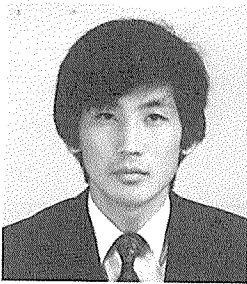


# UHV送電技術에서의 開發課題



韓國電氣研究所  
送變電研究室  
先任 李 亨 勸  
研究院

## I. 서론

국가가 경제 및 사회적으로 발전함에 따라 전력수요에 대한 양적 및 질적 요구가 커지는 것이 일반적이다. 국내의 경우에도 최근 이러한 현상이 두드러지게 나타나고 있어 전력수급에 불균형이 예상될 지경이다. 이러한 전력수요 증가에 대응하기 위해서는 전원개발이 무엇보다 중요하다고 할 수 있다.

그런데 전원개발이란 것은 본래 전력수요지에 근접하여 개발함으로써 지역적 수급균형을 이루는 형태로 추진되는 것이 바람직하나 환경문제, 전원입지 확보난 등으로 인해 전원은 수요중심지로 부터 멀리 떨어져 지역적으로 편재해서 개발될 수 밖에 없다. 이때문에 송전선은 대용량, 장거리화가 되며, 이러한 현상은 앞으로 더욱 심각해질 것이다.

송전선로의 대용량, 장거리화 현상은 계통의 안정도를 저하시키며, 계통의 확대 및 전원 집중화에 의한 단락, 지락전류의 증가 등의 문제를 야기시킨다. 따라서 이러한 문제를 해결할 수 있는 방안이 UHV

(Ultra High Voltage) 송전이다.

UHV송전은 이와같은 문제를 해결함과 동시에 송전손실 저감 및 송전선로 경과지 확보의 어려움을 덜어줄 수 있는 송전방식으로서 국내에서도 이의 적용에 대해 수년전부터 검토되어 왔으며, 차기 UHV 송전으로는 800(kV)급이 적합한 것으로 보고 있고 이의 건설을 위해 다각적인 연구가 추진중에 있다.

따라서 국내에서도 머지않아 UHV송전선로가 건설될 계획임에 따라 본 내용에서도 이에 비추어 간단하게나마 UHV송전을 위해 개발되어야 할 주요 개발과제에 대해 서술하고자 한다.

## II. UHV송전기술의 현황

UHV송전은 장거리 대전력 송전에 적합하며 특히 교류송전인 경우에는 계통의 안정도 향상, 단락전류 대책 등에 유효하고, 송전선로의 소요경과지가 적고, 송전손실을 저감시킬 수 있는 등의 효율적인 송전방식이므로 세계각국에서 실용화를 위한 연구가 추진되어 왔다.

현재 소련에서는 1,150(KV) 1회선 송전선로의 중동부지역에서 전력수요의 75%를 차지하고 있는 서부지역으로 많은 전력을 송전하고 있다. 이의 송전거

리는 아직 900km이나 최종적으로는 약 4,500km의 초장거리 송전선로가 될 계획이다.

일본의 경우 지난 1973년부터 전력회사, 제작사 및 연구소등의 꾸준한 연구 끝에 올 4월에 1,000(KV)급 송전선로가 완공되었으며, 앞으로는 이를 기간 송전계통으로 운용할 계획이다.

미국 역시 UHV송전에 대한 연구를 추진하여 왔으나 실용화에 있어서는 최근 전력수요의 신장이 낮아짐에 따라 2000년대 이후에나 필요한 것으로 보고 있다. 이밖에도 이태리, 브라질등 여러국가에서 대용량송전을 위한 수단으로 UHV교류 및 직류송전을 검토하고 있으며, 실용화를 위한 연구가 계속 추진중에 있다.

## III. 송전을 위한 주요 개발과제

### 1. 송전분야

UV송전은 일반적으로 외국의 경우 선간최고전압이 교류 1,000(KV)이상과 직류 +500(KV) 이상인 경우를 말하나 이의 정확한 구분은 없다. 따라서 국내의 경우 차기초고압으로서 800(KV)급 송전은 과히 UHV급이라 할 수 있다.

UHV송전을 위해서는 일반적으로 계획에서부터 건

표 1. UHV송전기술의 개발과제 개요

<p>*송전기술 분야</p>	<p>환경설계, 절연설계 검토에 의한 경제적인 철탍 구조개발 및 철탍축소화와 환경장해 최소화</p> <p>(1) 철탍규모 축소화</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 절연설계기술</li> <li>- 환경대책기술 확립</li> <li>- 금구류 설계</li> </ul> <p>(2) 철탍형식 선정</p> <p>(3) 철탍기초 설계의 합리화</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고강도 철탍부재 개발</li> <li>- 골조구조의 합리화</li> </ul> <p>(4) 기계적 설계하중의 설정</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 경과지의 풍압, 착빙설등 예측기술 수립</li> </ul>
-----------------	---

<p><b>*변전기술 분야</b></p>	<p>고신뢰도 변전기기개발, 변전기기 축소화 등의 기술개발</p> <p>(1) 기기개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- UHV용 고성능 ZnO 피뢰기</li> <li>- GIS</li> <li>- 변압기 및 붓싱</li> </ul> <p>(2) 운전 보수기술 확립</p> <p>(3) 변전소 설계</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최적 유효면적 설계 및 기기배치의 합리화</li> <li>- 모선방식 결정</li> </ul> <p>(4) 감시제어보호시스템 개발</p>
------------------------	--

설, 운전, 보수등 여러가지의 기술적 과제를 해결해야 되는데 이의 개요를 보면 표 1과 같다.

**가. 절연설계기술**

계통에서 발생하는 과전압은 뇌격시 발생하는 과두장 수  $\mu s$  정도의 뇌써어지와 차단기의 개폐조작시나 지락고장 발생시에 나타나는 과두장 수백  $\mu s$ 의 개폐써어지 등 써어지성 과전압과 지락고장시 발생하는 건전상 과전압 등의 상용주파수에서 지속성적인 교류과전압으로 분류되는데, 결국 송전선설계에 있어서는 다음의 각각에 대해 보다 면밀한 해석을 함으로써 철탍의 축소화를 꾀할 수 있다.

- 단시간 교류과전압에 대한 절연설계
- 개폐써어지에 대한 절연설계
- 뇌써어지에 대한 절연설계

과거에는 써어지성 과전압에 대한 효과적인 해석수단이 없어서 모의회로를 구성하여 해석하는 아나로그시뮬레이션에 의존할 수 밖에 없었으며, 이는 정도면이나 사용방법에 있어 만족스럽지 못하였다. 그러나 미국 BPA(Boneville Power Administration)에서 EMTP(ElectroMagneticTransient Program)라고 하는 디지털시뮬레이션을 개발함에 따라 보다 정확한 써어지해석이 가능하였으며, 사용도 편리하여 현재에는 거의 EMTP에 의존하고 있는 실정이다.

또한 아나로그방식과 디지털방식을 병용하여 해석함으로써 보다 합리적인 절연설계를 할 수 있는데, 일본의 경우 1,000(KV)급 철탍설계시 아나로그방식

에서는 철탍높이가 143m로 계산되었으나, 디지털방식과 병용하여 계산한 결과 108m로 축소되었다는 보고도 있다.

이와같이 절연설계는 철탍규모를 축소화시킬 뿐만 아니라 계통전체의 절연협조 설계에도 중요한 해석기술이다.

**나. 환경대책기술**

환경대책으로는 크게 전기적인 환경영향과 경관영향을 들 수 있다. 전기적인 영향에는 전파장해(RIV, TVI)와 소음장해가 있으며, 이로부터 도체의 굵기와 소도체의 구성 등이 결정되는데 일반적으로 전파장해에 대해서는 수년전부터 국내에서도 폭넓게 연구되어져 왔다.

UHV철탍은 그 규모가 커서 송전선로의 경과지가 자연경관에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 이를 방지하기 위해서는 전선이나 철탍부재에 저명도화 기술을 도입함으로써 경관에 대한 영향을 줄일 수 있다. 이는 철탍부재의 표면에 화성처리를 함으로써 태양광에 의해 번쩍이는 것을 방지할 수 있고, 전선은 표면을 연마한 후 수증기등으로 색조를 떨어뜨려서 반사를 방지할 수 있는데, 이러한 기술개발을 통해 UHV선로 경과지가 주위환경과 조화를 이룰 수 있도록 할 필요가 있다.

**다. 금구류의 설계**

철탍의 높이는 전기적인 환경영향과 경간거리에

의해 결정되지만 철탐의 상하 암간의 거리와 암길이는 절연설계와 금구류의 구조에 의해 결정된다고 볼 수 있다. 일반적으로 애자장치의 전체 길이에서 금구류만의 길이는 대략 전체 길이의 15% 정도를 차지한다.

따라서 UHV철탐 설계시에는 금구류의 적절한 설계를 통해 철탐축소화를 꾀할 수 있는데 금구류 분야에서의 철탐규모 축소화를 위한 개발과제로는 다음과 같은 것을 들 수 있다.

- (1) 금구류용 고강도 재질 개발
- (2) 가공선로의 전기적 및 기계적 진동해석 기술

개발

(3) Pipe Type Jumper개발

(4) 새로운 연결금구 개발에 의한 애자장치 간소화

라. 철탐구조설계

먼저 외국의 UHV송전선로용 철탐을 보면 표 2와 같다. 국내의 경우 앞으로 800(KV)급 송전선로 건설시 철탐의 기본구조를 일본의 경우와 같이 수직 2회선 철탐으로 건설할 계획인데, 이는 효율적인 국토이용 및 대용량 전력수송 관점에서 유효한 철탐구조로 알려지고 있다.

표 2 외국 UHV용 철탐의 구조

국명	소 련	미 국		이탈리아	일 본
철탐 구조					
적용 선로	중동부-서부지역간 실선로	AEP / ASEA UHV시험선로	BPA의 Lyons 시험선	ENEL 시험선	동경전력
전압	1,150kV	1,500kV	1,100kV	1,050kV	1,000kV
도체 방식	外徑 25.2mm×8 導體	外徑 35.2mm×12 導體	外徑 42.2mm×8 導體	外徑 31.5mm×8 導體	外徑 34.2mm, 38.4mm×8 導體
철탐 부재	山形鋼	山形鋼	山形鋼	山形鋼	鋼管

송전선로 건설시 철탐의 기본구조를 일본의 경우와 같이 수직 2회선 철탐으로 건설할 계획인데, 이는 효율적인 국토이용 및 대용량 전력수송 관점에서 유효한 철탐구조로 알려지고 있다.

특히 수직 2회선 철탐인 경우에는 철탐의 기계적 강도를 충분히 유지하기 위해 콘크리트 강관철탐이 고려되기도 한다. UHV송전용 철탐을 개발하는데 있어 중요한 과제로는

- (1) 고강도 철탍부재 개발
- (2) 실규모 철탍에 대한 기계적 시험방법 개발 등이 있으며, 실제 설치장소의 특성에 맞는 합리적인 설계하중치를 예측하여 설계하는 기법이 중요하다.

**2. 변전기술 분야**

UHV변전부문에서 중요한 것은 무엇보다도 기기의 고신뢰성 및 절연설계 합리화등에 의한 기기의 축소화 기술, 제작비 절감을 들 수 있다. 이러한 것을 실현시키기 위해서는 저항차단방식, 고신뢰성 피뢰기, 고속재폐로방식 및 종합자동화 기술 도입 등 기존계통에는 없는 새로운 기술도입이 요구된다.

**가. 개발과제의 공통사항**

UHV기기의 경제적인 개발을 위해서는 단순히 기존계통에 대한 연장으로 생각하기보다는 UHV계통에 요구되는 고신뢰성, 변전소 입지조건에서 오는 특수성 등을 고려할 필요가 있다. 일반적으로 기기개발에 있어 기본적인 개념을 다음과 같이 고려할 수 있다.

(1) 전압에 비례해서 절연계급을 단순히 크게하는 것은 기기제작비가 막대하므로 대폭적인 절연저하를 피하여, 고신뢰성 피뢰기에 의한 과전압 억제와 계통의 썬어지 특성 해석을 면밀히 하여 합리적인 절연설계를 토대로 기기의 절연설계를 한다.

(2) UHV변전소는 당연 산간지역이나 변두리지역과 같은 곳에 입지되므로 공간 수송면 등을 고려하여 가능한 기기를 축소화하여 설계한다.

(3) UHV기기는 고전압 대응량화에 따른 전기적 및 기계적 스트레스를 크게 받게 되므로 기기설계시 이를 중요시 여겨 설계한다.

(4) UHV송전선은 매우 중요한 선로가 될 것이므로 특히 사고시 기기보호가 중요함에 따라 종합적인 제어방식이 요구된다.

결국 이상과 같은 조건이 만족되도록 기기를 설계해야 할 것이다.

**나. 주요기기의 개발과제**

먼저 UHV변압기 개발시 주요 검토항목은 변압기의 축소화, 저소음화 그리고 운송제약에 따른 분할제작을 들 수 있다.

UHV변압기의 축소화를 위해서는 철심구조와 권선구조에 대한 재검토 및 복합절연기술 채택 등에 대

해 연구개발되어야 할 것이다. 또한 변압기의 소음 사양은 변전소의 환경조건에 의해 결정되지만, 어쨌든 저소음화를 위해서는 변압기의 기본설계에는 변함이 없이 외부방음 구조를 적절히 설계함으로써 대처해야 한다.

특히 UHV변압기 설계시 중요한 것은 수송문제이다. UHV변전소의 위치는 대부분 산간지역에 건설되므로 변압기 수송에 많은 제약이 따르게 되는데, 이는 분할제작을 하여 변전소에서 조립을 하는 수밖에 없다. 그러나 이 경우 변전소에서의 조립 완성 후 특성시험이 곤란함으로 UHV변압기의 경우에는 신뢰성 확보와 합리적인 조립방법 및 시험방법 등이 주요 개발과제이다.

UHV변전소에서는 송전선 인입구에서 변압기 단자 부까지의 충전부가 완전밀폐된 가스절연개폐장치(GIS)가 적용되는 것이 일반적인데, 송전선과 변전소의 합리적인 절연설계를 위해서는 GIS의 주요기기인 차단기나 단로기의 개폐써어지를 최대한 억제할 필요가 있다. 이를 위해 차단기는 기존의 345(KV)계통의 경우와 같이 저항차단방식 및 저항투입방식의 적용이 필요할 것으로 본다. 특히 차단기의 신뢰성 향상과 축소화를 위해서는 고신뢰성 저항차단부 지연구동 매카니즘 개발이 중요 과제이다.

단로기는 개극속도가 차단기에 비해 늦기 때문에 충전전류 차단과정에서 급준한 썬어지를 발생시키며, 이는 운전전압의 대략 2-3배 정도의 과전압이 된다. 따라서 단로기에서의 이런 현상을 줄이기 위해서는 단로기 개폐시 극간에 차단기와 같이 저항을 삽입하는 저항부 단로기가 검토될 수 있는데, 이는 썬어지역제 효과는 좋지만 저항체에 높은 전압이 가해지기 때문에 단로기 축소화에 문제가 된다.

따라서 GIS에서 발생하는 썬어지 억제 한도의 설정과 단로기 저항체의 절연설계를 종합적으로 고려한 설계방법이 중요한 UHV급 GIS 개발과제중의 하나이다.

이밖에도 절연설계상 주요기기인 피뢰기 개발, 송전선로 사고시 재폐로를 위한 접지장치 개발 및 붓싱 개발 등이 UHV송전을 위해 개발되어야 할 주요 기기들이다.

#### IV. 결론

국내에도 머지않아 UHV급 765(KV) 송전선로를 계획하고 있음에 비추어 간단하게나마 UHV송전을 위해 개발되어야 할 주요 과제에 대해 서술하였다.

현재 국내에서도 다각적으로 765(KV)송전을 위해 연구중에 있는 것으로 알고 있는데 이번 국내에서의 송전전압 격상에 있어서는 가급적 외국기술의 도입을 억제하고 국내기술을 향상시킨다는 의미에서 적절한 설비투자과 연구소 및 각 산업계에서의 노력으로 UHV송전에 대한 국내기술의 의존도를 향상시킬 필요가 있다.

발길은 일터로 눈길은 세계로