

에너지절약기술개발에 있어서의 초전도전력기술의 역할

장 승 찬, 김 창 섭
에너지관리공단 R&D본부

1. 머리말

전기에너지는 사용의 편리함으로 인해 가정, 상업, 산업부문에서의 전력수요가 지속적인 증가추세 일로에 있고 에너지공급원인 화석연료의 97%이상을 외국에 의존하는 국내의 실정으로 볼 때 제한된 자원의 합리적 이용을 목적으로 국가적 관점에서의 에너지 절약기술개발에 대한 관심이 고조되고 있다. 전력소비 증가에 대한 자구책으로 전력공급설비의 확충(Supply Side Management)에 중점을 두어 발전설비의 증설에 주력해왔으나, 최근의 지역적 이기주의, 건설투자 재원확보의 어려움, 각종 규제가 강화되고 있는 환경문제 등의 해결책과 더불어 계획된 에너지 소비절약이 국가의 이익과 직결된다는 점에서 전력수요관리(Demand Side Management)의 필요성이 크게 부각되고 있다. 또한, 최근의 전력산업의 구조개편의 움직임 즉, 민자발전(IPP)의 도입과 전력회사의 민영화 등의 움직임과 에너지공급설비 확충문제(SSM) 및 수요의 효율적인 관리문제(DSM)를 병합추진코자하는 통합자원계획(IRP)의 움직임, OECD 가입에 따른 기후변화협약의 이행에 있어 급박해진 환경문제 그리고 IMF 금융지원하에서의 경제성장의 억제에 따른 에너지소비절약의 중요성 제고 등의 다중목적 해결하기 위한 기술개발 프로그램의 전개해야만 하는 시점에 도래해 있다.

국내의 전력생산에 투입되는 화석 에너지원은 1차에너지소비량의 약 17%(원자력 제외)를 점유하고 있으며 여기에 지출되는 연료비만 해도 연간 3조5천억원에 육박하고 있다. 따라서, 전기에너지의 효율적 이용을 목적으로 부하곡선을 바람직한 방향으로 개선하기 위해서는 수용가의 전력소비 형태를 바꾸려는 일련의 계획된 기술개발이 필요하며, 이를 위해서는 국가적관점에서 추진하여

야 할 전력이용설비의 효율향상을 통한 소비절약(End-Use Energy Efficiency)과 전력회사의 시스템 운용에 따른 부하관리(Load Management)에 대한 내용으로 구분하여 실행되어야 효과를 극대화 할 수가 있다.

전기에너지 절약기술개발의 목적은 기기 또는 시스템의 효율향상으로 인한 소비절약(Strategic Conservation)에 있으며, 이중 고효율, 고성능 및 고에너지밀도화를 꾀할수 있는 초전도기술이 향후 전력시스템 및 에너지이용상의 손실문제 및 이용기기의 소형경량화를 해결할 수 있는 수단으로 대두되고 있다. 초전도기술은 그간 재료개발 중심의 연구에 주력되었으나 전력기기, 산업용용기기에 접목하여 에너지이용효율의 향상과 기술의 고부가가치화 실현이 도래함에 따라 초전도 전력시스템의 구축과 각종 초전도 전력설비의 국산화 기술확보로 고 에너지 생성과 전력 손실의 절감을 도모할 수 있는 유력한 수단이 되었다.

초전도전력기술이라함은 어느 일정 온도 이하에서 전기저항이 제로가 됨으로서 컴팩트하고 고효율, 고성능, 경제성 있는 응용기기를 실현할 수 있는 초전도현상을 이용하여 향후 전력시스템 및 에너지의 문제를 해결할 수 있는 수단으로 활용하는 초전도응용기술을 말하며 저온초전도(액체헬륨 약 4K; LTS)와 고온초전도(액체질소 약 77K; HTS) 응용기술로 구분이 가능하다. 초전도기술의 도입에 따라 상전도기술로는 불가능했던 새로운 응용 즉, 초전도에너지저장장치(SMES)와 한류기(Fault Current Limiter) 등의 실용화가 가능하게 되었다.

이런 연유로 초전도기술 특히, 고온초전도 응용기술에 대한 연구는 표 1.1에서와 같이 여러분야에서 앞으로 그의 활용가능성과 경제성확보에 따른 개발제품 실용화에 많은 관심이 고조되고 있다.

표 1.1 초전도 기초기술 및 응용기술 활용분야

용 도	전력기기	산업응용	교 통
종 류	SMES, 변압기, 한류기, 발전기, 전력케이블, 전원공급장치 등	전동기, 반도체인상장치, 고토크 선형전동기, 전자야금 등	플라이휠저장, 자기부상, 전자추진 등
기초기술	초전도전자현상, 초전도재료, 선재화기술, 코일화기술, 안정화기술, 대용량화기술, 교류선재기술, 켈치보호기술, 고전류밀도화기술, 전력변환기술 등		

초전도전력기술은 SMES, 한류기에 도입되어 선진국에서는 상용화단계에 이르러 있으며, 변압기, 발전기, 전력케이블, 전동기 등에 대한 연구가 꾸준히 이루어지고 있다. 주요 개발관심이 되고 있는 초전도전력기기의 성능을 살펴보면 ① SMES는 저장효율이 높고, 유효전력과 무효전력의 독립제어가 가능하며, 고속응성 등의 장점으로 부터 부하평준화, 전력시스템의 안정화, 순시전압 보상기능을 가지고 있고 ② 초전도 한류기는 사고시에 임피던스를 증가시켜 전류를 억제하는 것이 가능하고, 정상시에는 리액턴스가 작아 전력시스템 안정도의 저하를 수반하지 않는다. ③ 초전도 변압기는 전류밀도가 높아 기존기와 동일한 크기로 대용량화 가능하고 상전도 부분과 결합기로서 필요하며 ④ 초전도 발전기는 발전효율이 향상(기존 대비 0.5~0.7% 향상)될 뿐만아니라 공심구조에 의한 고자속밀도 설계가 가능하여 대용량화가 가능하고 또한, 동기 리액턴스가 작아(기존대비 1/3~1/5) 한계송전전력을 증가시킬 수 있는 이외에도 발전기 단자전압의 변동억제가 가능하다. 더우기 진상영역의 출력확대가 가능하고, 무효전력의 공급능력이 증대된다. ⑤ 초전도 케이블은 정전용량이 작고, 대전류송전이 가능하며 저손실에 의한 저전압 송전이 가능하여 변전소의 생략 및 케이블의 절연설계의 간략화가 가능하다[2].

위에서 언급한 초전도전력기기를 전력시스템에 도입함으로써 얻을 수 있는 장점을 요약하면 현재 발전기, 변압기, 송전선에서 발생하는 7%정도의 손실이 초전도전력기기를 도입함으로써 인해 냉각시스템의 손실을 포함하여도 1/2정도 수준인 3.5%까지 감소시킴에 따른 에너지절약효과가 기대되어진다. 또한, 에너지이용의 고밀도화에 의해 동일용량일 때, 중량 및 크기가 현재기기의 1/2

이하로 줄이는 것이 가능하여 자원 및 공간 절약효과를 기대할 수 있으며, 절연유 등을 쓰지 않으므로 환경 문제를 일으키지 않는다는 잇점이 있다. 본 고에서는 전기에너지의 이용효율향상 관점에서 대두되는 초전도전력기술의 정책동향 및 국내외 기술개발 현황을 검토한 후 에너지절약기술개발에 있어서의 초전도전력기술의 역할 및 전망에 대해 간략하게 살펴보고자 한다.

2. 초전도전력 기술개발 정책동향

국내에서의 초전도 기술개발은 크게 정부(산업자원부, 과학기술부)와 초전도전력응용기술의 수혜자라 할 수 있는 한국전력공사에서 산발적으로 지원중이며, 산업자원부에서는 에너지절약기술개발사업으로 초전도전력기기의 실용화개발에 관심을 두고 있고, 과학기술부에서는 국책연구개발사업 중 고온초전도기술개발에 대한 기초, 원천기술의 확보에 주력하고 있으며, 한국전력공사와 정부출연연구소를 중심으로 초전도전력 응용기술 중 일부 전력기기의 시스템과 요소기술개발 중심으로 연구가 이루어져 왔다. 초전도전력기기는 산업자원부(당시 상공자원부)의 첨단기술로 고시하여 정부의 적극적인 개발의욕을 보인적이 있으나 LTS기술에 대한 기초기반과 경제성확보 측면에서의 불투명성으로 인해 실질적인 종합화 개발계획은 이루어지지 않았고, 과학기술부는 21세기를 향한 과학기술발전 장기계획에 초전도 저장 및 송전기술을 중점과제로 선정하였으나 체계적인 개발계획은 아직 미흡한 실정이다. 하지만, 경제성측면에서 우위를 확보할 수밖에 없는 HTS기술이 도래함에 따라 체계적인 기술개발이 재검토되고 있으며, 산업자원부에서는

특별기고

에너지이용효율 향상을 목적으로 '99년 현재 10kVA급 고온초전도 변압기, 1MJ급 μ SMES, 대전류 공급장치에 관한 기술개발을 추진하고 있다.

미국에서는 '88년 National Superconductivity and Competitiveness Act를 제정하여 ① 초전도 개발계획의 수립, ② 관련 정부 부처간의 역할의 규정, ③ 국제협력, ④ 산업계로의 기술이전의 촉진을 주요 내용으로 하고 각 정부부처에서는 ① 초전도 기술의 상업화에 필요한 재료 및 공정기술의 개발을 촉진하고, ② 민간기업과 대학 및 연구기관을 포함하는 컨소시움의 구성을 촉진하며, ③ OSTP (Office of Science and Technology Policy)는 DOC, DOE와 협력하여 초전도의 상업화를 위한 민간 부분의 장기적인 투자를 유도할 수 있는 정책을 개발하는 내용을 포함하였다. 그 결과 Superconductivity Partnership Initiative(SPI)

가 구성되었으며 SPI 산하에 컨소시움이 만들어져 전력기기 응용연구(고온초전도 환류기, 변압기, 모터, 송전 케이블 등)가 활발하게 진행되고 있다. 일본에서는 초전도 산업의원 연맹에 의한 정부 부처별 전문분야 육성방침하에 통산성에서는 New Sunshine 계획중 초전도전력응용 기술개발계획을 주력 분야로 선정하였으며, 운수성에서는 초전도 자기부상열차 개발계획을 수립하는 등 정부 부처, 대학, 연구소, 산업계가 유기적인 체제하에서 21세기에 초전도기술의 세계 주도권 확보의 전략적 차원에서 지원하고 있으며 특히, NEDO 지원하에 컨소시움으로 조직되고 설립된 ISTECS는 세계 최대 규모의 고온초전도 연구기관으로서 기초연구, 응용연구, 실용화에 이르기까지 미국과 동등한 수준에 있다. 표 2.1~2.3은 미국, 일본, 유럽을 중심으로한 초전도 R&D 지원 및 정책에 있어서의 차이를 비교한 것이다.

표 2.1 1995년의 초전도 연구개발비 (Million \$)

재 원	미국	일본	독일	프랑스	영국	EU
정부지원	200	214	70	20	25	n.a.
민간부담	n.a.	130	48	20	n.a.	n.a.
합계	200	334	118	40	25	20~30

표 2.2 미국, 일본 및 유럽의 초전도 연구개발 비교

구 분	미 국	일 본	유 럽
일반사항	<ul style="list-style-type: none"> 주력과제는 정부 주도 연구개발 범위가 넓고 세분류되어 있음 	<ul style="list-style-type: none"> 주력과제는 정부 주도 대형과제 중심으로 선정된 분야에 집중투자 	<ul style="list-style-type: none"> 대형과제는 별로 없음 주요과제는 EU 공동 추진
과제분류	<ul style="list-style-type: none"> 단기 및 중장기 	<ul style="list-style-type: none"> 장기 	<ul style="list-style-type: none"> 중장기
협동연구	<ul style="list-style-type: none"> 협동연구 활발 SPI, 컨소시움, CRADAs 	<ul style="list-style-type: none"> 협동연구 빈약 주로 정부 과제 	<ul style="list-style-type: none"> EU 프로그램으로서 미국과 협동연구 활발
기초연구	<ul style="list-style-type: none"> 지속적으로 지원 	<ul style="list-style-type: none"> 지원 빈약 	<ul style="list-style-type: none"> 적정수준으로 지원
응용연구	<ul style="list-style-type: none"> 매우 활발 	<ul style="list-style-type: none"> 활발 	<ul style="list-style-type: none"> 매우 활발
참여기업	<ul style="list-style-type: none"> 중소기업, 벤처기업 중심 	<ul style="list-style-type: none"> 대기업 중심 	<ul style="list-style-type: none"> 대기업 중심
기업이전	<ul style="list-style-type: none"> 활발 	<ul style="list-style-type: none"> 활발하지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> 활발하지 않음. 최근 벤처기업 대두
정부지원	<ul style="list-style-type: none"> 완만한 감소추세 	<ul style="list-style-type: none"> 큰 변동 없이 지속적 	<ul style="list-style-type: none"> 큰 변동 없으나 사업비 규모가 작음

표 2.3 미국, 일본 및 유럽의 초전도 연구개발 정책 현황

	지원 기관	주요 연구기관	초전도 연구개발의 특징
미국	NCS, DOE, DOD, DOC : 국립연구소 NSF : 대학 Consortium, CSAC	연구소(ANL, LANL, BNL, ORNL, NRL, NIST, CSE, TCSUH 등) 대학(MIT, Stanford 등), 기업(벤처)	<ul style="list-style-type: none"> 정부주도 R&D (정부 계획이 단기/중기적) 산학연 컨소시엄 CRADAs가 활발함 벤처기업의 활동이 활발(전자응용 주도) 최근에는 고온초전도 케이블, 고온초전도 wire/tape에 집중투자
일본	MITI, STA : 국립연구소 MOE : 대학 MOT, MPT	연구소(ETL, ISTEK, FED, NRIM, Super-GM, RTRI) 대학(Tokyo, Kyoto 등), 기업(Sumitomo 등)	<ul style="list-style-type: none"> 정부주도로 재료 및 기기 연구에 장기적인 투자 최근엔 응용연구에 투자 집중 대기업, 정부 협조하에 독립적 연구진행 재료가공 및 수송분야에서 주도적
독일	BMBF→VDI-TZ DFG, AFG, MPI 대학	연구소(FZK, KFA, MPI 등), 대학(Tubingen 등), 기업(Siemens, Hoechst, Vacuumschmelz, ABB 등)	<ul style="list-style-type: none"> 연방/주정부 산하기관에서 연구 기초적 R&D가 우선 주요 연구기관은 FZK, KFA 및 MPI 전자분야 연구가 활발
프랑스	MENSER 국립연구소 대학	연구소(CNRS, CEA 등), 대학(Paris 등), 기업(Alstom, Thomson 등)	<ul style="list-style-type: none"> 국립연구소와 대학에서의 기초연구 우선 기업참여는 일부에 국한되어 있음 최근 연구비 지원증가
영국	UK Supercon. Forum EPSRC → IRC, 대학 DTI → 기업 DERA → DRA	연구소(IRCS 등), 대학(Birmingham 등), 기업(Oxford, BISS 등)	<ul style="list-style-type: none"> 기초연구가 우선 DTI Project 종료로 응용연구 위축 기업의 R&D는 미온적 최근 연구비 지원증가
EU	(BRITE/EURAM Project)	n.a.	초전도 연구, 특히 응용연구 분야에서 유럽 국가들은 EU project에 의존하고 있으며, 대개의 연구는 기초 연구에 치중하고 있음

3. 국내외 기술개발 현황

국내에서는 한전 전력연구원, 한국전기연구원, 기초전력공학공동연구소 및 대학에서 UPS용 μ -SMES, power transformer, fault-current limiter, rotating machinery (sync. generator or motor), power cable 개발을 위한 연구가 진행되고 있으며, 국내의 연구역사('86년 시작)는 선진국에 비해 매우 짧을뿐만 아니라 연구인력 또한 대단히 적고(대학원생 및 고온초전도를 포함한 전체 연구인력 약 260명) 기술별 전문문화가 이루어지고 있지 않아 대부분 상용화를 위한 본격적인 연구보다는 핵심기술 확보 차원의 연구수준에 머물러 있는 실정이다

[3][4][5][6][7]. 초전도 전력응용을 위한 기반기술로서 초전도선의 개발이 필수적인데 직류응용을 위한 저온 초전도선(NbTi)의 기초적인 제조기술은 어느정도 이루어져 있으나, 전력응용을 위한 교류용 초전도선의 개발은 선진국에 비하여 아직 이루어지지 않고 있다. 고온초전도 선재 개발은 한국기계연구원, 한국전기연구원, 한국원자력기술연구소 등에서 추진되고있으며, 100m급 다심선재 개발 수준이고 고온초전도 벌크 재료연구에서 종자결정법으로 3cm정도의 벌크가 제작되어 소형 플라이휠 에너지저장장치에서의 자기부상 실험단계에 이르러 있다. 초전도 전력응용을 위한 또 하나의 기반기술로서 극저온 운용 및 극저온기기의 제작 및 운용기

특별기고

술을 들 수 있는데 아직 실험단계에서의 기초 운용기술 확보정도로 그치고 있다. 국내의 고온초전도 재료연구는 지금까지 주로 불성 등의 기초연구에 머물러 있으나, 향후 고온초전도 전력기기의 다심 선재, 고자장용 테입형 선재 등을 내용으로 한 응용연구가 활발할 것으로 기대된다.

선진국의 기술개발 동향을 살펴보면 각종 용도의 초전도선 상용화를 이룩하고 다양한 종류의 교류 및 직류용 초전도선을 상용화하고 있다. 초전도전력 응용기기인 SMES(소형 UPS용 또는 중형의 계통안정화용)를 비롯하여 일부 기기들은 실계통에 투입, 운전되고 있으며, 20년 이상의 각종 초전도 전력

응용기기 및 초전도 전력시스템을 구성하기 위한 연구를 진행하여 대부분의 핵심기술이 확보된 상태로서 실용화기 제작 및 운전 등의 실용화 연구에 주력하고 있다. 현재 발전기, 자석 등 고자기장이 필요한 기기에 는 저온초전도체(LTS) 중심으로, 그 외의 송전케이블 사고전류제한기, 변압기, 모터 등을 비롯한 각종 초전도 전력기기에는 고온초전도체(HTS) 응용을 중심으로 연구가 활발하게 진행되고 있다. 대표적인 초전도 전력기 기들의 국내외 기술개발 수준을 비교하면 표 3.1과 같고, 참고문헌[1]에서 조사된 각 국의 초전도전력기기 관련 연구개발(Ongoing Projects) 현황을 부록에 수록하였다.

표 3.1 초전도전력기기의 국내외 기술수준비교

분 야	선진국	국 내
SMES	(미국) 30MJ SMES, BPA Tacoma 변전소 시험, ASC/SI에서 μ -SMES의 국지 부하 보상용 상용화. (일본) 2000년초 실계통 적용을 목표로 '89년부터 50MJ급 SMES를 건설중	• '94년 계통안정화용 0.5MJ급 SMES 개발 (설계, 시험 : 국내, 제작 : 국외) • '95년부터 UPS용 μ -SMES 설계, 제작관련 요소기술 연구중 (0.7MJ급)
Power Transformers	(일본) 72kVA의 4권선 구조의 변압기 개발 (스위스) ABB는 HTS 선재를 써서 640kVA급 실계통 시험중	• 5~10 kVA급 소형 초전도 변압기 실험기 개발 • 100kVA LTS 3상변압기개발 연구중
Rotating Machinery	(일본) Super-GM의 70MVA급 발전기 시험중	• 20kVA급 발전기 제작 경험 및 1MVA급 개발 착수
Fault Current Limiters	(일본) 6.6kV/1.5kA급 유도형 FCL 개발완료 2000년초 실용화를 목표로 성능향상 및 대용량화 연구중 (미국) Lockheed-Martin 15kV, 765MVA급 개발중. (스위스) ABB는 1.2 MVA급 HTS FCL 제작시험	• 220V/100A급 FCL개발 (실험실단계)
Power Cables	(미국) '87년 3상 1,000MVA 송전용량을 갖는 100m 실증시험 케이블 개발, (일본) TEPCO/Sumitomo 등에서 50m의 66kV/0.1GVA급 HTS 케이블 시험중	• 154kV, 3GVA급 초전도케이블 개발 목표로 연구중(현재 중단)
Power Supply	(미국, 일본) Brushless 초전도 발전기 제작 (네덜란드) NMR 및 MRI의 안정화 전원장치로 실용화	• 소규모 Power Supply의 특성해석 및 설계기술 확보
고온초전도 응용	• 실용 고온초전도 선재개발을 위한 장치화, 기계적, 전기적 특성향상 연구중 (소용량단척 선재는 실용화에 접근) • 고온초전도 전류도입선 개발완료, 시판중 • UPS용 소형 Flywheel 및 모터 등의 적용을 위한 연구활발 (일본) 1.5T급 Bi-2223계 소형 magnet개발	• 고온초전도 선재화 중심으로 연구중 (선진국에 비해 현저히 낮은 수준)

4. 초전도전력기술의 역할 및 전망

에너지이용합리화법에 근거하여 산업자원부에서는 '92년부터 에너지기술개발 기본계획('92~'96)을 수립하여 에너지소비탄성치를 1이하로 하는 기술개발 목표로서 추진하였으며, 전기에너지절약을 위해 조명, 유도전동기, 소형열병합발전, 전력변환 그리고 심야전력이용기술 등의 분야를 대상으로 에너지자원특별회계, 한국전력공사 및 한국가스공사 출연자금으로서 단기 실용화 연구과제 중심의 연구개발 기획 및 지원을 통해 전기에너지부문 절약기술 기반을 구축하였다. 그간 기술개발 추진경험을 바탕으로 21세기를 대비한 보다 효과적인 추진전략을 수립하여 에너지절약기술의 국내 자립도를 높이고 에너지절약 목표잠재량의 확보를 통해 산업공정의 저비용 고효율 구조개혁에 일익을 담당하고자 에너지기술개발 10개년계획('97~2006년)을 수립, 시행중에 있으며, 이 중 전기에너지분야는 중점 4개(조명시스템, 전동기, 전동력응용, 소형열병합발전시스템) 및 일반 8개(전력변환, 초전도전력기술, 전열, 가전사무기기, 냉방냉장, 전력저장, 수용가 전력관리, DSM 정책 및 보급지원)의 세부분야로서 구분하여 절약효과 약 10%달성을

전도협회에서 2020년까지의 초전도시장 예측결과, 실용화시기는 '99년 또는 2000년초가 될 것으로 예상하였으며, 초전도전력기기 시장이 초전도 전체시장의 약 16~20%를 점유할 것으로 전망되고 있다. 초전도 전력응용기술의 실용화가 도래한 현재, 국내에서는 산업계의 참여가 필수적임에도 불구하고 막대한 설비투자의 위험성과 기술의 어려움, 막대한 미래기술로써의 인식 등으로 인해 기술개발의 참여에 매우 소극적인 것이 실용화 관점에서의 장애요인이 되고 있어, 체계적이고 준비된 개발계획 없이는 국내 초전도시장을 선진국에게 잠식당할 우려가 있다.

초전도는 극저온이라는 특수한 환경하에서 나타나는 현상이기 때문에 초전도전력기기의 개발에는 기기의 대규모화를 통한 scale merit이 생기는 방향으로 추진되어야 하나 경제성의 문제에 봉착되어 어려움이 있다. 초전도전력기술은 대규모화하는 것과 혁신적인 기술이라는 점에서 위험부담이 큰 연구개발이기 때문에 세부분야별로 차이는 있겠지만 민간기업이 자율적인 노력으로 개발해 나갈 수 있는 성격이 아니다. 따라서, 초전도전력기술 분야의 연구개발을 위해서는 국가적인 차원에서의 강력한 연구개발 목표의 설정을 통한 top-down방식의 추진과 더

표 4.1 초전도 전력응용기기 세계시장 규모예측(출처 : 국제 초전도협회)

시장 규모(단위 : 조원)	2000년	2010년	2020년
초전도 전체시장	7.0 ~ 10.6	52.8 ~ 79.2	132.0 ~ 173.0
초전도 전력응용시장	1.2 ~ 1.8	9.6 ~ 14.4	27.0 ~ 36.0

목표로 추진중이다.

초전도전력기술은 에너지절약기술개발에 있어서 국가 전 산업 및 공공복지에 미치는 기술개발 파급효과가 엄청난 부가가치형, 복합·대형기술임에 따라 향후 국제무대에 있어서도 경쟁력있는 기술로서의 도약이 요구되고 있다. 앞절에서도 언급하였지만 현재까지 국내의 초전도전력기술개발은 정부출연연구소 및 대학을 중심으로 하여 초전도기술의 산업응용을 전제로한 연구개발의 차원보다는 중·소규모의 원리입증적 수준의 개별기기 개발 및 소요기술 연구를 진행해왔다. 하지만, 표 4.1에서 보는바와 같이 국제 초

불어 점진적으로 관련기업의 참여를 유도하는 것이 바람직한 기술개발 절차로 여겨지며, 필요에 따라서는 국제 컨소시엄 등에 참여하여 뒤쳐져있는 기술정보의 공유를 통해 도약할수 있는 방안도 검토되어야 한다.

산업자원부와 에너지관리공단에서는 에너지절약 즉, 효율향상과 경제성확보에 초점을 둔 초전도 전력응용기기 개발에 주력할 계획으로 있으며, 현재까지의 개발성과와 가능성, 전문연구원 및 연구시설 확보수준, 전력시스템 도입과 개발제품 보급의 시의성 등을 고려하여 설비별로 중점개발기술과 기초요소기술로 분류하여 우선순위 및 연구규모를 결

특별기고

정하고, 각 설비별 연구개발 목표는 실용화 위주로 최종 및 단계별 개발목표와 연구범위를 정하되, 중간단계별 목적성 연구결과물을 설정하여 해당 참여기업에서 제작하게 함으로서 개발되는 기술들을 산업계로 이전될 수 있도록 유도하고자 한다. 각 설비별로 기술우위에 있는 선진기술국과 국제공동연구를 추진하는 방안도 고려하여 연구내용과 범위를 서로의 보유 또는 개발가능한 기술중심으로 상호필요에 의해 역할분담하는 것도 기술도약을 위한 한 방안이 될 수 있을 것이다.

에너지절약기술로서의 개발성공여부는 기존제품과의 철저한 경제성비교를 통해 에너지절약효과 및 환경영향 최소화를 획득하는데 있음을 주지하여야 하며, 초전도라는 신기술로서의 돌파구를 마련하기 위해서는 상용화에 관점을 둔 담당역할별 필요사항이 다음과 같이 고려될수 있는 바, 기술개발부문은 목표로 하는 상용화 대상제품에 대한 완벽한 시작품제작을 이루어가면서 제품으로서의 요망사항이 만족될수 있도록 연구목표에 대한 철저한 identification이 이루어져야 하며, 민간부문에서는 소규모 또는 틈새시장에 대한 관심 즉, 새로운 벤처사업을 겨냥할수 있는 모험심의 발로도 필요할 것이다. 또한, 정부에서는 장기적이고 지속적인 투자를 통해 개발된 신제품에 대한 우수성을 객관적으로 확보한 후 특수시장 즉, 초기시장의 창조에까지 관심을 두어 일관성있는 개발절차를 갖는다면 소기의 성과를 거두기에 충분할 것이다. 초전도기술이 21세기에 있어서 핵심기술로 부각되어 가고있는 현재의 상황에 적극적으로 대처하기 위해서는 철저한 관리체계 구축과 더불어 연구자의 소명감에서 비롯되는 개발기술에 대한 완성도를 높여 국산화기술에 대한 지속적인 신뢰감형성에 박차를 가해야 할 것이다.

참고문헌

1. R. F. Giese, Directory of Superconducting Device Projects Bearing upon the Electric Power Sector, IEA Cooperative Programme, Nov. 1997.
2. U. Balachandran et. al, "Superconductivity in Electric Power: A Special Report", IEEE

Spectrum Vol.34 No.7, July 1997.

3. 고온 초전도모터의 설계 및 제작에 관한 연구 (최종보고서), 산업자원부, 1998.
4. UPS용 SMES의 소형 초전도코일 및 전력변환기 요소기술개발(최종보고서), 산업자원부, 1998.
5. 100kVA 3상 초전도변압기 개발(최종보고서), 산업자원부, 1998.
6. 초전도 Power Supply 개발에 관한 연구(최종보고서), 산업자원부, 1998.
7. 에너지절약형 NbTi 초전도체 소자개발(최종보고서), 통상산업부, 1995.
8. 초전도 전력기술에의 응용, 월간 전기기술, Vol.34, No.4, 1997.

저자이력



장 승 찬

1969년 6월 30일생
1992년 홍익대 공대 전기제어공학과 졸업, 1995년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사), 1998년 동 대학원 전기공학과 박사수료, 1995년~1996년 생산기술연구원, 1996년~현재 에너지관리공단 R&D본부, 전기에너지팀



김창섭

1962년 1월 16일생
1984년 서울대 공대 전기공학과 졸업, 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사), 1990년 동 대학원 전기공학과(공학박), 1991년~현재 에너지관리공단 R&D본부, 기술기획팀장

부 록

A. SMES On-going Projects

국 가	수행기관	Device Type	Specification	Status
Finland	Tampere Univ.	HTS μ -SMES	160A/200V(5-10kJ)	Demo
Germany	EUS GmbH	HTS μ -SMES	100A/200V(8kJ)	Prototype
"	Forschungszentrum Karlsruhe	LTS μ -SMES	2,500A/6kV(220kJ)	First of kind
"	"	LTS μ -SMES	300A/700V(250kJ)	Demo
"	Tech. Univ. Muchen	LTS μ -SMES	1,830A/3,000V(1MJ)	Protptype
Israel	Bar-Ilan Univ.	HTS μ -SMES	100A/3x230V(1kJ)	"
Italy	ENEL Research	LTS μ -SMES	Med. Voltage(4MJ)	"
Japan	Kansai Electric	LTS μ -SMES	350A/400V(1.2MJ)	Exp. Device
"	Kyushu Electric	LTS μ -SMES	1kWh/1MW module	Prototype
"	Tokyo Univ.	LTS Toroid	20kA/2kV(100kWh)	"
Korea	Dankook Univ.	LTS μ -SMES	1,550A(0.5MJ)	"
"	KERI	LTS μ -SMES	2kA/380V(0.7MJ)	"
U.S.A	BWX Technologies, Inc.	LTS SMES	10.8kA/3,375V(1,800MJ)	Demo
"	Intermagnetics General Corp.	LTS μ -SMES	750kVA(6MJ)	Commercial
"	Superconductivity Inc.	LTS μ -SMES	1MW-class(2.5MJ)	"

B. Power Transformer On-going Projects

국 가	수행기관	Device Type	Specification	Status
Japan	Kyushu Univ.	1-phase, HTS	800kVA; goal 3-phase 20-40MVA device	Test Facility
Korea	EESRI	3-phase, LTS	160/320A, 440/220V (100kVA-class device)	Prototype
Switzerland	ABB Secheron	3-phase, HTS	12/866A, 18,720/420V (630kVA)	Prototype(Grid Connection)
U.S.A	Intermagnetics General Corp.	1-phase, HTS	125.5/251A, 13.8/6.9kV (1MVA)	Demonstration

특별기고

C. Rotating Machinery On-going Projects

국 가	수행기관	Device Type	Specification	Status
Japan	Super-GM	LTS field winding, generator	3-3.2kA, 200/400/1.250V (70MW class)	Experimental Machine
Korea	KERI	LTS field winding, generator	1kA/220V (1MW class)	Prototype
"	Younsei Univ.	HTS field winding, sync. motor	1HP class	"
U.K	Cambridge Univ.	HTS, BLDC motor	several kW class	"
U.S.A	General Electric	HTS generator (field winding only)	100MVA class	"
"	Naval Surface Warfare Center	HTS homopolar motor	400HP class motor	Demonstration Prototype
"	Rockwell Automation/Reliance Electric	HTS field winding, AC sync. motor	1,000 & 5,000HP	Prototype

D. Fault Current Limiter On-going Projects

국 가	수행기관	Device Type	Specification
Canada	Hydro Quebec	HTS Shielded Core	175A/600V(100kVA)
Germany	Siemens AG	HTS Resistive	100-200A/1kV(100kVA)
"	RWE Energie AG	HTS	Project just beginning
Israel	Ben Gurion Univ.	HTS Shielded Core	660A/15kV(10MVA)
Italy	CISE S.p.A	HTS Shielded Core	25A/160V(4kVA)
Japan	CRIEPI	HTS Shielded Core	400A/6kV(2.4MW)
"	TEPCO	LTS Resistive	8,000A/275-500kV (2.2-4GW)
Korea	Younsei Univ.	HTS Shielded Core	25A/220V(5kW)
Switzerland	ABB Corporate Research	HTS Shielded Core	10.5kV(1.2MVA)
U.K	EA Technology	HTS Resistive	400A/11kV(4.4MVA)
"	GEC Alstom	HTS Shielded Core	several kVA-class device
"	IRC in Superconductivity	HTS Resistive	3-5kVA-class device
U.S.A	Lockheed Martin	HTS Ind./Electronic	1.2kA/15kV-class (18MVA)

E. Power Cable On-going Projects

국 가	수행기관	Device Type	Specification	Status
Denmark	NKT Research Center	3-phase, HTS	30m, 10kV/2kA (34.6MVA) room-temp. dielectric	Prototype
Germany	Siemens AG	3-phase, HTS	50-100m, 400MVA/110kV, coaxial	Functional Model
Japan	Chubu Electric	3-phase, HTS	500m, 0.3-1GW, 77kV, coaxial	Prototype
"	Sumitomo Electric	3-phase, HTS	66kV, 0.5-1GVA, coaxial	"
"	Tokyo Electric	3-phase, HTS	66kV, 0.25-1GVA, coaxial	"
Korea	KERI	3-phase, LTS (Nb ₃ Sn)	11.3kA, 154kV(3GVA), coaxial	"
Switzerland	EPFL-CRPP	1-phase, HTS	2,500A/110kV(140MW) room-temp. dielectric	"
U.K	BICC Cables Ltd.	HTS	1-10kA/MV(0.2-1GVA), coaxial	"
U.S.A	Pirelli Cable	3-phase, HTS	2kA/115kV(400MVA) room-temp. dielectric	"
"	Southwire Co.	3-phase, HTS	30.5m, 1.25kA/12.5kV(27MVA)	"

F. Flywheel Energy Storage On-going Projects

국 가	수행기관	Device Type	Specification	Status
Germany	Forcshungszentrum Karlsruhe	Flywheel/HTS Bearing	300Wh, 10kVA @ 50,000rpm	Prototype
Italy	CISE S.p.A	"	15Wh @ 18,000rpm	"
Japan	Chubu Electric	"	1kWh module for 10MWh-class device	"
"	NEDO	"	Develop 10kWh-class device (target 10MWh-class device)	5-Year Plan
U.K	Cambridge Univ.	"	5kW	Prototype
U.S.A	Argonne NL	"	up to 20kWh/unit	Pre-Prototype
"	Houston Univ.	"	40kW/2kWh @ 60,000rpm	Prototype