

021 ±500kV HVDC 송전선로 운영 및 환경영향 평가기술 개발

전기환경연구센터 | 주문노

○ 본 기술은 국내 전력계통이 당면하고 있는 초고압 대용량 송전수요 해결 및 사회적 수용성을 제고하기 위하여 직류송전 적용이 확대되고 있음. 본 연구는 이 경우에 필연적으로 발생하는 AC/DC 하이브리드(AC-DC 병가 및 병행선로) 송전선로에 대한 기술적 해결방안도 제시한 기술임

기술개념 및 구성

기술개념
 ▶ 국내 전력계통이 당면하고 있는 초고압 대용량 송전수요 해결 및 사회적 수용성을 제고하기 위하여 직류송전 적용이 확대되고 있음. 본 연구는 이 경우에 필연적으로 발생하는 AC/DC 하이브리드(AC-DC 병가 및 병행선로) 송전선로에 대한 기술적 해결방안 제시.

기술의 구성도

- AC/DC Hybrid 선로 전기환경장해평가
- 직류애자 오손도 평가(장기실험)
- AC/DC Hybrid 선로 전기환경장해 SW 개발
- HVDC 전기환경장해 홍보책자 발간
- 500kV HVDC 직류선로용 송전기자재 개발
- 500kV HVDC 가공송전선로 활선공법 개발
- 500kV HVDC 가공선로 불량애자 검출방안 제시
- AC/DC 병행선로 절연설계 기술
- AC/DC 병행선로 해석모델 개발 및 유도현상 계통해석
- 500kV HVDC 케이블 장기신뢰성 실증시험장 구축 및 MI-PPLP(Polypropylene laminated paper) 케이블 시험평가 기술정립

1. 기술 개요

- 기술개발의 필요성**
- ▶ 세계 최초의 도체궤로방식의 ±500kV HVDC Double Bipole 송전선로를 효율적으로 운용하기 위한 운용제반기술, 전기환경장해 평가기술 및 관련 기자재 개발 필요.
 - ▶ 전력수요 증가율의 감소 및 송전인지 확보의 어려움으로 발전원보다는 원활한 대용량 친환경 송전방식 채용에 대한 중요성이 급격히 부각되고 있음.
 - ▶ 국민소득 증가와 환경의식의 향상으로 쾌적한 환경수요가 급증하고 있으며, 에너지 서비스의 편의성 및 쾌적성 확보를 위한 전력설비 환경기술 대응방안 수립이 필요함.
 - ▶ AC/DC 송전선로 병행/병가시 전기환경장해, 애자전 설각특성은 순수한 AC 혹은 DC 선로와는 상이한 특성을 나타냄. 이러한 현상을 고려한 병행/병가선로의 친환경 설계가 필요.

2. 기술 내용

- 기술의 특징**
- ▶ 기술의 특징점
 - 국내 ±500kV DC 선로 적용에서 발생하는 교류/직류 병가 또는 병행 등 특수한 선로 형태에 대한 현장 문제를 해결할 수 있는 설계기술을 제공하고자 함

- 국내에서 적용하고자 하는 DC±500kV 송전루트에서 필연적으로 발생하는 ±DC500kV/AC765kV 하이브리드 형 AC-DC 병가/병행선로에 대한 정전/전자 유도현상과 절연기술을 개발하고 최종적으로는 설계기준(안)을 수립하고자 함.
 - 직류 2회선 송전선로 및 하이브리드 송전선로의 친환경대책 설계기술
 - 직류 500kV 가공선로 유지보수 기술
 - 직류선로 작업자 전기적 안전성 대책기술
 - 직류 500kV 가공선로 활선공법(live working) 기술
 - 직류 500kV 직류선로 불량애자 검출기법
 - HVDC 케이블 인증시험 설비 구축 및 국내 운전환경 고려 시험평가 기술
- 경쟁기술과 차별성**
- ▶ 국내외 유사·경쟁 기술 현황
 - 외국의 경우 이미 60년대부터 직류송전을 시작하여 직류송전설비와 관련된 기반기술이 확보된 상태이며, 세계 시장에서 ABB, SIMENS, AL-STOM 등 메이저 기업들이 독점하고 있는 실정임.
 - [AC/DC 병가철탄] 병가철탄의 경우에는 해외에서도 이론적인 검토는 되었지만 실제 대용량 선로에 적용한 경험은 미미함. 유럽과 미국 등 선진국에서 3각형 배열에 따른 AC-DC 연가선로에 대한 기초적인 검토는 되었지만, 국내와 같이 완전한 수직 2회선 배열로서 중성선이 있는 송전철탄에 대해서는 적용 경험이 없음. 미국 EPRI, 독일 ABB 등에서 해당 계통특성을 고려한 타당성을 검토하고 기본적인 설계기술을 개발하였음.

- [AC/DC 병행선로] AC-DC 병행선로에 대해서는 선진국에서 학계와 산업계를 중심으로 유도전압과 환경설계를 고려한 실 계통 검토를 하고 관련 규격이나 임의의 기준치를 활용하여 평가함. 하지만, 도체배열과 구성 사양 등에서 국내 적용방식과는 상이함.
- HVDC 가공선로 운영과 관련하여 유지보수 공법 및 장비 개발, 작업자 보호복 개발, 애자 오손도 측정기술, 직류선로 활선공법, 직류애자 세정기술 등 다양한 운영기술이 개발되어 활용되고 있는 상황임.



<해외 HVDC 가공선로 유지보수 작업 예시>

3. 기술의 시장성

- 기술 응용분야 및 제품**
- HVDC는 일반적으로 발전소에서 생산되는 교류전력을 사이리스터, IGBT 등의 반도체 소자를 이용하여 직류로 변환시켜 송전(가공, 지중, 해저)한 후 수전 점에서 교류로 재 변환하여 전력을 공급하는 방식
 - 장거리 대용량 및 해저케이블 송전, 국가 간 전력 및 신재생 계통 연계

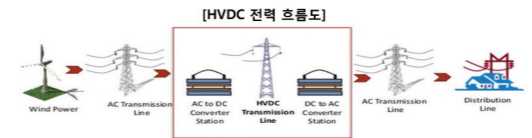


시장이슈

- HVDC 기술을 이용한 아프리카, 아시아, 유럽 등 국가 간 계통연계로 전력용통을 통한 전력계통 신뢰성과 경제성 추구의 슈퍼그리드 기술이 주도하고 있음
- 2050년까지 세계적인 슈퍼그리드를 구축할 예정이며, 특히 유럽 중심의 해저케이블 국가 간 HVDC 계통연계에 대한 투자가 집중될 것으로 전망됨
- 현재 HVDC 제작 및 건설은 ABB, SIMENS, GE 등이 시장을 주도하고 있으며, 일본의 Toshiba, Hitachi, 중국의 XD, CEPRI 등이 해외진출을 시도 중에 있음

Supply chain

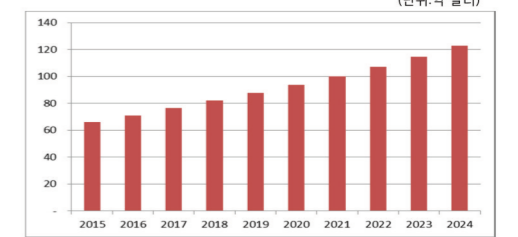
- HVDC 전력흐름은 발전회사에서 생산된 교류전력을 변환소에서 대용량 정류기를 사용하여 직류로 변환하고, 케이블을 통해 직류송전하며 변환소에서 다시 교류전력을 재변환해 고객에게 보내짐



수요전망

- 현재 HVDC 시장은 고전압 대용량의 변환설비(±500kV, 1,000MW)가 개발되는 추세이며, 저탄소 녹색 성장을 위한 대규모 전력망을 구축하는 국가 간 연계사업 및 해상풍력 등 신재생 계통연계 사업 등으로 HVDC 수요 급증이 전망됨
- 세계 고압직류 송전(HVDC 송전) 시장은 2018년 82억 달러에서 2024년까지 123억 달러 규모로 6.9%의 연평균 성장률로 성장할 전망이다

[세계 HVDC 송전 시장]



자료: HVDC Transmission Market by Component, MarketsandMarkets, 2019

4. 주요 연구성과

- 기술의 완성도**
- ▶ TRL 8수준의 기술완성도 단계 : 시제품 인증 및 표준화
 - ▶ 개발 기술 범위 : ±500kV HVDC 송전선로 운영 및 환경영향 평가기술 개발
 - AC/DC 병행 및 병가 송전선로 전기환경장해평가
 - 직류애자 오손도 평가
 - AC/DC 병행선로 해석모델 개발 및 유도현상 계통해석
 - 500kV HVDC 가공송전선로 송전기자재 개발 및 운영기술 확보
 - ▶ 기술개발 완료 시기
 - AC/DC 병가선로 절연설계 분석결과와 도출 및 최적설계(안) (2021)
 - AC/DC 병행선로 설계(안) (2021)
 - AC/DC 병행/병가 송전선로 전기환경 설계기준(안) (2021)
 - AC/DC 병행/병가 송전선로 전기환경장해 예측프로그램 (2021)
 - DC±500kV 애자세정 기준(안) (2021)
 - DC±500kV 가공선로 불량애자 검출기준(안) (2021)
 - DC±500kV 직류케이블 접속구간용 실드링 및 부속금구 설계 (안) (2021)

5. 기대 효과

- 기술 도입 효과**
- ▶ 경제적 효과
 - AC/DC 병가 및 병행 송전선로에 대한 친환경 최적설계를 통하여 철탄 크기를 최소화하며 이에 따른 투자 효율성을 증가.
 - 국내 중전기업체가 경험하지 못했던 HVDC 가공송전 분야의 기자재, 철탄 등 관련 업계의 수요 활성화를 촉진하고 향후 국내수요 확대 및 동북아 계통연계 등 해외시장 진출 가능성을 도모할 수 있음.
 - 국내 케이블 3사를 대표로 한 HVDC 케이블 시스템 국산화로 전력설비 수입대체 및 해외시장 진출 기반을 마련하여 국내 기업의 세계시장 점유율을 높임으로써 국가 경제에 상당한 효과가 있을 것으로 사료됨.

기술·산업적 파급 효과

- ▶ 기술적 파급 효과
 - 송전사업의 실행에 있어서 가장 큰 장애요인은 사회적 민원제기와 이에 따른 사회적 갈등의 확대 재생산으로 인한 투자비 증가와 사업기간 지연이다. 본 기술개발을 통하여 철탄 크기를 최소화하면 이러한 사회적 갈등요소를 최소화할 것으로 기대됨.
 - 송전급 지중설비의 장기신뢰성시험은 비용과 규모가 크기 때문에 단기 수익성 극대화를 목표로 하는 개발기업에 맡길 수 없음. 따라서 조성과정 과 균형발전을 고려하는 개발추진체계가 필요하며, 국가 및 공공기관 등 공공성을 띠는 단체가 적극적으로 나서 추진해야할 필수적인 분야임.
 - HVDC 기술개발을 통한 국내 기술수준 향상 및 전력산업 성장기반 확보함.