



저압 직류배전 기술 현황 및 효과적 추진방안



김주웅 박사
한전 전력연구원

1. 개 황

직류전원을 사용하는 디지털 부하와 신재생에너지원의 증가로 인해 교류전원 공급방식을 직류전원 공급방식으로 변경하고자하는 연구가 전 세계적으로 진행되고 있다. 디지털 부하와 신재생에너지원을 직류전원으로

연계할 경우 전력 변환 손실을 저감할 수 있으며 전송용량 증대도 가능하다. 또한, 고품질 전력 공급에 대한 수요 증가 대응이 용이한 장점도 있다.

그러나 현재 직류배전은 대부분 수용가 구내 전력망에 국한되어 진행되고 있으며 표준전압도 결정되지 않

은 상태이다. 현재 직류전원은 가전기기 뿐만 아니라 통신, 선박, 항공기, 철도 등 다양한 분야에서 사용되고 있어 수용가 구내의 직류전원 도입과 확대는 표준전압이 결정됨과 동시에 급속히 진행될 가능성이 높다. 하지만 관련 기술과 규정이 제정되고 본격적인 시장 형성이 되기까지는 많은 시간이 소요될 것으로 예상된다. 이와 같은 수용가 구내 전력망의 직류화는 전력회사에서 교류전원을 공급하는 체제하에서 제한적인 에너지 효율 향상만 가능하다. 그러므로 직류전원을 소비하는 수용가가 증가할 경우 국가적인 차원의 에너지 효율 향상을 위해서 수용가에 대해 직접 직류전원을 공급하는 방법이 마련되어야 한다.

에너지관리시스템과 마이크로 그리드 에너지관리시스템을 통합하여 건물 에너지 효율 향상을 위해 추진 중인 국가 전략 과제인 K-MEG(Korea Micro Energy Grid) 사업에서도 건물일체형 태양광과 저장장치 등의 분산전원을 부하와 직류 배전망으로 연계하여 효율을 향상하는 부분을 포함하고 있다.

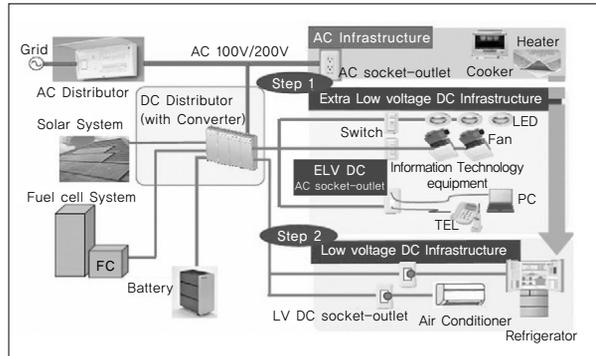


그림 1. 옥내 직류배전망 구성 개요

2. 현황

현재까지 직류배전기술 개발은 주로 수용가 구내에 국한되어 진행되고 있다. 최근에는 IEC에서 이러한 직류 수용가에 대한 표준화를 위해 IEC SMB/SG4를 운영 중에 있다. 국내에서도 서울대학교에서 옥내 직류배전에 따른 효율분석과 표준화를 위한 연구를 추진 중에 있다. 직류배전이 활발하게 연구되고 있는 또 하나의 분야는 마이크로 그리드이다. 분산전원을 이용하여 독립 전력망 운영이 가능한 마이크로 그리드에서 에너지 효율과 전력품질은 중요한 요소이다. 이를 만족하기 위해 직류 마이크로 그리드는 저장장치를 포함한 다수의 분산전원을 직류모선으로 연계함으로써 전력 변환 단계를 축소하고 출력을 안정화하는 효과를 달성하고자 한다. 또한, 직류전원을 소비하는 부하를 직접 연계하여 에너지효율을 향상시킬 수도 있다. 이러한 장점 때문에 대규모 빌딩 전력망을 분산전원과 연계한 직류배전망으로 구성하려는 연구가 진행 중이다. 이에 따라 건물

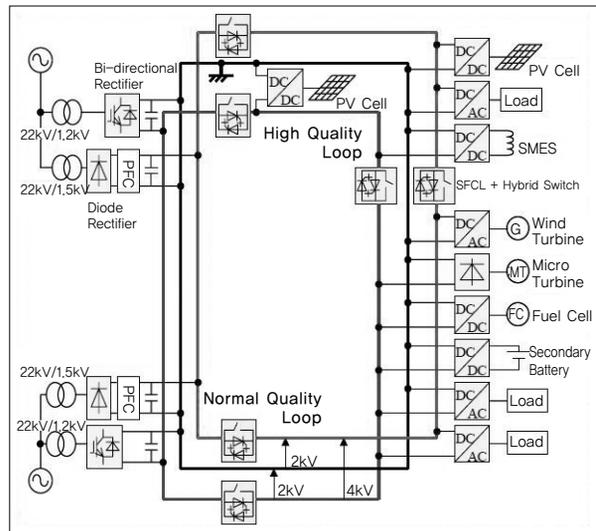


그림 2. 직류 마이크로그리드 구성사례

한편, 핀란드 LUT(Lappeenranta University of Technology)에서는 수용가의 직류전원 사용 여부와 관계없이 전력공급자 측면에서 직류배전이 개별 수용가

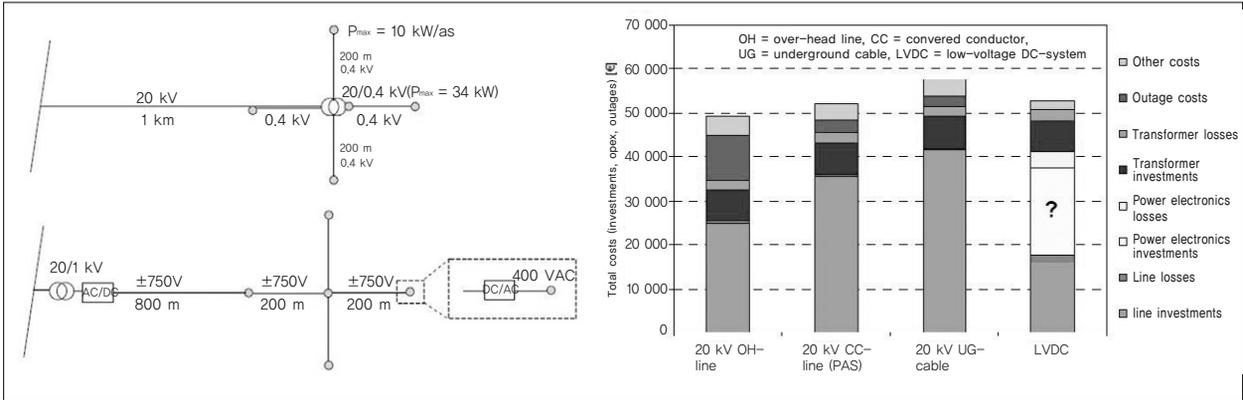


그림 3. LVAC와 LVDC 배전선로와 건설비용 비교결과

의 전압 품질 최적화, 전압 변동의 필터링, 순간정전 감소, 보호영역 증가 등의 효과와 함께 배전시스템 구축 및 운영에 소요되는 비용을 감소할 수 있다. 배전계통내의 소규모 발전원의 표준화된 연계인터페이스를 제공하고 능동적인 전력조류 제어가 가능하며, 새로운 비즈니스 모델을 위한 기회를 제공할 것으로 보고 기술개발을 진행 중에 있다.

써 저압고객에게 안전하고 신뢰도 높은 전력을 공급하고 소규모 발전원과 전력저장의 연계를 용이하게 할 수 있는 직류배전방식에 대한 실증연구를 준비 중에 있다. 그림 3은 교류배전선로와 직류선로의 건설비용을 비교한 결과이다. DC/AC 인버터 가격을 2000유로, 수명은 15년으로 가정하였다. 여기서 직류배전의 경제성은 인버터 가격에 의해 크게 좌우됨을 알 수 있다.

특히, 전력전자 소자의 가격하락과 기술적 진보로 직류배전의 가격경쟁력이 향상되고 있는 것으로 평가되고 있다. 고압 분기회로를 저압 직류배전으로 대체함으로

LUT에서 실증시험을 추진하고 있는 직류배전망은 ±750Vdc를 배전 표준전압으로 채택하고 있으며, 그림 4와 같이 배전용 변압기 2차 측에서 직류전원을 공급한다.

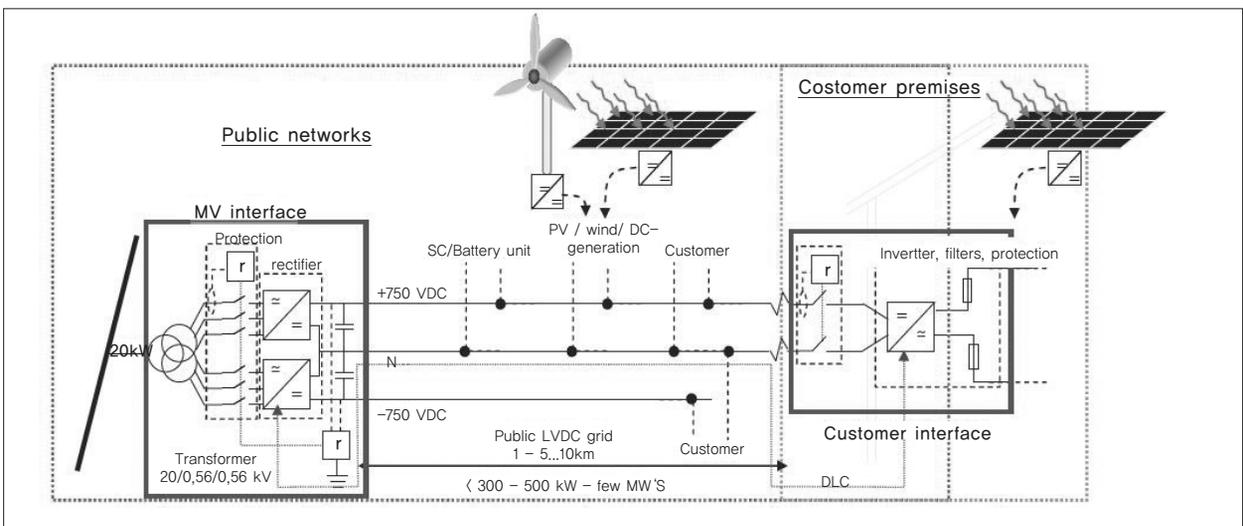


그림 4. LVDC 시스템의 레이아웃(출처:LUT)

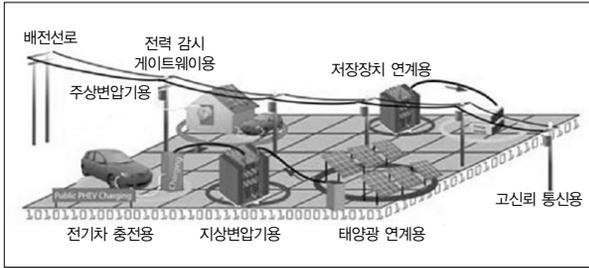


그림 5. 반도체 응용변압기 적용개념도 (출처:EPRI)

현재 이 방법으로 20kV 고압 분기선의 일부를 직류 배전망으로 대체하기 위한 연구를 진행 중이다.

저압 직류배전시스템의 경제적인 적용 가능 범위는 2~4km/60kW로 저전력 선로 대체용으로 활용 가능한 것으로 분석되었다. 그리고 직류배전망에 대한 경제성 평가, 고장분석, 보호 및 안전에 대한 연구를 수행하고, 기반기술에 대한 검토를 마친 상태이다. 또한, 핀란드 Vattenfall사와 ABB에서도 LVDC 시스템 최적 네트워크 설계, 전력변환기 효율 향상 및 제어알고리즘 개발 연구와 농어촌 선로를 대상으로 한 직류배전 실증 연구를 수행할 예정이다.

한편, EPRI에서는 직류전원공급과 신재생에너지원 및 전기자동차 충전기 연계를 위해 8kV 교류입력에 대해 교류·직류·고주파 출력이 가능한 전력용 반도체 응용변압기를 개발하였으며, 현재는 입력전압 10kV급 반도체 응용변압기를 개발 중에 있다.

3. 전망

현재까지 직류전원의 수요는 IDC(Internet Data Center)나 분산전원 연계 등 특정부문에 국한되어 나타나고 있으므로 기존의 교류망이 한 번에 모두 직류 배전으로 전환될 가능성은 크지 않다. 그러므로 직류배전의

적용도 기존 교류망을 기본으로 하면서 적용 개소를 점진적으로 확대하는 방법으로 추진하는 것이 타당하다. 그러나 전기자동차의 보급과 오피스빌딩이나 일반수용가에서의 직류전원 수요가 급증할 경우에 대비하여 관련 기술과 제도적 사항을 사전에 준비해야 할 것이다.

이런 관점에서 직류배전은 분산전원이 연계된 저압 네트워크인 마이크로 그리드에 먼저 적용하여 저압 직류배전망 구축 및 운영 기술을 개발하는 것이 선행될 필요가 있다. 이를 통해 직류배전과 관련한 기술적 문제를 해결한 후 저부하 고압선로의 직류배전선로 전환이나 대규모 분산전원 단지의 배전망 직류연계 및 고품질 전력수요에 대한 공급 방식으로 저압 직류배전의 적용을 고려해 볼 수 있을 것이다. 그리고 직류배전을 채용할 경우 경제성이 확보되기 위해서 가장 중요한 부분은 전력변환기의 효율과 수명이다. 그러므로 전력변환기 성능 향상에 대한 연구가 중요하게 다루어져야 할 것이다. 또한, 전력사 측면에서 직류배전이 전 세계적으로 초기 단계에 있는 상황이므로 해외 관련 기관과 협력 사업을 추진하여, 향후 표준화가 되면 국내 적용 결과를 반영할 수 있도록 해야 할 것이다. KEA

[참고문헌]

- [1] Lauri KUMPULAINEN, "Vision of the future power system ? Distribution Network 2030", CIRED, 2007
- [2] Tero Kaipia, "Revolutionary electricity distribution system based on power electronics", LUT, 2009
- [3] Jukka LASSILA, "Potential and strategic role of power electronics in electricity distribution systems", CIRED, 2009
- [4] Pasi Salonen, "Protection scheme for an LVDC distribution system" CIRED, 2009
- [5] J. Niiranen, "Experiences from a back-to-back converter fed village microgrid", ISGT Europe, 2010
- [6] Arindam Maitra, "Intelligent universal transformer design and applications", CIRED, 2009
- [7] Toshifumi ISE, "Advantages and circuit configuration of a DC microgrid", Symposium on Microgrid, 2006