

전력 계통상에서 초고압 직류 전송설비 이용 시 특징에 관한 고찰

서민욱

LS 산전(주)

The study for the feature of HVDC(High Voltage Direct Current) in electric power system.

M.W. Sua

LSIS

ABSTRACT

본 논문에서는 초고압 직류 송전 설비가 전력 계통에 사용되었을 때 어떠한 특징이 있고, 그에 따른 장단점이 있는지에 대해 고찰 하고자 한다. 초고압 송전 설비의 특징들을 나열하고, 교류 송전 방식과 비교하여 장점과 단점에 대해서 알아보하고자 한다.

1. 서 론

기존의 교류 송전 방식은 발전소에서 최종 부하까지 각 송전 구간에서 요구 되는 교류 전압을 변성 시켜 변압기를 통하여 승압 혹은 강압을 통해 필요한 전압을 얻는 방식이다. 이에 반해 직류 송전 방식이란 초 고압의 직류 전압에 의해 초 장거리의 송전에 적합하도록 한 방식이며, 계통 연계, 분리 등에 사용할 수 있으며, 시스템 상에서의 밸브에 해당하는 곳은 Thyristor 및 IGBT 소자를 이용한다. 교류 전송에 비해 효율이 좋으며, 유전체 손실이 적다. 하지만 초기 설비에 대한 비용이 높고, 특정 거리 이상의 송전 구간이 확보 되어야만, 그 효력을 발휘한다. 또한, 비동기 교류 시스템의 연계에서는 HVDC가 거의 유일한 대안이다. 에너지의 효율성 및 안전성을 위해서, 지역간, 국가간, 전력 계통 연계시, 서로 다른 주파수를 사용하는 계통, 즉, 비동기 전력계통 연계에 대해서, HVDC는 주파수와 무관하므로 비동기 교류 시스템 연계 문제를 해결할 수 있다. 예컨대, 일본의 동/서부가 50Hz/ 60Hz 로 나뉘어 있으나, 이를 HVDC로 극복할 수 있다. 그 밖에 직류 송전 방식은 전력 손실이 적고 교류 송전에 비해 전압이 낮아 절연이 용이하고 유도 장애가 적어 송전탑의 크기와 높이도 줄일 수 있다.

2. 본 론

2.1 HVDC 시스템의 장점



<그림 1> HVDC 시스템의 개요

<그림 1>은 HVDC 시스템의 계통 개요를 표현한 그림이다. HVDC는 같은 실효값의 AC 전압에 비하여 전압의 최대치가 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 배 이므로 경제적으로 절연할 수 있다. 이는 철타의 소형화, 애자 개수, 기기 절연 저감 등으로 이루어져 저비용 절연을 실현할 수 있다. 또한 직류 전송의 경우 교류 전송과는 달리 주파수가 0 이므로, 누설전류에 의한 유전체 손실이 없다. 보통, 표피효과는 전선의 중심으로 갈수록 전류 밀도가 낮아져 전류가 전선의 바깥쪽으로 흐르는 현상인데, 표피효과가 심하면 저항이 증가하는 효과가 발생하여 손실이 증가하고 송전효율이 저하된다. 하지만 표피현상의 깊이를 $\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi f k \mu}}$ 라 하면, 직류 송전에서는 $f = 0$ 이므로 표피 깊이 δ 가 무한대 이므로, 표피효과가 나타나지 않는다. 직류에서는 $X_c = \frac{1}{2\pi f c}$ 에서 $f = 0$ 이므로 리액턴스 X_c 가 무한대가 되어 대기 정전용량의 영향을 받지 않는다. 따라서, 충전전류가 없으므로 자기 여자 현상 및 대기 정전용량에 의한 페란티 현상이 발생하지 않는다. 더욱이 무효전력이 필요치 않다. 즉 $Q = VI \sin \theta$ 에서 역률이 1이므로 $\sin \theta = 0$ 가 된다. 역률이 1이고, 무효전력 손실이 발생하지 않고, 표피효과에 의한 손실, 유전체 손실 등이 없으므로, 직류 전송에서는 송전효

율이 높다. 교류 송전 용량에서 나타나는 리액턴스, 혹은 위상각의 영향을 받지 않으므로, 직류 송전에서는 안정도가 향상된다. 다른 주파수 계통간의 비동기 연계가 가능하다. 직류로 계통을 연계할 경우 단락 용량의 증가가 발생하지 않아 고장 전류가 제한되고, 차단기 용량이 커지지 않는다. 덧붙여, 대규모 신 재생 에너지원의 계통연계를 원활하게 할 수 있다.

2.2 HVDC 시스템의 단점

HVDC 또한 장점만이 존재하는 것이 아니다 HVDC 시스템 적용시 고려해 봐야 할 단점은 어떠한 것들이 있는지 알아보도록 한다. 변환장치의 무효전력 소비가 유효전력의 50 ~ 60%로 무효전력 보상 비용이 크다. 변환설비의 싸이리스터 소자에서 발생하는 고조파에 대한 대책이 필요하다. 변환장치가 고가이므로 단거리, 소용량 송전의 경우는 비 경제적이다. 또한, 교류송전과 같이 전류영점이 존재하지 않아 고장 전류의 차단이 어렵고, 차단기 용량이 커진다. 보호 계전 방식과 차단기에 대한 높은 신뢰도가 요구 된다. 즉 비용증가가 발생된다. 더욱이 전압 변성이 어려워 자유도가 낮다. 변환 설비에서 ON-OFF 시 발생하는 고주파로 인한 라디오 주파수대의 잡음 발생을 방지하기 위한 블록 장치가 필요하다. 해저 케이블의 경우 해상 제작으로 인해 케이블 제작비용이 높아지고, 해저케이블 설치 후 보호장치를 설치해야 한다. 해저 케이블의 경우 해상 제작으로 인해 케이블 제작비용이 비싸지고, 해저 케이블 설치 후 보호 장치를 설치해야 한다. 대지 귀로 또는 해수귀로 방식의 경우 가스관, 수도관 등 금속관의 전식 문제, 통신선 또는 신호선의 유도 장애, 선박 나침반에 대한 악영향 등의 문제가 발생할 가능성이 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 HVDC의 특징 및 장, 단점들을 고찰 해 봄으로써, 향후 HVDC 도입 할 때 검토해 보아야 할 사항들을 둘러보았다. 이러한 고려 사항들을 바탕으로 상황 여건에 맞추어 도입 평가 시 조금 더 신중을 기할 수 있지 않을까 생각한다.

참 고 문 헌

- [1] 송배전 공학 : 송길영 저, 동일 출판사
- [2] 전기자기학 : 임현찬 저, 동일 출판사