



미래 에너지공급과 초전도기술

□ 류강식 / 과기부 초전도응용기술개발사업단장

인류는 고대로부터 생명유지와 문명을 발전시키는 과정에서 에너지를 사용해 왔으며, 향후에도 그러할 것이다. 현대사회에서 경제성장과 에너지수요는 밀접한 상관관계를 가지며, 통상적으로 1% 경제성장을 위해서는 1% 이상의 에너지소비증가가 필요한 것으로 알려져 있다(iron law of energy demand). 미국 에너지성(DOE: Department of Energy) 통계에 의하면 인구증가와 경제성장으로 전 세계의 에너지 수요는 2001년 대비 2030년에는 2배가 되며, 2100년에는 4~5배가 될 것으로 추정하고 있다. 전 세계적으로 미래 선진 IT 사회의 기본 동력원인 전력은 고급에너지로서의 사용 편리성 때문에 소비의 절대량과 전체 에너지 대비 점유율이 지속적으로 증가하는 것이 보편적인 추세이다.

세계 각국의 21C 에너지산업 정책기조는 공통적으로 두 가지 요소를 지니고 있다. 첫 번째는 자원전쟁이라는 말로 압축되듯이 에너지자원 확보와 안정적인 에너지공급을 위한 정책이다. 에너지자원 확보를 위해서 국제정치 역학관계도 재편되고 있고, 국지전도 불사하고 있는 실정이다. 중동지역을 대표적인 예로 들 수 있다. 두 번째는 국가적 사안으로 에너지산업의 친환경, 고품질, 고효율화를 추진하고 있다. 이는 지속가능발전전략(Sustainable Development Strategy)의 일환이다.

전력은 5대 1차 에너지(석유, 석탄, 가스, 수력, 원자

력)를 가공하여 생산하는 것으로 사용이 편리하고, IT 기반 디지털 첨단사회를 받치는 가장 중요한 에너지원이다. 전력에너지의 공급 안정성은 기본적으로 1차 에너지의 수급에 달려있으며, 발전분야와 송배전분야의 효율성 제고에 달려 있다. 선진국일수록 기본적인 에너지육구와 더불어 환경보호육구가 동시에 증대되고 있다. 선진국에서 에너지 수요는 포화되는 추세이지만, 전력에너지의 비중은 높아지고, 발전부문 보다는 송배전부문에 대한 투자가 증가하는 추세이다. 이는 우리나라의 경우에도 동일한 패턴을 나타내고 있다. 송배전부문에 대한 투자는 에너지효율성 제고(에너지 절약), 단위 송배전망당 수송능력 증대 및 환경친화분야에 집중되고 있다. 이는 에너지와 환경이 한 묶음이며, IT 사회에서 고신뢰성, 고효율의 고품질 전력공급을 정책목표로 하고 있다는 의미이다. 총체적으로 에너지 공급부문의 중요성은 포화되는 반면에, 에너지의 친환경화, 효율성제고가 중시되는 선진화가 진전되고 있음을 의미한다.

고온초전도기술(High Temperature Superconducting Technology)은 액체질소(LN2) 등을 냉매로 사용하여 초전도현상을 유지하는 기술로서, 수송, 의료, 전력, 환경 등 다양한 분야에서 적용 가능성이 연구되고 있다. 이 중에서 초전도전력기기는 상전도기기에 비해서 대용량화가 가능하고, 전력손실이 거의 없으며, 환경 친

화적이면서도 중량과 부피가 작다는 장점을 가지고 있다. 초전도전력기기는 두 가지 관점에서 21세기 전력 공급망에서 중추적인 역할을 담당할 것으로 기대되고 있다. 첫 번째는 초전도기술의 친환경, 대용량 특성을 대도심지역의 고밀도 집적부하망에 적용한 전력공급용이다. 두 번째는 초전도기술을 수소에너지 생산기술과 결합시켜 전기와 수소를 동시에 수송하고 소비하는 SuperGrid를 구축하는 것으로서, 수소냉매 초전도케이블 적용을 말한다. 국가 간을 넘어서 대륙 간 초대용량 전기/수소에너지 수송을 담당하는 Global Power Network 구상도 포함하고 있다.

첫 번째 사안은 대도심지역의 전력수요와 요구조건에 부합하기 위함이다. 국내 지중 송배전 분야를 살펴보면 대도심 지역의 고밀도 부하 집적화와 환경문제 등을 고려하여 지중케이블의 적용이 급격히 확대될 전망이다. 현재 154kV 선로 지중화율이 약 7% 수준에서 2010년경에는 12% 이상으로 증가할 전망이다. 지중배전선로 역시 동일한 경향이다. 대도심의 경우 도시기능의 고도화에 의해 전력부하 밀도가 높아짐에 따라 지중 케이블의 대용량화가 불가피하지만, 회선당 송전용량 증대에는 한계가 있다. 복수회선 포설은 과밀화된 도심부에서 부지를 확보하는 데에 어려운 문제가 있고, 다회선 포설시 이에 따른 토목 공사비의 과중한 부담 때문에 어려움에 직면하고 있다. 지중 케이블 용량의 한계와 다회선 포설에 따라서 지속적인 도심내의

변전소 신, 증설도 필요해진다. 이는 전체적인 전력공급 비용 증가는 물론이고 민원문제와 도심내 지중선로 입지 및 변전소 부지 등 환경적인 측면에서도 부정적 영향을 미친다. 미래 대도심지역의 송배전망에서 예상되는 문제점을 해소하고 선진 IT 사회에 적합한 경제적이고 고신뢰성의 전력공급을 위한 대안으로 초전도케이블/변압기/한류기의 도입 필요성이 높아지고 있으며, 관련 초전도전력기기 개발이 진행 중이다.

두 번째 사안은 초전도기술과 수소에너지 기술의 결합을 통해 큰 시너지효과를 기대하는 내용이다. 수소에너지는 초전도 전력기기의 냉매로서 작용하며, 고온 초전도케이블은 수소에너지의 수송수단으로 활용된다. 이러한 HTS/LH₂ SuperGrid는 환경친화적이며, 대용량화가 쉽고, 경제성이 높으며, 기술적 특성이 우수하므로, 장기적인 안목에서 21세기 미래 에너지문제를 해결할 수 있는 획기적인 기술로 평가되고 있다. 2001년 11월 미국 원자력협회 회의에서 Chauncey Starr은 그림 1과 같은 HTS/LH₂ SuperGrid 계획을 제안하였는데, 이는 미 대륙 전체를 HTS/LH₂ 네트워크로 연결하는 대용량 에너지 고속도로망을 구축하는 방안이다. 대용량 에너지 고속도로망은 1)미국 전체지역을 연결하는 Backbone으로서 HTS/LH₂ SuperGrid, 2)소지역 내의 전력유통을 담당하는 HTS/LH₂ RegionGrid, 3)분산전원과 지능배전망을 수요자에 연결하는 CityGrid 등의 세 부분으로 구성된다. 다른 예로서 그림 2와 같

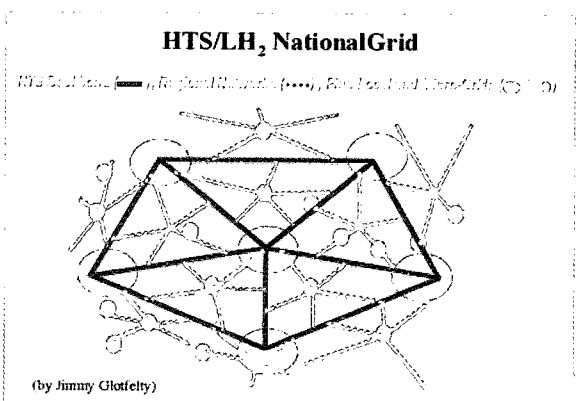
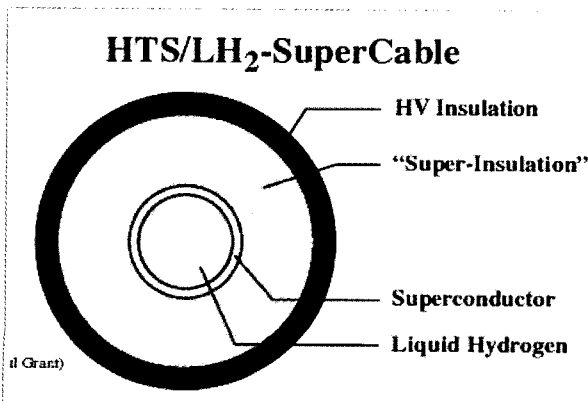


그림 1 미국의 HTS/LH₂ NationalGrid 구축방안 계획(안)

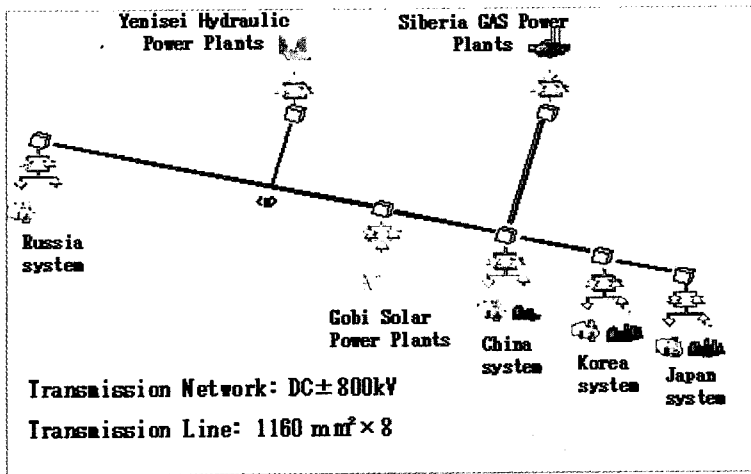


그림 2 전기/수소에너지 수송 Network (Silk Load Model)

은 HTS/LH₂ SuperGrid는 러시아를 경유하여 유럽과 아시아대륙을 연결하는 Silk Load Model 등이 구상되고 있다.

전 세계적으로 초전도 전력기기의 전력계통 적용은 먼 장래의 일이 아니라, 현실로 다가온 사안이다. 우리나라에서도 2001년도에 과학기술부 21세기 프론티어 연구개발사업으로 차세대초전도응용기술개발사업단(이하 초전도사업단)이 설립되어 현재 4대 초전도전력기기(케이블, 환류기, 변압기, 모터)의 Prototype을 개발하고, 일부 전력기기는 실증시험을 수행하고 있다. 향후 초전도 전력기기를 상용화하기 위해서는 제 2세대 초전도 선의 수율(production rate) 증대 및 cost down 공정기술, 접속기술 개발, 열적 켄치 문제, AC손실 저감 등 넘어야 할 많은 장벽이 있으나 현재 많은 기술적

난관을 성공적으로 극복하고 있으며, 2011년까지는 실용화 직전단계의 제품 개발과 실 계통 실증시험을 목표로 연구개발에 박차를 가하고 있다.

성공적인 초전도 전력기기 개발과 실 계통 적용을 위해서는 연구개발 외에 기기개발자와 수요자간의 긴밀한 협조가 요구된다. 특히, 전력산업계의 최대 수요자인 한전의 협조가 필수적인데, 우선적으로 초전도 전력기기 개발계획과 연동된 계통 적용계획이 장기 송변전 설비계

획에 포함되어야 한다. 전력설비 관리자 입장인 한전 으로서는 적용실적이 없는 초전도 전력기기를 장기 송변전 계획에 갑자기 포함시키기가 어려울 수 있다면 전력수급 기본계획안의 비확정적 발전설비 계획과 유사한 방식으로 초전도 전력기기 적용계획(안)을 장기 송변전 설비계획 내용 중에 후보(안)으로 제시할 수 있다고 본다.

본 기획시리즈에서는 국가 초전도전력기기 연구개발 사업의 이해를 도모하고 초전도전력기기의 계통도입을 촉진시키기 위해서 초전도사업단의 연구개발 현황 및 계획을 소개한 후 개발된 초전도 전력기기를 실 계통에 적용하기 위한 방안과 실증시험 계획을 설명하고 초전도기기의 미래시장 규모와 경제적가치 분석결과에 대해서 논하고자 한다.