 고조파 역제를 위하여 3상 PWM 컨버터에 관한 연구가 활발하다. 따라서 본 논문에서 3상 PWM 컨버터를 이용하여 직류 출력전압의 조정과 더불어 직류 버스에 접속된 신재생 직류전원의 잉여전력을 전원 측 반환으로 인한 전력품질 향상 대책을 시뮬레이션을 통하여 보여준다.

2. 본론

2.1 직류배전의 필요성 및 특징

직류배전은 IT기기와 신재생에너지 직접연계, 에너지 효율증대, 안정성(동기가 필요 없음), 안전성(교류와 비교 시 대체적으로 인체 안전), 전력품질의 개선(고조파가 없음), 경제성(시공비가 30~40% 절감), 미국 EPRI의 표준화 시작 측면에서 중요시 된다. 특히 미래의 전력시스템(인터넷데이터센터, 직류 홈, 직류 초고층 빌딩, 직류 저압 배전망)에서 매우 중요한 역할을 할 것이다. 표 1은 직류 및 교류 배전방식의 특징을 나타낸다.

표 1. 직류 배전방식과 교류 배전방식의 특징

장점	단점
<ul style="list-style-type: none"> -구성이 간단하고 신뢰성이 높다 -전력변환 단수가 적어 고효율 -전원의 병렬결합, 부하분담이 기술적으로 용이 -전원모듈의 활성삼입이 가능하여 수리, 보수 및 증설이 용이 -부하장치는 항상 상용계통에서 절연되어 있으므로 상용계통에서 유입되는 서지, 노이즈 등 외란의 영향을 받지 어렵다. -일반적으로 전압이 낮으므로 작업자의 안전 확보가 용이 	<ul style="list-style-type: none"> -직류입력 장치는 특수 사양으로 고가임 -전압이 낮기 때문에 대전력 시스템에서는 배선이 곤란 -대전력의 직류차단이 곤란
<ul style="list-style-type: none"> -전압이 높고 전류가 낮기 때문에 배선이 용이 -교류입력장치 저가 	<ul style="list-style-type: none"> -복수 구성으로 신뢰성이 낮다 -전력변환 단수가 많아 효율이 낮다 -병렬운전 시 동기 및 동기회로가 필요 -UPS 모듈 수리 시에는 절연에 따른 부하이해이 필요 -바이패스회로로 운용되는 경우는 부하장치 단에 의한 인가 유리됨 -축전지 직렬수가 많고 각 셀간의 불균등 충전과 과충전이 발생하기 쉬어 고장빈도가 높다

2.2 시스템의 구성

그림 1은 3상 PWM 컨버터로 6개의 스위칭 소자는 양방향 전력전달이 가능 하도록 전력용 반도체소자에 다이오드가 역 병렬로 접속하였다.^[2]

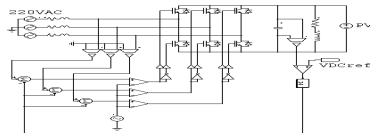


그림 1. 3상 PWM 컨버터

회로의 동작은 전력용반도체 스위치가 온 되었을 때 인덕터 전류가 상승하여 자기 에너지가 인덕터에 순간적으로 저장되고 출력단의 커패시터 및 부하에 전력을 공급하게 된다.

스위치가 오프되는 순간은 인덕터에 축적된 에너지와 교류전원의 에너지가 합해져서 커패시터와 부하에 에너지를 공급하게 된다. 펄스폭 변조(PWM) 제어 방식은 컨버터의 스위치를 반주기 동안에 여러 번 턴온, 턴오프하여 출력전압은 펄스폭을 가변함으로써 제어된다. 게이트 신호는 삼각파와 직류신호를 비교하여 발생한다. 펄스수의 증가로 고차 고조파의 크기를 증가시켜 필터링을 쉽게 할 수 있다.^[1]

3. 시뮬레이션 결과

그림 2는 다이오드 정류기의 전원전압, 전류 파형이며, 일정 전압을 유지하기 위한 직류 커패시터에 의해 고조파 전압원이 된다. 고조파 전압원의 전류파형은 직류 커패시터가 충전될 때 발생되며, 반주기 동안에 단상에서는 한 개의 봉우리가, 3상에서는 두 개의 봉우리가 나타난다.

고조파 분석 시 5차, 7차, 11차등 저차 고조파 성분들로 구성됨을 알 수 있다.

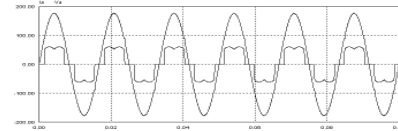


그림 2. 다이오드 정류기의 전원 전압 전류 파형

그림 3은 기준 직류 출력전압을 48[V], 부하를 1[kW]로 하여 시뮬레이션 한 결과 입력 전압, 전류는 정현파에 가깝고 동위상이며 단위 역률을 보여준다. 이때 직류 출력파형은 리플이 적고 기준치에 잘 추종함을 보여준다.

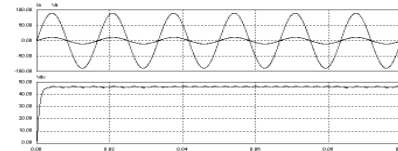


그림 3. 3상 PWM 정류기의 전원 전압, 전류, 직류 출력전압 파형

4. 결론

본 논문은 직류로 동작하는 디지털 부하가 급증함에 따라 교류-직류 변환단계를 줄이고, 분산된 저효율 교류-직류 변환체계를 집중식 고효율 교류-직류 변환시스템을 도입함으로써 전체 시스템의 효율을 개선시키고자 한다.

이 시스템은 3상 PWM 컨버터를 이용하여 직류 출력전압의 조정과 더불어 직류 버스에 접속된 신재생 직류전원의 잉여전력을 전원 측으로 반환하기 위하여 4상한 운전을 한다.

동일 부하조건에서 다이오드 정류기와 비교하면 역률개선 및 저차 고조파가 현저하게 저감되었음을 알 수 있었다.

직류 배전시스템의 효용성 및 전력품질 향상을 위하여 적정 전압과 설비에 대한 안전기준 및 표준화가 필요하다.

그리고 가전회사 및 기기 제작사의 참여가 절실하며, 그런 정책의 핵심인 신재생에너지에 대한 관심과 투자가 직류배전을 더한층 발전시키게 될 것으로 전망된다.

참고 문헌

[1] Muhammad H.Rashid, "Power Electronics", Prentice Hall, pp461, 2004
 [2] 천창근, 김철우, "전류센서리스 단위역률 3상 PWM AC/DC Boost 컨버터", 조명전기설비학회 논문지, 제17권, 제6호, pp105-112, 2003. 11
 [3] 박영훈, 백은미, "광양제철소 DC 배전시스템 적용 사례", 전력전자학회학술대회, pp216, 2009. 7
 [4] 박찬국, 용태석, "직류배전시스템의 부가과 확산 전망", 정보통신산업진흥원 주간기술동향, pp1-14, 2010. 4