

국책연구개발사업 기술수요 및 용도별
 시장수요 예측에 관한 연구
 -저손실·초고압 전기재료-

주관연구기관 : 한국과학기술원 과학기술정책연구소
 위탁연구기관 : 한국전기연구소

寄贈	
과학기술처	一九九二年十月十五日
과학기술처	贈
과학기술처	受

과 학 기 술 처

제 출 문

과학기술처장관 귀하

본 보고서를 “신에너지 분야 저손실·초고압 전기재료 국책연구개발사업 기술수요 및
용도별 시장 예측에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1992. 3.

주관연구기관명 : 한국과학기술원 과학기술정책연구소

총괄연구책임자 : 김 두 환

위탁연구기관명 : 한국전기연구소

위탁연구책임자 : 윤 문 수

요 약 문

I. 제 목

저손실·초고압 전기재료 연구개발사업 기술수요 및 용도별 시장예측에 관한 연구

II. 연구개발의 목적 및 중요성

전기에너지의 수요는 30년 이내에 현재의 4~5배 수준으로 격증이 예상되고 있으나 공급시설은 이러한 증가에 대응하기 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 생산된 전기의 손실을 줄일 수 있는 저손실 기기의 개발이나 초고압 송전에 대비한 초고압 기기 송전손실을 줄일 수 있는 케이블 등의 개발이 필요하다. 본 연구는 국책사업으로 추진하고 있는 저손실·초고압 전기재료 개발연구의 기술적 수요조사와 시장예측을 통하여 개발이 필요한 기술과 부품들의 기술성 및 경제성을 평가하며 국가주도형 사업으로서의 타당성을 평가하기 위하여 수행하였다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

본 연구는 저손실 초고압 전기재료의 기술적수요와 시장예측을 통하여 연구개발의 수행체계를 수립하기 위한 연구로서 저손실기기, 초고압기기, 신케이블 재료로 전기재료를 분류하여 국내외 기술동향을 기술하였으며 기술수준을 비교하여 필요기술을 제시하고 앞으로의 시장예측을 통하여 연구개발의 필요성을 제시하고자 하였다.

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

전력사업은 전기의 생산, 공급, 변화 등의 각 요소가 서로 연합하여 하나의 계통이 구성되는 사업으로 이에 포함되는 전기재료는 다양하게 구성되어 있어 그 수요나 시장예측이 매우 어려운 재료에 속한다.

본 연구에서는 저손실분야, 초고압분야, 신케이블 분야로 구분하여 기술동향과 수요예측을 하였다. 선진외국의 경우 전력사업에 막대한 예산을 투입하고 있으며 송전압력을 높이기 위한 연구를 계속하고 있다.

국내에서는 장기적인 투자가 필요한 전력사업에서도 근시안적인 투자와 소규모 투자만 이루어지고 있어 핵심기술에서는 선진기술과의 격차가 오히려 심화되고 있는 실정이다.

따라서 핵심기술의 개발을 위한 지속적이면서도 대규모의 연구투자가 필요하며 특히 기술 고도화를 위한 연구가 병행되어야 한다.

SUMMARY

I. Subject

A study on the technical demand and market prediction of research and development about electrical materials for low loss or high voltage apparatus

II. Object and importance of R&D

- Technical demand investigation related to low loss or high voltage apparatus
- Market prediction for effective performance of national project

III. Contents and Range

- Comparison of internal technical state to foreign technique
- Development trend investigation of the electrical materials for low loss or high voltage apparatus
- Demand prediction of electrical materials

IV. Results of investigation and proposal

Each year a substantial amount of funds has been appropriated for technical development on the low loss electrical apparatus, new functional cable etc. and increasing transmission voltage in advanced foreign countries.

Internal research on the electrical materials has been performed for small-scale development and short term project.

The technical gap between the advanced countries and our nation has been enlarged in the key technology.

Uprgrowth of technique can be made only when long term and consistent research on electrical materials are effectively performed.

목 차

요 약 문

1. 연구개발사업의 사회 기술적 중요성	5
2. 연구개발목표의 배경 및 정의	6
가. 목표설정의 배경	6
나. 기술개발 목표	8
(1) 분야별 최종 목표	8
(2) 단계별 기술개발 목표	8
3. 연구개발 목표의 핵심기술 분석	9
가. 당해기술의 체계 및 구조	9
(1) 저손실 전기기기	9
(2) 초고압 전기기기	10
(3) 신케이블	11
나. 핵심기술 분석	12
(1) 기술분석	12
(2) 기술의 파급효과	13
4. 제품별 국내외 기술개발 동향	14
가. 각 분야별 기술의 발전추이	14
(1) 저손실 전기기기	14

(2) 초고압 전기기기	15
(3) 신케이블	16
나. 국내기술 동향 및 문제점	17
(1) 저손실 전기기기	17
(2) 초고압 전기기기	20
(3) 신케이블	25
(4) 문제점 분석	28
다. 주요선진 기술동향	31
(1) 외국의 기술개발 및 적용사례	31
(2) 선진기술국과의 기술협조분야 및 가능성	36
(3) 국내의 기술수준 비교 및 국내 기술개발 필요성	37
(4) 기술의 산업발전 기여도 및 실용화 시기 요측	38
5. 핵심기술별 국내의 시장 예측	38
가. 예측의 평요성 및 예측 기법	38
나. 세계시장	40
(1) 저손실 전기기기	40
(2) 초고압 전기기기	42
(3) 신케이블	43
다. 국내시장	45
(1) 저손실 전기기기	45
(2) 초고압 전기기기	46
(3) 신케이블	47

6. 파급효과	48
가. 단계별 기술 목표의 적용방안	48
나. 직접 파급효과	51
다. 간접 파급효과	52
7. 결 론	53
부 록	
1. 국내전기재료 및 부품공업의 기술수준 비교	59
2. 주요 품목별 국산화 현황	60
3. 년도별 기술도입 현황	63
4. 수입부품의 수입의존 요인 분석	64
5. 해외 과학기술자 및 국내 관련 기관 협조 현황	66

여 백

1. 연구개발 사업의 사회 기술적 중요성

- 전기에너지는 청결하여 공해요소가 없고 사용하기에 편리하다는 등의 장점이 있는 에너지로서 점차 수요가 증가하고 있음
- 1990년 현재 국내의 전력수요는 13,000MW 수준이며 2000년에 29,000MW, 2020년경에는 약 69,000MW 정도로 현재의 4~5배 수준으로 격증할 것이 예상됨
- 발전소의 건설은 건설기간이나 건설입지의 확보 등의 문제점이 있으므로 전력의 수요증가에 빠르게 대응하기 어려우며 전기의 공급과 수요 사이의 불일치는 필연적으로 발생할 것임
- 세계적으로 생산된 전기의 손실을 줄이기 위하여 많은 연구가 수행되고 있으며 국내에서도 송전전압의 고압화, 전력기기의 저손실화, 무손실 대용량 초전도 케이블 연구등을 통하여 현재 5~6%에 달하는 송배전 손실의 절감 및 효율의 증가를 꾀하고 있으며 전기에너지자체의 질을 향상시키고자 노력하고 있음
- 그러나 현재 사용하고 있는 전기재료 및 부품으로는 손실저감이나 효율의 증가에 한계가 있으므로 새로운 저손실, 초고압 전기재료의 개발 및 이를 이용한 설계제작이 필요한 시기에 있음
- 국내에서는 345kV급까지의 전기기기를 생산하여 사용하고 있으나 기기의 수명과 품질을 좌우하는 각종 부품이나 전기재료에 대한 기술은 개발 초기단계에 있으므로 대다수의 기기가 기술도입에 의하여 제작되거나 핵심부품, 소재를 수입하여 조립생산하고 있는 실정이며 품질도 낮은 수준으로 전력계통 사고가 빈발하고 공급신뢰도를 저하시키고 있음

- 전기재료 및 부품의 국내개발에 대한 당위성은 이미 널리 인식되어 있으나 단시간의 연구나 모방만으로는 생산과 응용이 어려우며 장기간의 기술축적을 필요로하므로 기업들의 연구투자는 소극적임
- 국내의 송전전압이 154kV로 격상될 때 전력계통의 설계기술 및 전력기기의 제조기술을 대부분 해외에 의존하였던 선례가 있으므로 앞으로의 송전전압 격상에 대비해야 할 것임
- 전력분야의 연구는 장기적이면서도 대규모의 투자를 필요로하기 때문에 투자에 어려움이 있으며 국내기술이 전반적으로 낙후되어 있다는 점도 투자의욕을 감소시키는 요인임
- 최근 해외의존을 탈피하기 위하여 전력분야에서도 많은 기업연구소가 설립되고 활발하게 연구활동이 이루어지고 있으므로 이러한 때 초고압분야나 저손실 기기분야에 대해 정책적인 투자가 이루어져야 할 것임
- 저손실 초고압 전기재료 개발은 이러한 시대적 요청에 맞는 연구사업으로서 장기적이면서도 대단위 투자가 필요한 전력분야의 여러 현안과제의 선행적인 연구성격과 함께 핵심기술의 개발을 포함하는 개발사업이란 점에서 사회적으로나 기술적으로 중요한 의미를 가지고 있음

2. 연구개발 목표의 배경 및 정의

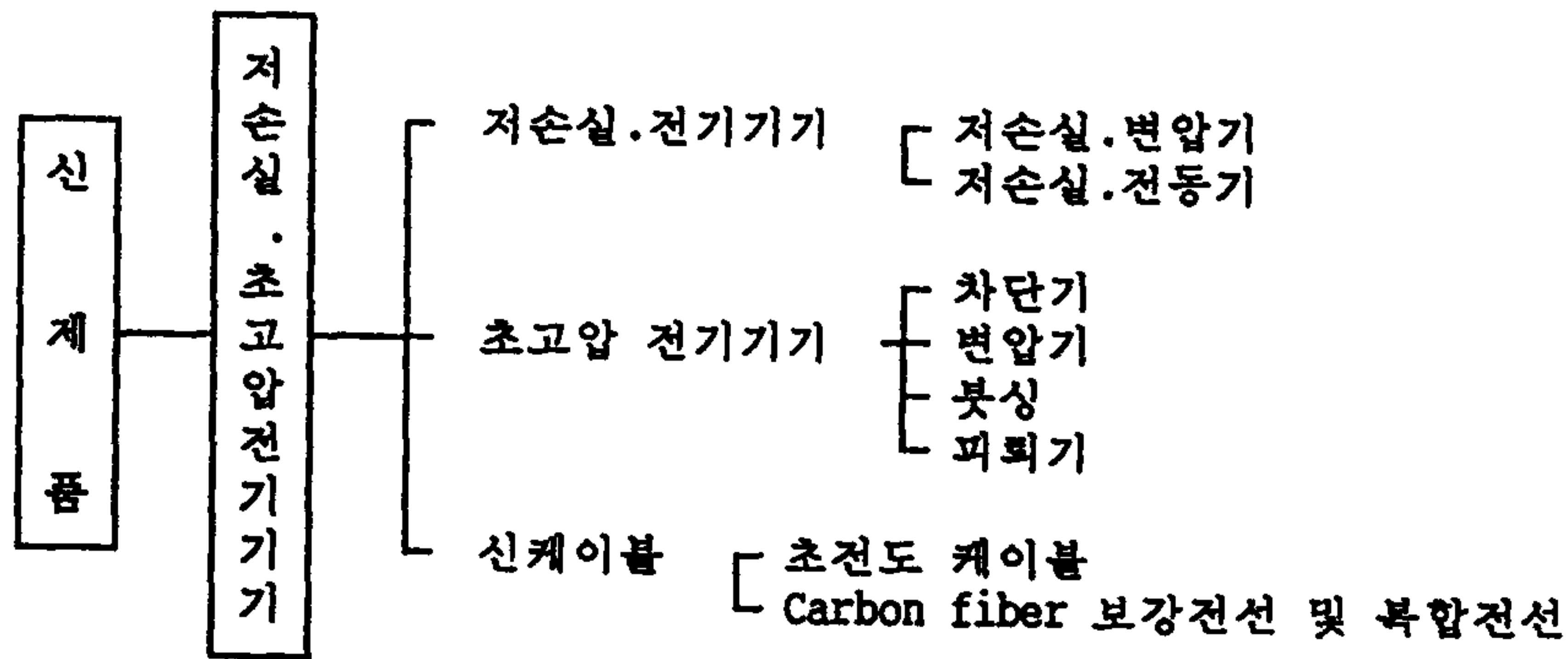
가. 목표설정의 배경

- 전력사업은 전력의 생산, 공급, 변환 등의 각 요소가 서로 연합하여 하나의 계통이 구성되는 사업으로 전력수요는 사회경제의 여건에 따라 변화 함.
- 앞으로의 전력수요 증대에 대비하여 송변전 분야에서는 종래부터 전력계통의 고전압, 대용량화가 진행되어 왔으며 UHV 송전에 대응하

는 많은 기술이 선진국에서 개발되고 있고, 우리나라에서도 90년대 후반에 765kV급 송전이 도입될 전망이다

- 고도 정보화 사회로의 변화, 환경에 대한 인식증대 등에 따라 전력공급 신뢰도 향상과 공급전력의 질적향상 요청이 높아져가며 변전소의 소음 진동 등에서 매우 제약을 받게 될 것임
- 송배전 설비의 고신뢰도, 소형화, 경량화 등은 전력계통의 고압화, 대용량화와 함께 추구하고 있는 과제로서 전기재료에서의 개발을 통하여 달성할 수 있음

- 이상을 고려하여 다음과 같은 신제품에 궁극적으로 적용시키기 위해서임



- 저손실, 초고압 전기기기의 실용화를 위해서는 전기재료를 전기적, 기계적, 열적인 에너지 손실을 감소시키거나 최적화 시킬 수 있는 기술이 개발되어야 하는데 이 기술은 결국 제품의 생산성 향상 및 고부가가치 제품의 생산기능 확대와 관계되는 것으로 그 기술 하나하나가 선진기술에서는 대형기술로 보류되어 이 기술이 개발되면 국내 기술을 바탕으로한 전기기기 제조업 분야에서의 전반적 기술수준이 향상되어 대외 경쟁력이 강화되는 쪽으로 개발 목표를 설정하고자 한다.
- 이를 위해서 반드시 개발하여야할 핵심기술로는 다음과 같은 3가지 목표

를 신제품 개발, 생산성 향상, 성능 향상, 핵심기술 문제해소, 선진기술의 국내정착 등을 도모하고자 한다.

- 1) 전기재료의 저손실, 초고압 특성 향상 기술(성능향상기술)
- 2) 저손실, 초고압 전기재료 제조기술(생산성향상 및 핵심기술 문제 해결)
- 3) 재료적응 및 부품설계, 제조기술(신제품 개발)

나. 기술개발 목표

(1) 분야별 최종목표

분 야	최 종 목 표	적 용 분 야
저손실 전기기기	• 비정질 재료 제조기술	• 비정질 변압기
	• 비정질 재료 적용 및 응용 기술	• 저손실 전동기
초고압 전기기기	• 800kV급 차단기용 spacer 및 차단부 개발	• 초고압 차단기
	• 800kV급 bushing 개발	• 초고압 붓싱
	• 345kV급 피뢰기 소자 개발	• 초고압 피뢰기
신케이블	• LHe 및 LN ₂ 용 저손실 극저온 전기절연 재료 개발 및 초전도 케이블	• 초전도 케이블
	• 고전도성 C.F 재료 및 C.F 전선 개발	• C.F 케이블

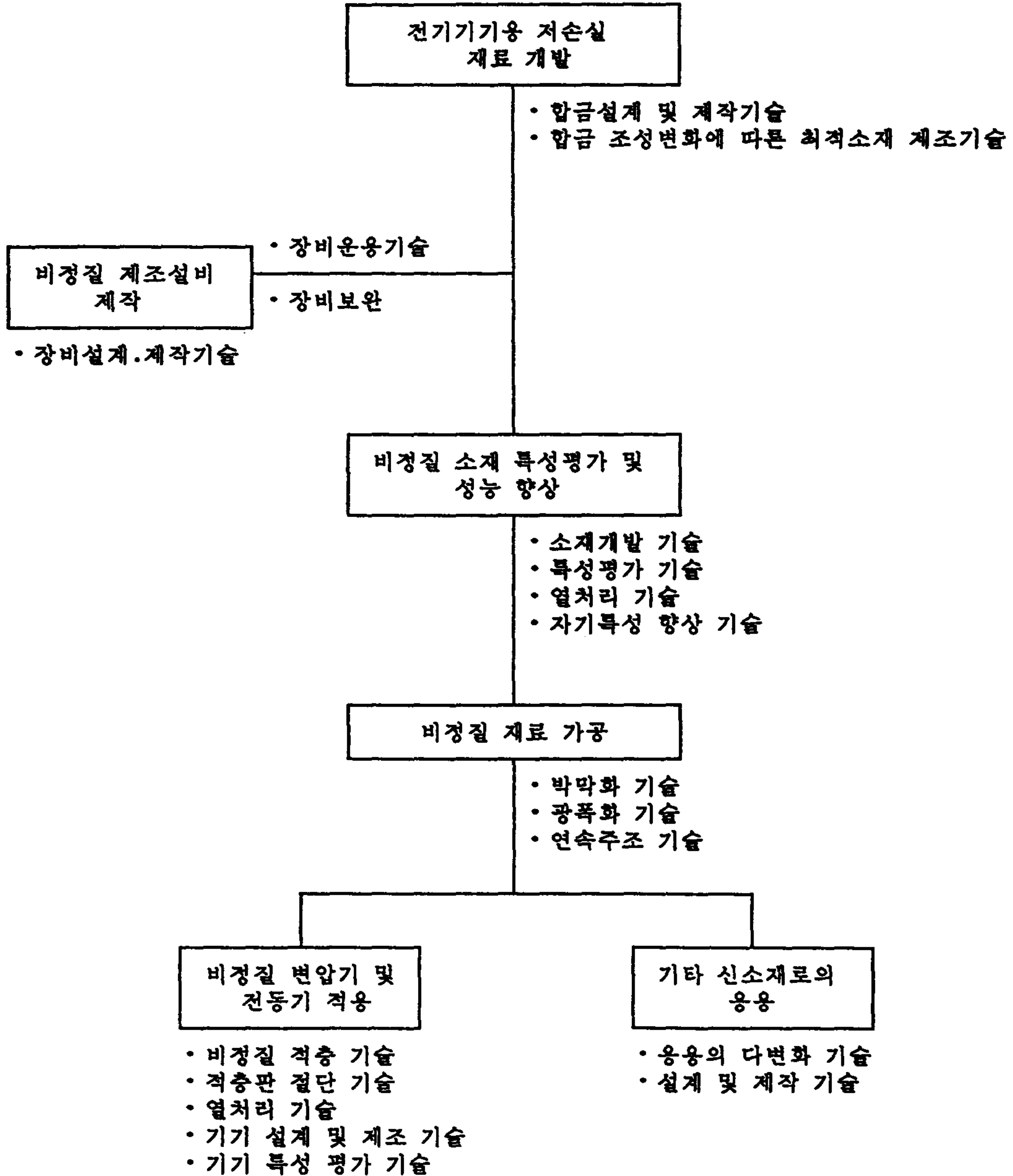
(2) 단계별 기술개발 목표

분 야	재 료	1 단 계	2 단 계	3 단 계
저손실 전기기기	비정질 재료	4in.폭 재료제조	8in.폭 재료제조	연속전선 system
	저손실 변압기	20kVA	500kVA	5MVA
초고압 전기기기	차단기 spacer	800kV급 설계	800kV급 제조.시험	차단기 적용
	차단부(GIS)	154kV, 50kA	345kV, 40kA	800kV, 40kA
	Bushing	154kV급	345kV급	800kV급
	피뢰기	18kV, 2.5kA, 5kA	170kV, 10kA	345kV, 10kA
신케이블	초전도 케이블	극저온 전기절연 재료	극저온 단말 및 접속재	3GW급 50m 케이블 시스템
	고전도성 C.F재료	C.F 보강 고강도 절연재료	25kW급 C.F 보강 전선용 접속재	100kW급 C.F 케이블

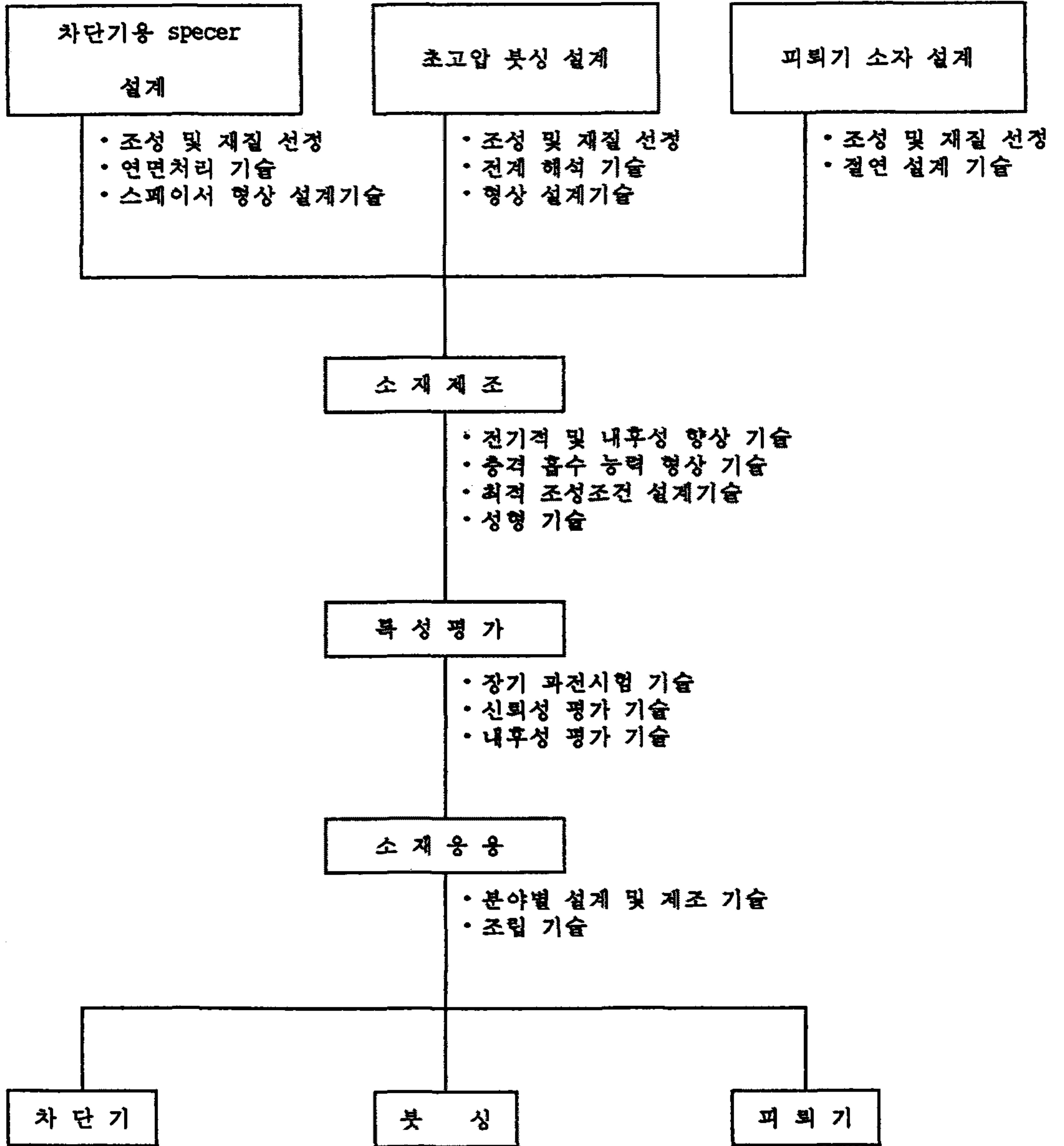
3. 연구개발 목표의 핵심기술 분석

가. 당해기술의 체계 및 구조

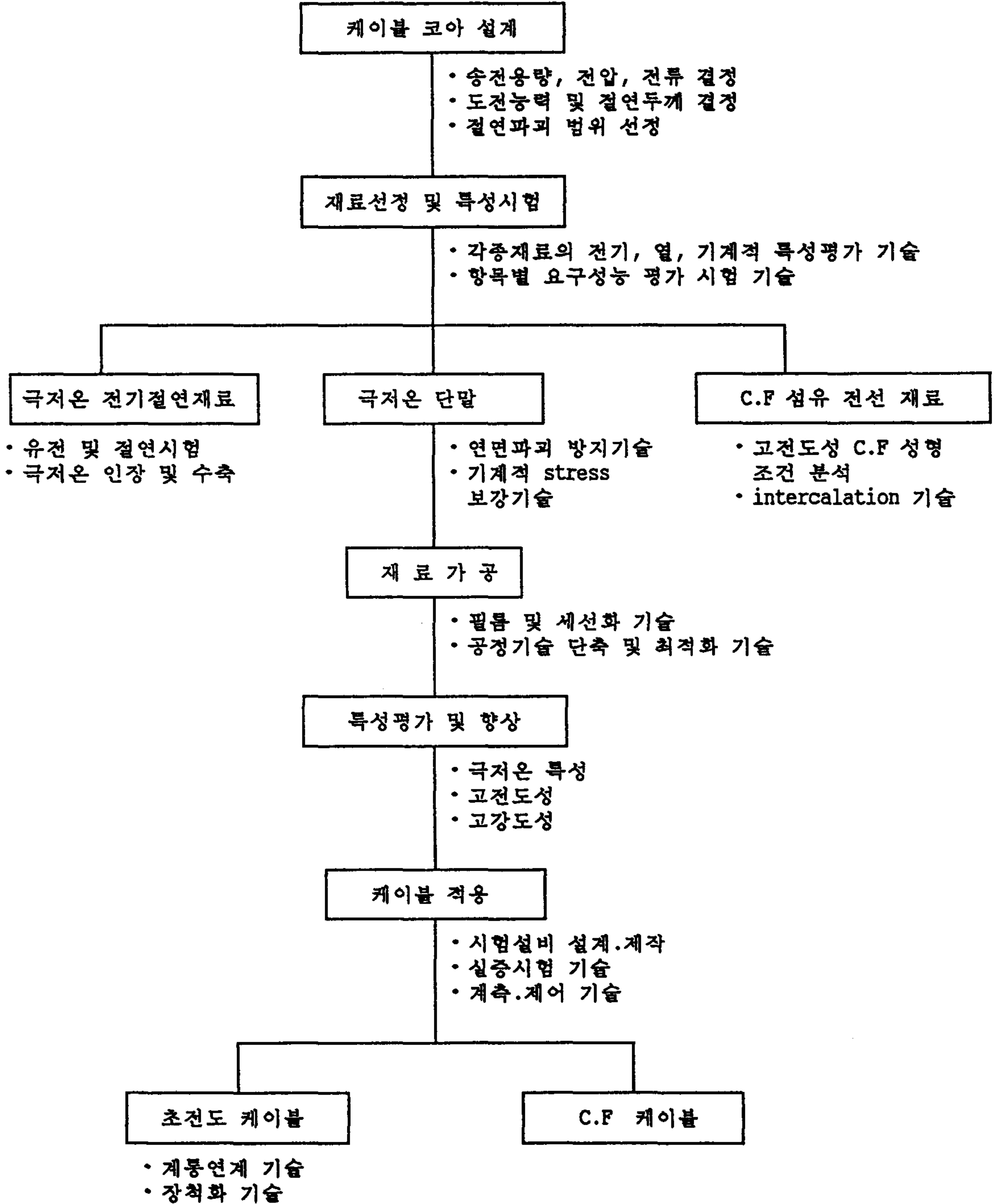
(1) 저손실 전기기기



(2) 초고압 전기기기



(3) 신케이블



나. 핵심기술 분석

(1) 기술 분석

분 야	핵심 기술	특 성	요구수준	확보방법	필요시기
저손실기기	• 비정질 소재 제조기술	프랜트	연속주조	자체개발	1992
	• 비정질 소재 가공기술	광폭화	8인치	자체개발	1996
	• 비정질 변압기 적용기술	요소기술	적층, 절단, 열처리	자체개발	1994
	• 조립기술	용량	5MVA	자체개발	1995
초고압기기	• Spacer 제조기술	절연, 전압	~ 800kV	자체개발	1995
	• 차단부 제작기술	용량	~ 800kV, 40kA	자체개발	1998
	• 시험.평가 기술	용량및정밀	~ 800kV, 정밀	자체개발	1994
	• 피뢰기 소자 및 부품 제조기술	용량	~ 345kV, 10kA	자체개발	1997
	• 붓싱 제조기술	용량	~ 800kV	자체개발	1998
신케이블	• 절연설계 및 재료 가공	온도, 연신	4.2, 77k, 2축연신	자체개발	1993
	• 냉각및 제어기술	온도, 자동	4.2k, 자동	자체개발 (국제공동연구)	1994
	• 시험 및 평가기술	용량, 정밀	4.2k, 3GW, 154kV, 정밀	자체개발	1993
	• 극저온 단말 제조기술	온도, 전압	4.2k, 정밀	자체개발 (기술도입)	1997
	• 케이블 시스템 설계. 제조기술	용량	3GW	자체개발	1998
	• C.F 성형 기술	—	—	자체개발	1994
	• 탄소섬유 전선 제조기술	전기전도도 향상	100kW급	자체개발	2000

(2) 기술의 파급분야

분 야	핵 심 기 술	타 용 용 분 야
저손실 기기	• 비정질 소재 제조기술	형상기억합금, 초전도선재화
	• 비정질 소재 가공기술	형상기억합금, 초전도선재화
	• 비정질 변압기 적용기술	저손실 모타
	• 조립기술	초전도 변압기
초고압 기기	• Spacer 제조기술	초고압 케이블
	• 차단부 제작 기술	한류기
	• 시험 평가 기술	초고압 특성 평가
	• 피뢰기 소자 및 부품 제조기술	—
	• 붓상 제조 기술	애자
신케이블	• 절연설계 및 재료가공기술	모든 전기기기 절연재료
	• 냉각 및 제어기술	타 초전도 응용분야 전반적으로
	• 시험 및 평가기술	타 초전도 응용분야 전반적으로
	• 극저온 단말 제조 기술	초고압 oil 단말
	• 케이블 시스템 설계.제조 기술	관로기중케이블, 강제냉각케이블

4. 제품별 국내외 기술 개발 동향

미 국	년도	일 본
W.H : EPRI와 4년간 계약 120만 \$ 재료특성평가 철심제조기술 handling 기술 경제성 평가 Alied : 154kVA(Φ)	1979	
	→ 1980	Mitsubishi : 500VA(1Φ) Dakaoka : 300VA(1Φ)
G.E. : 25kVA(1Φ)	1981	Osaka : 10kVA(1Φ) (Alied Co.의 기술원조) Dakaoka : 1kVA(1Φ) (동경전력과 공동개발)
W.H. : 10kVA 1년간의 실용 test C.E : EPRI와 3년간 계약 600만 \$ 25kVA(1Φ)을 1,000대 제작 설계.제조의 양산기술 경제성 평가	1982	Mitsubishi : 400VA(3Φ 5각 철심) Osaka : 30kVA(1Φ) (3Φ) Toshiba : 10kVA(Φ), 1kVA Hitachi : 15kVA
	1983	Dakaoka : 20kVA(1Φ) Mitsubishi : 35kVA(3Φ) Hitachi : 20kVA(1Φ) Toshiba : 100kVA(3Φ)
W.H : 500kVA(3Φ) (EPRI와 공동개발)	1984	Fuji : 10kVA(1Φ) Toshiba : 10kVA(3Φ) Aichi : 75kVA(3Φ)
비정질 변압기 25,000대 line에 설치	1989	

(나) 국내외 기술수준 및 life cycle

항 목	요소 기술 내용 (평가 항목)	기술 수준 평가				기술격차 요 인	Life cycle
		단위	항목	최고기술포유국	경쟁대상국		
아몰피스 합금의 양산화	아몰피스 형성이 좋고 재현성 있는 자기적 특성을 이룰 수 있는 아몰피스 연속 제조 설비제작 기술	상대 평가	50	100 (미국)	80 (일본)	기술개발 부진 및 내수부족	~1998
아몰피스 변압기	손실이 적고 특성이 우수한 아몰피스 변압기 제작 기술	상대 평가	50	100 (미국)	80 (일본)	기술개발 부진 및 내수부족	~2000

(2) 초고압 전기기기

(가) 기술의 발전추이

- 1917 : 138kV 송전실시 (미국, 전력기기개발 포함)

1923 : 154kV 송전실시 (일본)

1923 : 220kV 송전실시 (소련)

1923 : 200kV 송전실시 (유럽, 스웨덴)

1952 : 275kV 송전실시 (일본)

1952 : 345kV 송전실시 (미국)

1952 : 380kV 송전실시 (유럽, 스웨덴)

1959 : 500kV 송전실시 (소련)

1969 : 765kV 송전실시 (일본)

1965 : 750kV 송전실시 (소련)

1970 : 800kV 송전실시 연구완료 (스웨덴)

1969 : 1000~1500kV 송전 연구시작 (미국)

1970년대 1000kV 송전연구 및 송전선 건설 (일본)

1985년 이후 1090kV급 운전중 (소련)

이탈리아 미국, 스웨덴, 일본 prototype 제작 운용

* 초고압 송전의 실용화와 더불어 이에 필요한 핵심요소기술(설계, 소재, 제조기술 등)

이 함께 개발되고 있음

(나) 국내외 기술수준 및 life cycle

항 목	요소 기술 내용 (평가 항목)	기술 수준 평가				기술격차 요 인	Life cycle
		단위	항목	최고기술포유국	경쟁대상국		
차단기	설계, 성형 및 소성, 소재 및 가공, 시스템 제작, 시험 및 평가 기술 등	상대평가	50	100 (서독)	90 (일본)	기술개발부진 (소재기술) 내수부족	~ 1996
변압기	설계 및 제조, 저손실 코어 소재 제조, 초고압 절연 설계 시험 및 평가 기술 등	상대평가	50	100 (미국)	80 (일본)	기술개발부진 (소재기술)	~ 1998
붓 싱	초고압 붓싱 설계, 제조, 절연 설계 및 재료, 시험 및 평가 기술 등	상대평가	50	100 (일본)	90 (일본)	기술개발부진 (소재개발)	~ 1996
피뢰기	절연 설계, 소자 설계 및 제조, 충격 전류 흡수 및 대응량화, 시험 및 평가 기술 등	상대평가	30	100 (미국)	80 (불)	기술개발부진 (소재개발) 내수부족	~ 1998

(3) 신케이블

(가) 기술의 발전 추이

년 도	발 전 추 이
~ 1949	1911 • 초전도 현상 발견
~ 1950	1954 • Nb ₃ Sn 초전도체 발견 1957 • Nb ₃ Sn 초전도 선재화 성공
~ 1960	1961 • NbTi 초전도체 발견 1964 • NbTi 초전도 선재화 성공으로 인한 초전도 응용연구 본격 시작 1967 • 대용량 수송기술로써 초전도 케이블의 필요성 인식 1968 • 영국 BICC 세계최초 3m 단상케이블 2080A 통전 실시
~ 1970	1971 • 독일, 미국, 호주, 불란서, 일본, 소련 등에서도 초전도 케이블 연구 개시 1979 • 호주 Arnestein 발전소 구내의 실선로에 세계최초 독일 계통 운전 성공
~ 1980	1982 • 미국 BNL, 3상 100m Test 장치 건설 현재까지 실증 시험 중 • 일본 ETL, 2.5m 케이블 6400A 통전 시험 성공 후 현재 실증 시험 중
~ 1990	1990 • 한국 전기연구소 초전도 케이블 절연재료 개발 연구로써 연구 시작 중

(나) 국내외 기술수준 및 life cycle

항 목	요소 기술 내용 (평가 항목)	기술 수준 평가			기술격차 요 인	Life cycle
		단위	최고기술포유국	국 내		
재 료	• 초전도 선재	상대 평가	100 (안정화단계)	20 (개념정립단계)	짧은 연구 경력, 기술 개발 부진, life cycle 이 길다. 내수부족등	전체로 써 ~2020
	• 극저온절연재료	"	100 (생산활용단계)	50 (개념정립단계)		
	• 구조 재료	"	100 (생산활용단계)	30 (개념정립단계)		
요 소 기 술	• 설계해석기술	"	100 (안정화단계)	30 (개념정립단계)		
	• 냉각기술	"	100 (생산활용단계)	30 (개념정립단계)		
	• 열·전기절연기술	"	100 (안정화단계)	60 (생산활용단계)		
	• 극저온단말, 접속재 용기의 설계·제작 기술	"	100 (안정화단계)	30 (개념정립단계)		
시스 템 기 술	• 설계및 제조기술	"	100 (생산활용단계)	40 (개념정립단계)		
	• 송전시스템계측제어 및 안정화기술	"	100 (생산활용단계)	30 (개념정립단계)		
	• 실증시험 및 계통 연계기술	"	100 (생산활용단계)	30 (개념정립단계)		

나. 국내 기술 동향

(1) 저손실 전기기기

(가) 기술 수요자

① 업계의 현황 및 현재기술의 실태

- 비정질 변압기를 제조하거나 연구하고 있는 국내의 업체는 아직까지
는 국내수요의 부족으로 인해 효성중공업 외에는 없다.

- 효성중공업에서의 비정질 변압기에 대한 기술개발 실적도 1986년 한전 및 효성중공업과 공동개발에 의해 현재까지 field test 중임
 - 20kVA noncutting core 변압기 개발(1986)
 - 20kVA 50kVA cutting core 변압기 개발(1990)
- 그나마 제조공정의 대부분이 수작업에 의해 이루어져 있고, 양산화를 위한 변압기 설계, core cutting, 열처리수리 등의 개발능력은 매우 미흡한 실정임

② 업체의 기술개발 추진현황 및 향후 계획

〈업체의 기술개발 추진현황〉

회 사	연구개발 추진현황(과제명)	연구기간	비 고
한국전력(주) 기술연구원	1. 아몰퍼스 변압기 개발	'84.8~'86.4	효성중공업과 공동연구
	2. 아몰퍼스 코어소재 국산화 및 변압기 설계 최적화에 관한 연구	'86.6~'91.8	한국전기(연)과 공동연구

〈업체의 기술개발 향후 계획〉

회 사	개발 목표	주요핵심기술	개발년도	비 고
효성중공업 (주)	<ul style="list-style-type: none"> • 1MVA급 유입식 비정질 변압기 - 적층판 제조공정개발 - 20kVA급 적철심형 비정질 변압기 개발 - 1MVA급 적철심형 비정질 변압기 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 비정질 적층판 개발 기술(폭 8", 두께 0.1m) • 적층판 절단기술 • 열처리기술(저온 열처리 기술)등 	1991~1994 - 1992 - 1993 - 1994	한국전력(주) 기술연구원 주관, 한국 전기연구소 협동
성진전기 (주)	<ul style="list-style-type: none"> • 8인치 비정질 Tape 제조를 위한 pilot plan 건설 및 제조 기술 개발 		1990~1993	한국전기연 구소 주관

(나) 기술개발 공급자

① 연구개발 현황 및 실적

- 현재 국내에서는 비정질 합금의 연구는 학계와 연구소를 중심으로 기초연구 수준에 머물러 있으며, 금성전선, 삼성기술원, 한국과학기술연구원, 표준연구소, 대학(충남대, 서울대) 등에서 전자부품 응용에 대한 소규모 연구를 진행하고 있음

연구 기관	연구 개발 과제명	연구 기간	비 고
한국전기연구소	1. 저손실 core 소재 개발 연구	'85.6~'87.1	한국전기(연) 자체연구
	2. 저손실 아몰피스 core 소재 개발 연구	'88.6~'90.6	과기처 특정연구
	3. 아몰피스 코어 소재 국산화 및 변압기 설계 최적화에 관한 연구	'88.6~'91.8	한전수탁연구
	4. 전기기기용 저손실 자심재료 제조 기술 연구	'90.5~'96.5	과기처 특정연구
산업기술연구소 (포항제철산하)	아몰피스 재료 개발 연구	'86 ~ 현재	

- 아몰피스 소재 제조 기술 개발(한국전기구연구소)
 - 아몰피스 연속 제조 설비 개발(폭 2inch, 1990)
 - 세라믹 노즐 개발(1989)

② 기술의 특성비교 및 기술개발 실현시기

기술	항 목 (구 분)	특성 및 내용	개발실현시기
소재 국산화 기술	광폭화 기술	- 국내(KERI) : 2inch폭 리본 제작 - 국외(미국) : 8inch폭 리본 제작	1995
	양산화 기술	- 연속제조기술 - 설비 자동제어기술 - 리본 권취기 설계 및 제작기술	1996
아몰퍼스 변압기 제작기술	소재 특성평가 기술	- 기계적 특성평가 - 자기적 특성평가	1993
	아몰퍼스 소재 가공기술	Cutting core(변압기 무게, 부피 감소)	1993
	변압기 core 열처리 기술	자장중 열처리 기술	1993
	아몰퍼스 소재 적층판 제조 기술	- 대용량 및 3상 변압기에 필수적인 기술 - 가공기술	1992
	아몰퍼스 변압기 설계기술	- Core 설계 절연설계 등 - Coil 설계	1992
	시스템 기술	제작기술 및 양산화 기술	1995

(2) 초고압 전기기기

(가) 기술수요자

① 업체의 현황 및 현재 기술의 실태

- 한국전기공업협동조합의 중전기기 수급업체를 대상으로 파악한 동부 품업계의 규모를 보면 50인 미만이 전체 129사중 90개사로 69%를 차지하고 있으며, 자산규모는 3억 미만의 전체의 62%를 차지하여 초 고압 전기기기 관련된 동업계는 대부분 소규모 영세기업임을 알 수 있음

구 분	자산규모	1억 미만	1~3억	3~10억	10~20억	20억 이상	계
전동기.발전기부품		1	9	9	2	4	35
변압기 부품		4	5	2	1	1	13
차단기.개폐기부품		30	20	17	8	5	80
용접기부품		6	2	1	1	—	10
전동공구부품		1	2	2	2	1	8
계		52	38	31	14	11	146

자료 : 한국전기공업협동조합

- 현재 기술의 수준은 선진국으로 부터의 전기기기의 주요부품별 수입 요인을 보면 쉽게 알 수 있는데 기술의 취약부분은 주로 소재 및 재질불량과 설계기술 등의 핵심기술과 내수부족등 적정 시장 규모의 미달에 기인한 것 같다.

기 기 명	부 품 명	기술부족 (수입) 요인
전동기	<ul style="list-style-type: none"> • Varnish • 고속베어링 	<ul style="list-style-type: none"> - 절연특성부족, 품질제위 - 기초소재 불량으로 인한 강도저위 - 정밀가공기술 부족 - 규격제품의 수요부족
변압기	<ul style="list-style-type: none"> • 규소강판 • 릴레이 • 절연지/절연튜브 • 애자/붓싱 • 피뢰기(22kV 이상) 	<ul style="list-style-type: none"> - 저손실 core 소재 기술 - 접점 재질 불량 - 기술부족, 경제성 취약 - 내수부족, 소성, 절연기수리 낙후 - 수요부족으로 국내 미개발
차단기	<ul style="list-style-type: none"> • Vacuum Tube • Porcelain • 붓싱, Bellow Ass'y 	<ul style="list-style-type: none"> - 고급기술 부족 - 설계능력 부족 - 생산기술 부족

② 업체의 기술개발 추진현황 및 향후 계획

- 선진국으로부터의 전기기기의 기술도입 건수를 보면 '80년대 들어 매년 20~30건 정도이상으로 도입건은 주로 일본으로 전체도입건수의 절반이상을 상회하고 있어 일본에 대한 기술 의존도가 높은 편이고 기기별로는 차단기, 변압기 등의 비중이 높아 이부분의 기술이 매우 낙후되어 있음을 알 수 있다.

〈기술도입현황〉

년 도	'83-'85	'86	'87	'88	'89	계
전 수	58	15	28	24	31	156

자료상공부

- 기술도입부분은 국산화 처리하기 어려운 기술로써 이외의 부분에 대한 기술개발은 정부의 기계류 부품 및 소재 국산화 5개년계획과 연계하여 추진됨으로써 '86~'89년 기간중 정부자원 개발대상 품목으로 120개가 발표된후 이중 41개가 개발 완료되었다.

〈전기기기의 국산화 개발 현황 품목〉

년 도	국산개발대상품목	국산개발완료품목	개발진행품목
1986	11 개	11 개	—
1987	39 개	20 개	19 개
1988	36 개	10 개	26 개
1989	34 개	—	34 개
계	120 개	41 개	79 개

자료 : 한국전기공업협동조합, 한국중전기산업실태조사, 1990

〈전기기기의 기기별 기술 개발 내용〉

품 목	1987 년	1988 년	1989 년	총건수
변압기	<ul style="list-style-type: none"> • 자기보호용 • 실리콘유로대치 • 유입변압기대치 • Epoxy Resin Casting형 • 몰드변압기 	<ul style="list-style-type: none"> • 180(H)급 변압기 절연시스템 • 200(N)급 변압기 절연시스템 	<ul style="list-style-type: none"> • 제품구조개선 및 내압강화 충전물 • 고역율화 • H5T-M401 • H6T-M401 • 방폭형 변압기 • 몰드변압기용 대형 자동전선기 	12
차단기	<ul style="list-style-type: none"> • SQ 작업을 PCB화 • 전동형 스프링방식 		<ul style="list-style-type: none"> • 25.8kV급 MCSG 및 VCB • Miniature Circuit Breaker 	4
피뢰기	<ul style="list-style-type: none"> • ZnO 소자를 이용한 제품 	<ul style="list-style-type: none"> • 낙외 방지 • Gaples L.A. (18kV, 2.5kV) 		3

자료 : 한국전기협동조합, 한국중전기산업실태조사, 1990

- 이상으로부터 다각적인 개발노력의 결과 범용제품은 상당부분 국산화 되었으나 초고압 전기기기분야는 아직도 개발 초기단계에 머무르고 있어 그 기술수준은 매우 취약한 상태이다.

〈초고압 전기기기의 개발계획〉

분 야	현 재	'90 ~ '95	'96 ~ 2000
전기기기	• 345kV급 초고압 전기기기 국산화	• 800kV급 초고압 전기기기 개발	
	<ul style="list-style-type: none"> • 변압기 소재 개발 - 규소강판 - 전위도체수입 (유입식, 몰드식) 	<ul style="list-style-type: none"> • 변압기 - 비정질 변압기 - 전위도체 국산화 - SF₆ 가스변압기 	<ul style="list-style-type: none"> • 변압기 - 광소재이용 - 전위도체 국산화 - SF₆ 가스국산화
	<ul style="list-style-type: none"> • 차단기, 개폐기 - 반자동 개폐장치 - 수동조작 	<ul style="list-style-type: none"> • 차단기, 개폐기 - 반도체이용 완전 자동개폐장치 - 원격조정 	<ul style="list-style-type: none"> • 차단기, 개폐기 - 반도체이용 완전 자동개폐장치 - 무인화

- 이 문제의 해결을 위해 정부에서는 중전기 분야의 중장기 개발계획 5개년 계획을 수립하여 '90~'95년에 실시할 계획을 갖고 있으며, 이 계획이 바로 우리나라 기업의 향후 개발계획이라 할 수 있다.

(나) 기술개발 공급자

① 연구개발현황 및 실적

- 기술개발 공급자 측면에서의 연구는 주로 한국전기연구소와 한국전력공사가 주도적으로 연구한 결과 전기기기의 초고압화를 위한 시스템 측면에서의 기술적 문제는 어느정도 해결되었기 때문에 그 시스템의 근간을 초고압 재료를 개발하면 어느정도 초고압 전기기기 개발 문제는 해결될 것으로 보임

연구기관	연구과제명	연구기간	비고
한국전기 연구소	1. 800kV급 초고압전력계통의 타당성 검토	'82.5-'84.3	과기처 특정연구
	2. 초고압 격상방안 연구	'86.5-'88.5	한국전기(연) 자체연구
	3. 전기계통의 과도전압 특성연구	'86.5-'88.5	과기처 특정연구
	4. 고전압에 대한 공기절연 특성연구	'86.6-'88.5	과기처 특정연구
	5. 발.변전소 절연간격 표준화 연구	'88.5-'91.7	한국전력공사 수탁연구
	6. 차기초고압 기기의 국산화 기술연구	'88.5-'91.7	과기처 특정연구
	7. 765kV GIS 개발연구	'91.12-	한국전력공사 수탁연구
	8. 18kV급 배전용 피뢰기 제조 핵심기술에 관한 연구	'90.7-'91.7	기업수탁
	9. 가속경화를 이용한 고분자 고압 애자 기술	'91.6-'92.6	기업수탁

② 기술의 특성비교 및 실현시기

기 기 명	기 술	특성 및 내용	개발실현시기
Spacer	고압화 기술	~ 800kV	1996
	연면처리 기술	연면방전현상 방지기술	1993
	장기 실증평가 기술	통.과전 및 열화 평가	1994
	Spacer 가공 기술	설계 및 제조기술	1995
차단부	설계·해석 기술	—	1993
	Compact화 기술	차단 메카니즘 최적 설계	1998
	소재 제작기술	가공·공정 기술	1995
	차단현상 및 측정기술	전류, 압력, 기류	1994
	초고압 절연재료 개발 기술	전기절연재료의 고전압화 기술	1996
Bushing	형상설계기술	—	1993
	성형 및 가공기술	절연 및 경도 강화기술	1996
	초고압화 기술	~ 800kV	1998
피뢰기	고품질 ZnO 소자제조기술	고전류 밀도 향상 기술	1995
	고압화 기술	~ 345kV	1997
	에관설계·제조 기술	절연 및 보호기술	1995

(3) 신케이블

(가) 기술수요자

① 업체의 현황 및 현재기술의 실태

국내 업체에서의 연구 및 도입실적은 전혀없고 현재기술도 전무함. 단지 초전도 분야에 대한 관심은 매우 높아 조만간 기업에서도 참여될 것으로 예측됨. 참고로 초전도 케이블 바로 전단계로써 개발이 완료된 바 있는 154kV, 800MVA, 3000A급 극저온 저항 케이블 개발시 국내기업으로는 최초로 금성

전선(주)이 협조하여 극저온 저항 케이블 도체로써 AI를 이용한 케이블 core (절연+도체+냉각)을 기존의 전력케이블과 통신설비를 이용하여 그 공정기술을 개발한바가 있다.

② 업체의 기술개발 추진현황 및 향후계획

전력케이블 제조회사(금성전선, 대한전선, 대성전선 등)를 중심으로 기존의 전력케이블 설비를 이용한 초전도 케이블 실용화 공정기술 개발 계획은 수립되어 있음. 다만 그 시기는 국가가 주도한(한전이나 한국전기연구소) 초전도 케이블 시스템 연구와 병행하여 그 개발이 필요한 시기에 시도될 것 같음

(나) 기술개발 공급자

① 연구개발 현황 및 실적

연구기관	연구 개발과제 및 내용	연구기간	수 준
한국전력공사	초전도 케이블 연구계획 수립 및 자료조사중	1991~	기초단계
한국전기연구소	초전도 케이블의 전기절연재료 개발	1990~	기초단계
	3GVA급 초전도 케이블 시스템 개발	1992~	기초단계
	154kV, 800MVA급 극저온 송전시스템 개발	1988~1991	생산활용단계

② 기술의 특성비교 및 기술개발실현 시기

기 술	항 목 (구 분)	특성 및 내용	개발실현시기
	• 초전도 선재	- AC loss 저감 - $3 \times 10^4 / \text{cm}_2$ 이상 - 제조.공정 기술	1996
	• 극저온 전기 및 열절연 재료	- 4.2k용 저손실 절연재료 설계 및 가공 - 초열절연 재료 - 극저온 고분자 절연재료	1993
	• 구조재료	- 4.2k용 케이블 구조재 (금구류, cryostat재 등)	1996
요소기술	• 케이블 설계.해석	- 케이블 코아(절연, 도체, 냉각) 설계 - 열.전계해석	1994
	• 냉각기술	- 냉각 flow 및 방법 - 냉동기 설계	1995
	• 극저온 단말 및 접속 기술	- 과충전 단말 처리기술 - 케이블 접속 처리기술	1997
	• Cryostat 설계.제조 기술	- 케이블 관로 및 용기 설계.제조	1997
시스템기술	• 시스템 설계.제작	- 단말부, 극저온 요기부, 케이블 코아부 - 시험 시스템 - total 시스템	1994
	• 송전시스템 계측제어 및 안정화	- 극저온 계측.제어 - 송전특성 향상기술 - 전기.기계.열 계측기술	1998
	• 실증시험	- 열손실 시험 - 통과전 시험 - 장기열화 실증시험	1999
	• 계통연계	- 발전소와 초고압 송전 루트 연계 - 초고압 변전소에서 도심내 연계 - 송전특성 data 인출	2000

(4) 문제점 분석

국내 저손실·초고압 전기재료 산업은 최근에 들어서야 미래의 첨단기술임을 인식하여 본격적인 연구의욕을 갖고 있다. 그러나 아직까지도 기술수준의 낙후와 내수기반의 취약 등 많은 과제가 있으며 따라서 국내의 저손실·초고압 전기재료 산업을 수출산업으로 발전하기 위해서는 다음과 같은 시급한 당면과제들에 대한 대책의 수립이 선결과제라 하겠다.

• 기술개발 투자의 확대

- 우리의 저손실·초고압 전기기기 산업은 자체기술개발이 활성화 되지 않아 일부 중소용량제품을 제외하고는 기술수준이 선진국에 비해 크게 뒤떨어져 있다.
- 기술개발 투자도 국내의 전자업종이나 선진국의 전기공업에 비해 낮은 수준이며, 또한 최근 들어서는 외국으로 부터의 기술도입도 선진국의 핵심기술 이전기피에 따라 점차 어려워 지고 있다.
- 따라서 앞으로 이 분야에 대한 지속적으로 발전하기 위해서는 우선적으로 기업의 기술개발 투자를 크게 확대하여야 할 것이다.

• 선진기술의 적극적 도입

- 저손실·초고압 전기기기 공업분야에서의 기술도입선은 주로 일본에 편중되어 있어 구미지역의 기술이 선호되는 중동지역 등에서는 수주에 어려움이 있으며, 또한 각종 소재 및 부품에 대한 대일 의존도를 심화시키는 요인이 되고 있다.
- 따라서 수입선의 다변화, 현지법인의 설립에 의한 기술 획득, 제외한 국인 및 외국인의 채용확대, 해외기업 및 연구기관과의 공동연구 등을 통하여 선진기술을 효과적으로 도입, 소화, 개량하여 우리의 기술로 발전시켜나가도록 다각적인 노력이 강구되어야 할 것이다.

• 설비고도화와 노동생산성 향상

- 우리나라 전기기기 산업의 1인당 생산성은(부가가치 기준) 일본의 약 1/3 수준인 1,200만원('88년) 수준에 불과하여 상대적으로 낮은 수준이며, 또한 제조원가의 구성비중 인건비의 비율도 계속 증가추세에 있다.
- 이러한 생산성의 저위 원인은 먼저 설비의 자동화 부진에 따른 노동당 자본장비율 저하와, 숙련된 기능공의 부족으로 인한 노동의 질적 저하에 기인하는 것으로 이에 따라 생산 및 가공시간이 오래 소요되고 불량율이 높아 검사불량율의 경우 일본의 10배 수준인 2.1%에 이르고 있다.
- 따라서 저손실·초고압 전기기기공업의 시설투자가 보다 확대되어야 함은 물론 기술인력에 대한 교육훈련을 통해 노동의 질을 개선하는 것이 급선무이며, 이와 아울러 제품의 사후관리와 불량원인의 개선을 위해서는 시험과 평가를 병행하는 중전기기의 시험·평가제도의 개선과 확충이 제도적으로 수반되어야 할 것이다.
- 정부의 전기기기 산업 육성책 강화
 - 우리나라의 전기산업은 국내시장의 한계를 극복하지 못하고 있을 뿐만 아니라 협소한 국내 시장마저도 외국업체에 잠식당하고 있으며, 앞으로 대외개방의 확대에 따라 외국업체의 국내시장 진출은 더욱 확대될 전망이다.
 - 따라서 내수시장의 확보와 새로운 수출시장의 개척을 통한 안정적인 수요선의 확보를 위해서는 정부 및 한전 등 대단위 수요처에서 우선적으로 구매함으로써 안정적인 수요확보를 지원하여야 할 것이며,
 - 또한 현재 선진국에서 사양화되고 있는 노동집약적인 제품인 변압기, 전동기, 차단기, 붓싱등의 설비는 수출이 확대될 수 있도록 업계와 정부가 유기적인 협조관계를 유지하여 수출 가능품목의 발굴을 적극

화하여야 할 것이다.

- 핵심 소재·부품의 국산화 촉진

- 우리나라의 저손실·초고압 전기기기에 사용되는 소재 및 부품의 품질은 기술 개발투자의 부진으로 대부분이 열악한 상태이다.
- 따라서 현재 정부에서 추진하고 있는 기술개발 노력에 참여하므로써 핵심소재 및 부품에 대한 국산화 노력이 집중되어야 할 것이다.

- 품질관리의 강화

- 우리의 전기제품은 품질관리의 미흡으로 일본 등 선진국 제품에 비해 고장율이 높고 수명이 짧은 등 품질수준이 크게 뒤떨어지고 있다.
- 따라서 보다 적극적인 품질관리 대책의 수립을 위해서는 일부업체에서만 실시되고 있는 품질관리 등급제를 연차적으로 업계 전체에 확대하여야 할 것이며,
- 한편 이와 아울러 정부차원에서는 국제규격, 한전규격, KS규격 등 다원화되어 있는 전기제품의 규격을 통일시킴으로서 각종 제품의 호환성을 높여야 할 것이며, 한국전기 연구소를 활용하여 연구인력의 훈련과 아울러 기술정보의 적기 획득이 가능하도록 산업체에 대한 기술 및 정보지원에 관한 제도적인 장치와 지원책이 마련되어야 할 것이다.

- 기술인력의 양성과 확보

- 최근들어 기술인력의 부족이 심각한 사회문제로 야기되고 있으며 특히, 제조업체의 경우 거의 모든 분야에서 인력확보가 가장 심각한 문제점으로 지적되고 있다.
- 이를 위해서는 최근 급격히 2차산업에 편중되고 있는 인력구조의 왜곡을 시정할 수 있도록 장기적인 산업구조의 개편이 선행되어야 하며, 이와 아울러 기술 인력에대한 각종 우대정책 등 인력유인책과 기

술인력 양성기관의 확대 및 운영효율화를 통해 기술인력의 안정적인 공급이 이루어질 수 있도록 다각적인 방안이 필요하다.

- 대외개방에 따른 대응책 수립
 - 현재 진행중에 있는 우르과이 라운드 협상이 예정대로 마무리되면 정부부문에 대한 입찰이 완전개방되고 외국인 투자도 크게 증가하여 국내시장에서 국내외 업체간의 경쟁이 크게 격화될 것으로 예상된다.
 - 이에 효과적으로 대응하기 위해서는 우선적으로 업계에서는 국제경쟁력 강화를 위한 기술 및 품질수준의 향상과 아울러 생산자동화 확대를 통한 생산성 향상 노력이 선행되어야 할 것이며, 정부에서는 국내의 수요진작과 기술향상을 위한 지원을 크게 강화해 나가야 할 것이다.

다. 주요선진국 기술동향

(1) 외국의 기술개발 및 적용사례

(가) 저손실기기-비정질 변압기

① 미국의 동향

- 소재개발, 변압기 제작이 완료되어 상품화 단계에 있으며 25,000대 이상을 실제 계통에서 사용하고 있음
- Allied Signal사는 변압기용 비정질 합금개발에 1,500만\$ 이상을 투자하였으며 1989년 3월 South Carolina의 Conway에 세계최초로 상업생산규모(년간 6만톤)의 공장을 건설하여 가동중이며 8 in폭의 소재를 제조하였음
- GE사, Westinghouse Electric사, Kahlman사는 비정질 변압기 제작의 완전자동화 기술을 보유하고 있으며 500kVA 변압기를 제작함
- 비정질변압기는 GE사와 W.H사가 처음 시작하여 G.E사 Prototype 1000대를 EPRI에 공급하고 EPRI는 그것을 전력회사에 배준해서 field test중

- 변압기 철심이외에 Allied사가 실용화하고 있는 것은 G.E사의 연료분사 엔진용 연료계량 장치 SM사의 도난방지용 자기 strip, Ferix 보가기의 연자헤드, Brazcor Honeycomb products사의 항공기 부품, 전기써징 방지 장치에의 응용 등이 있음

② 일본의 기술동향

- '78~'81년 선진기술개발사업단이 자성재료 응용개발을 위해 비정질 합금의 제조기술을 Hitachi 제작소, Hitachi 금속, Matsushita 전기 및 sony에 개발 위탁하고 (12.8억엔), '81년부터는 전력변압기 철심용 비정질 합금의 제조기술을 신일본 제철에 위탁(16.9억엔) 과학기술등의 창조 과학기술 추진제도의 일환으로서 중본 특수구조 project는 '81년부터 5년계획으로서 기초물성, 비정질 화합재료, 비정질 박막재료, 특수 세라믹재료, 중간화합물 재료의 연구를 추진
- 보다 실질적인 시험으로서, '81년 이후 Mitsubishi 전기, 고악제작소, 다이헨, Thoshiba, Hitachi 제작소가 비정질 합금 변압기 개발에 참여하였고, '86년부터 관서전력은 다이헨과 공동으로 비정질 변압기의 실용화 착수
- 미국 Allied사가 일본에 특허 출원한지 12년만에 특허등록(1989)
- 일본의 Nippon Steel사에서도 비정질 합금을 개발하였으나 특허권 때문에 '91년 제조장비에 대한 특허 및 '93년 조성에 대한 특허권이 풀리면 비정질 합금 7i 양산키 위해 준비중임
- 일본의 생산업체도 비정질 변압기에 대한 제조공정을 확립하여 양산체제를 갖추고 있으나 소재가격이 높고 기존직원의 해직 문제등으로 생산을 미루고 있음
- 일본의 2개 전력회사에서 비정질 변압기를 시험운전중에 있음(동경전력은 '87년부터 20kVA, 50kVA급 변압기에 대해 실증시험을 하고 있음)

③ 기타 외국의 기술동향

1) 대만전력

- 소재는 미국에서 수입하고, 변압기 제조공정은 일본업체와 기술제휴로 비정질 변압기 생산 추진

2) 인도

- 배전용 변압기를 비정질 변압기로 대체하기로 결정
- 대용량 및 3상 변압기 제작에 필수적인 비정질 적층판 제조공정을 건설 예정임

(나) 초고압 전기기기

- 1960년대 중반 765kV급 변압기 실용화

① 미국

- 60년대 중반이후 765kV급 변압기 실용화를 비롯하여 차단기, 단로기, 변성기, 피뢰기 등의 전력기기를 실용화
- 현재 Westing House사 등에서 1500kV급 송전을 위한 기기들에 대해 연구중이며 1000kV급은 proto type을 제조한 정도로 일본, 이탈리아, 스웨덴 등과 비슷한 수준임

② 일본

- Toshiba, Mitsubishi, Hitachi사 등에서 500kV급은 완전 상품화
- 1000kV급은 시험제작 및 적용시험중

③ 기타

1) 독일

- Siemens사에서 800kV급 기기상품생산중이며 매출액의 11%선을 R & D 이용으로 사용중

2) 스위스

- ABB사에서 800kV급 제작중이며 남아프리카에서 시험운전중

3) 소련

- 1985년부터 1000kV급 운전중에 있음

(다) 신케이블

초전도 케이블 개발연구는 지역적으로 영국, 독일, 프랑스, 오스트리아를 중심으로한 구주지역과 일본지역, 미국지역 등 3지역으로 구분되며, 시적으로는 제 2차 오일쇼크 이전(제 1기)과 이후시기(제 2기)로 나누어 볼 수 있다. 제 1기에서의 각국의 개발현황은 아래의 표와 같으나 제 2차 오일쇼크를 계기로 대전력 지중송전기술의 필요성에 의혹을 가진 영국, 독일, 프랑스 등과 같은 구주 선진국에서의 연구는 중단되고 제 2기에서는 구주의 오스트리아와 일본, 미국만이 연구진행하고 있다.

국 명	영 국	미 국	서 독	오스트리아	일 본
기 관	BICC	UCC	Siemens	Graz연구소	고하전공
시 스템	AC, 33kV	AC, 25kV	AC	AC, 20kV	AC, 154kV
용 량	120MVA	(10kA)	—	—	3GVA
길 이	2.7m	8m	6m	14, 50m	왕복 10m
도 체	Nb	Nb	Nb	Nb + Pb	Nb, NbTi
년 도	1968 - 1970	1968 - 1970	1970	1970	1971

제 2기에 있어서 주도적인 연구개발현황은 다음과 같다.

(오스트리아) 1965년에 시작한 Graz 저온연구소에서의 연구는 세계에서 가장 역사가 깊은 것중의 하나로 지속적인 연구개발 과정을 거쳐 1979년에 66kV, 1000A급 초전도 케이블을 제작하여 Arnestein 발전소 구내의 실선로(50m)에 포설한후 1979에서 1980년 사이에 계통 운전시험에 성공한바 있다.

(미 국) BNL에서는 1971년부터 사전조사연구, 최적설계연구, 요소기술

연구를 거쳐 1982년 3상 100m test 장치를 건설한 후 1982년 10월 부터 1986년 6월까지 8회에 걸쳐 각종 통과전 시험을 한 바 있으며, 1992년에는 3km 구간의 실용선로에서의 운전시험을 계획하고 있다.

(일본) 1978년 발족한 통산성의 “성에너지 기술 연구 개발 제도”의 일환으로 전자기술 종합연구소에서 초전도 ;케이블 개발 연구를 진행하고 있으며, 그결과로써 1982년 10년 10m의 AC 154kV 모델 케이블을 제작하여 6400A의 통전시험에 성공한바 있고 현재도 계속 장기 실증시험, 장치 냉각 제어기술 등과 같은 실용화 기술을 개발중이다.

(2) 선진기술국과의 기술협조분야 및 가능성 검토

분 야	선진기술	국내응용 가능성	공동연구 필요성	공동연구 가능성	비 고
저손실기기	• 비정질 소재 제조기술	응용	필요	불가능	특허기간중임
	• 비정질 소재 가공기술	응용	불필요	—	—
	• 비정질 변압기 설계 기술	응용	불필요	—	—
	• 조립기술	응용	불필요	—	—
초고압기기	• 차단기 설계.제작기술	응용	불필요	—	—
	• 차단기 소재 제조기술	응용	필요	가능	검토요함
	• 시험평가 기술	응용	불필요	—	—
	• 분상설계.제조 기술	응용	필요	가능	검토요함
	• 절연설계	응용	불필요	—	—
	• 피뢰기 소자 설계 및 제조	응용	필요	가능	검토요함
	• 대응탕화 기술	응용	필요	가능	검토요함
신케이블	• 초전도선재 제조.공정 기술	응용	필요	불가능	기술보호
	• 초전도 케이블 설계	응용	불필요	—	—
	• 절연설계 및 재료	응용	불필요	—	—
	• 냉각및 제어기술	응용	필요	불가능	기술보호
	• 시험 및 계통연계기술	응용	불필요	—	—
	• 극저온 단말및 접속재	응용	필요	불량	기술보호
	• 안정화 기술	응용	불필요	—	—

(3) 국내의 기술수준 비교 및 국내 기술개발의 필요성

분 야	국 내 수 준		선진국 수준	개발필요성
	내 용	수 준 (상대평가)		
저손실 전기기기 (비정질 변압기)	<ul style="list-style-type: none"> 비정질 재료를 실험 실적 규모에서 제조하여 특성평가, 연속 제조 시스템 개발 계획수립 및 소재 수입하여 변압기 제작 및 특성평가중 	중	<ul style="list-style-type: none"> 비정질 재료 양산화 및 비정질 변압기 양산화에 실제 line 에 투입 field test 및 실용화 단계 	<ul style="list-style-type: none"> 수요급증 예상 광폭화 및 변압기 적용기술개발에 따라 완전국산화 대체가능
초고압 (차단기, 분상, 피뢰기등)	<ul style="list-style-type: none"> 345kV급까지는 국내 생산하여 사용하고 있으나 핵심부품 및 설계기술을 도입하여 생산, 품질도 낮은편임 800kV급 기기는 현재 연구계획 수립중 	중	<ul style="list-style-type: none"> 1100kV급까지의 재료, 부품, 설계 기술을 확립하여 생산중 1100kV line은 실제 건설중에 있음 	<ul style="list-style-type: none"> 2000년경 800kV 승압.계통 투입예정 핵심부품은 수입 의존하기 때문에 전제품의 국산화 지연
신케이블	<ul style="list-style-type: none"> 초전도 케이블의 요소 기술연구로서 절연 및 냉각기술은 확보 단지 시스템기술은 개념 정립 단계로서 낙후되어 있음 탄소섬유 cable 등은 수입하여 사용하고 있고, 소재에 대한 기초연구 수행중 	중 하	<ul style="list-style-type: none"> 실증시험 단계거나 일부 실용화 계통에 투입 운전되고 있음 탄소섬유전선등은 대량생산중 	<ul style="list-style-type: none"> 기술보호심각 타기술로의 지급 효과 지대 2000년경에는 실용화 예상
정부지원	과학기술처의 특정연구 개발사업으로 연간 약 5억원정도 지원	하	<ul style="list-style-type: none"> 미국, 영국, 일본등에서는 정부에서 연간 연2,000억 이상 지원 	

(4) 기술의 산업발전 기여도 및 실용화 시기 예측

분 야	기기 / 기술	산업발전기여도				실용화시기	
		소 재	중전기	에너지	기 타	국 외	국 내
저손실기기	• 비정질 소재	100	50	20	50	1980	1993
	• 비정질 변압기	20	80	100	20	1989	1998
초고압기기 (345, 800kV)	• 대용량.초고압화	80	80	100	—	1985	1995
	• 차단기	20	100	50	—	1989	1999
	• 붓싱	20	100	50	—	1987	1999
	• 피뢰기	20	100	50	—	1986	1998
신케이블	• 초전도 재료	100	80	100	80	1964	1995
	• 초전도 송전 시스템	50	50	100	50	2000	2000
	• 냉각 및 극저온 제축. 제어	20	50	50	100	1985	1996
	• 탄소섬유 소재	100	20	20	20	1988	1997
	• 탄소섬유 케이블	50	—	100	20	1994	2001

비교 : 기여도는 중점산업을 100으로 보았을때 상대적 기여도 임

5. 핵심기술별 국내외 시장예측

가. 예측의 필요성 및 예측기법

- 전력기가분야에서의 핵심기술에 대한 분석은 타분야에서와 마찬가지로 투자의 우선순위 및 타당성을 평가하기 위하여 필요
- 국가간의 경쟁이 점차 심해지고 기술보호주의가 강화되는 추세에 핵심 기술의 다립은 국가적으로 중요한 사항임

- 우리나라의 R & D 투자는 90년 현재 GNP의 2% 정도이며 2000년에는 GNP의 5%선으로 투자될 것으로 예상되고 있으나 절대액이나 기술 인력, 기술정보 등에서 선진국과의 격차가 심한 실정임
- 전기재료분야에서는 특히 국내의 기술수준과 선진국의 기술수준의 격차가 심하며 전력분야의 특성상 장기적인 신뢰성을 요구하기 때문에 이미 기술을 확보하고 있는 선진국의 기술에 예속되기가 쉽고 기술의 자립을 위한 투자에 어려움이 많음
- 기본적으로 국내의 전기재료 시장이 협소하기 때문에 국외에서 선진기술과 필연적으로 경쟁하여야 하는 국내기업의 입장에서 국내외의 시장을 예측하는 것은 연구개발 투자를 위하여 매우 필요함
- 국가적으로도 제한된 예산과 장비, 인력의 제약조건하에서 국내외 시장에서의 기술수요를 파악하고 집중투자하여야 할 핵심기술을 선택하는 과정은 매우 중요하며 이러한 수요예측에 의하여 효율적인 연구개발 전략을 도출하고 핵심기술을 집중 개발함으로써 선진국과의 기술경쟁력을 확보할 수 있음
- 핵심기술의 수요에 대한 예측은 이를 사용하는 전력분야에서의 수요증가 추세와 전망에 기초하여 예측하며 관련재료의 현재까지의 수요증가를 분석하여 이를 예상수요에 적용하는 방법을 이용
- 국내의 전력수요는 성장기인 60년대 평균 23.3%, 70년대 17.2%의 높은 증가율을 나타내었으며 이중 산업용 수요가 약 70%를 차지하였음
- 80년대 중반까지는 유가파동 및 국내경제 침체로 7%~10%로 성장률이 높았으나 80년대 후반에는 14% 가까이로 다시 증가하였음
- 90년대 이후 전력수요는 증가율에서는 둔화될 것으로 예측되나 절대량에 있어서는 2000년에는 90년의 약 2배 2006년에는 약 2.7배 수준이 될 것으로 전망

- 우리나라의 1인당 전력소비량은 1961년 158KWH에서 1990년 2,200KWH로 크게 증가하였으나 이는 미국의 50년대 일본의 1966년, 대만의 1978년 수준에 불과하여 앞으로 전력수요 증가의 잠재력이 매우 큼. 2000년의 전력수요는 4,300KWH로 90년의 약 2배로 추정됨
- 우리나라의 장기전원 개발계획에 의하면 91년에서 2006년까지 원자력 발전소 18기를 포함한 85기의 신규발전소가 건설될 계획이며 이에 따른 송배전 설비의 보강계획이 수립되고 있으며 전원설비외에 경부간 고속전철 사업등이 전기재료의 수요예측에 고려될 수 있음

나. 세계시장

(1) 저손실 전기기기

(가) 기술의 특성 및 용도

- 저손실 기기에서는 이 분야에서의 근간이 되는 기술로 비정질 재료 기술만 언급하기로 한다.
- 비정질 재료는 원자배열이 무질서한 구조로 되어 있기 때문에 결정자기 이방성이 없고, 결정정렬계 등 자벽의 이동에 대한 장애가 없어서 본질적으로 투자율이 높은 연질자기 특성을 보유
- 특수한 원자배열에서 발생하는 고경도, 고강인성, 고전기저항등 종래의 결정질 자성재료에서 볼 수 없는 특성을 구비하고 있는 재료임
- 보유특성에 따라 고평화자속밀도 재료, 고투자율 재료, 저 core 손실재료 및 고자왜 재료로서 구분할 수 있으며 기본조성은 Fe, Si, B나 Co, Fe, Si, B의 합금으로 요구특성에 따라 Cr, Ni, Nb이나 Mn, Mo 등을 첨가하여 제조
- 비정질 재료의 산업적 응용
 - 자기적 특성의 응용 : 전력용 변압기 core, 자기헤드, 오디오 헤드, 고주파 트랜스, 자기실드, 각종센서

- 기계적 응용분야 : 터빈재료, 솔더재료, 칼날재료
- 화학적 응용분야 : 고내식재, 수서저장재료, 전극, 환원반응촉매
- 전기적 성질 응용 : 센서, 초전도체

(나) 시장규모

- 비정질 재료의 최대수요인 변압기용 철심으로서의 응용은 1985년도에 미국에서 가속화 되어 현재 약 20,000대의 변압기가 설치되어 있음

〈표〉 비정질 재료의 판매상황

제작사 / 년도		1983	1985	1986	1988	1990	1996	2000
Allied사	판매량	15	30	50	100	145		
	금액	20	33	50	80	102		
Hitachi금속	판매량			4	10	10		
	금액			150	250	350		
TDK	판매량			0.7	1.2	2.0		
	금액			35	30	44		
원료합계	판매량	15	30	53.7	111.2	163톤	20만톤	40만톤
	금액	20	33	236	360	406	1,000 억엔	2,000 억엔

- 변압기 철심에 사용되는 비정질 합금의 대량사용은 현재 Allied Signal 사가 보유한 특허 기한인 1993년 이후나 2000년경에나 이루어질 전망이다
- 일본에서의 예측에 의하면 변압기 분야에서의 비정질 재료 사용이 시작되면 연간 20만톤의 비정질 합금이 필요하게 될 것이며 전자분야에서

의 용도는 연간 15% 비율로 증가하고 있으므로 90년대 중반에는 2만 톤 정도의 비정질 합금이 사용될 것임

(2) 초고압 전기기기

(가) 기술의 특성 및 용도

- 문화의 발달에 따른 전기에너지 수요의 급격한 증가는 전기에너지를 생산하고 수송하는 기기들의 용량증대를 야기시키는데 이들 전기기기의 용량 증대 방법은 크게 전압을 증가시키는 것과 전류를 증대시키는 두가지 방법이 있음
- 이중 전류를 증대시키는 방법은 이들 기기의 도전재료로 실용화되고 있는 Cu나 Al이 자체 재질이 갖고 있는 전기저항 성분으로 인해 저항 손이 발생하기 때문에 전류를 흘릴 수 있는 한계가 있음
- 따라서 전류를 통전 가능한 일정량으로 하고 전압을 증가시켜 그 용량을 증대시키고 있는데 현재의 세계적 흐름이 800kV 이상의 초고압격상된 전기기기 개발 추세에 있고 이중 가장 중요시되는 특성이 신뢰성 문제로 이것은 절연재료의 성능과 직접적인 관계가 있으며 전기기로서의 응용분야 따라 이 절연적 요구성능을 고려하여 각종 기기를 개발하고 있음
- 초고압 전기기기용 전기재료의 산업적 응용
 - 대전력수송 : 피뢰기, 변압기, 붓싱, 애자, 케이블 등
 - 대전력생산 : 발전기, 에너지 저장, MHD 발전 등
 - 대전력이용 : 전동기 등

(나) 시장규모

- 우선 전기기기 전반적인 세계시장을 검토하여 보면 이 분야에서의 세계 교역 규모는 '80년 현재 1,690억불 규모로 '84년의 987억불에 비해 약 1.9배 증가하였고 '84-'88기간중 연평균 증가율은 약 16.8%로 높

은 증가추세를 보이고 있으며 이러한 증가율은 생산증가율을 훨씬 상회하는 것이다.

- 향후 중전기기의 수요도 '84-'88기간중의 연평균 증가율 17%로 계산하여(물론 그 수요의 증가율은 이보다 높겠지만) 2000년을 기준으로 하면 8,197 억불이라는 엄청난 시장수요가 예측된다.
- 아래의 표는 전 중전기기 분야를 대상으로 하였으나 이중 345kV 이상의 초고압 전기기기 분야가 차지하는 금액대비 비율은 전체중 90년도는 30%, 95년도는 40%, 2000년도에는 50%로 하여 비교적 낮은 비율로 계산하여 볼때 2000년도에서의 초고압 전기기기의 세계시장은 대략 4,093억불이 된다.

〈세계 전기기기 시장수요 예측〉

분류/ 년도	1985	1986	1987	1988	1990	1995	2000
전기기기	90,354	113,134	136,611	166,982	228,581	501,153	1,098,752
중전기기	69,059	84,750	101,602	124,575	170,530 (30%)	373,880 (40%)	819,712 (50%)
초고압 전기기기	—	—	—	—	51,159	149,552	409,356

주) ① ()는 중전기기중 초고압 전기기기가 차지하는 금액대비 비율

② 자료 UN : Intenational Trade Statistics Year book 1988, Vol 2, 1990

(3) 신케이블

(가) 기술의 특성 및 용도

- 오늘날의 도심 밀집 수요에서의 인구증가에 따라 이 지역에서의 전력

수요 형태는 고밀도, 대용량 전력수송 기술을 필요로 함

- 그러나 전력수송 line의 포화로 인한 용지확보문제 및 송전능력의 한계로 보다 혁신적인 전력수송방법을 요구하고 있음
 - 이 문제의 해결방법으로 선진기술국에서 향후 채용하고자 하는 방법이 고밀고 저손실 초전도 지하 송전방식으로 이 방식은 기존의 Al, Cu 도체에서 발생하는 전기저항을 제로로 만들어 전혀 이로인한 손실이 없도록 하는 기술로써
 - 이 개념이 실용화되면 초고압 송전으로 인한 변전설비의 확충문제가 해결됨과 더불어 국가간의 전력무역도 가능하게 됨
 - 이하에서 개발하고자 하는 초전도 케이블의 산업적응용으로는 크게
 - 초고압 가공 송·배전선
 - 지중 전력 케이블
 - 무손실 통신선 및 각종 배선 분야
- 등으로 볼 수 있음

(나) 시장규모

(가격 : 억원)

분야 / 년도	1988	1989	199	1995	2000-2010	비 고
• 초전도케이블(km) 가격	—	—	—	100 330	110,000 330,000	1. 1000백만원/1GVA km로 산출, 3GVA 기준 2. 미국, 일본, 영국, 서독, 호주, 한국적용(세계 전력망의 40%라 가정) 3. 2010까지의 지중화율 20% 가정(154kV급 이상적용) 4. 전체 지중화 cable중 초전도화율 20% 가정 소요거리=전력선총장x100/40x지중화율x초전도화율 5. 초전도 케이블 비용중 각 요소재료가 차지하는 비중 가정 - 초전도선재(30%), 200만원/km - 절연재(20%), 1000원/km - 냉각재(20%) - 기타(30%) 6. 95년까지는 실증연구용으로 일부구간 적용기준(10km 실증용 x 10system)
- 초전도선재(km) 가격	—	—	—	4,950 99	4,950,000 99,000	
- 절연재(ton) 가격	—	—	—	660 66	660,000 66,000	
- 냉각재(가격)	—	—	—	66	66,000	
- 기타(가격)	—	—	—	99	99,000	
• 케이블 및 기타 • 용도로써의 C.F 재료수요(ton) 가격	4100 810	5000 960	5800 1000	11,000 2,000	22,000 5,000	

다. 국내시장

(1) 저손실 전기기기

- 1990년 현재 국내에서의 비정질 재료 사용은 주로 Co계의 재료로서 전자부품에 소규모로 적용되고 있는 실정이며 전량수입되고 있음
- 비정질 변압기에 대한 기술개발은 86년 한전과 효성중공업에 의해 시작되었으며 현재 20kVA급과 50KVA급이 제작되어 field test중에 있음
- 따라서 국내에서의 현재 비정질 재료 시장은 최대 수요부분인 변압기용 철심재료로의 응용부분이 미비한 실정임

- 비정질 재료의 변압기로의 적용이 국내에서 시작될 경우 연간 변압기 수요는 30,000대 정도로 약 2,000톤의 재료가 소요 60억원의 국내시장이 형성될 것으로 추정되며 응용 범위의 확대가 가능함

(2) 초고압 전기기

- 국내 증전기 수요는 국내 전원개발계획 및 지하철 등 국내 기간산업의 확장과 국민 생활의 향상에 따른 민수용 전기기기 수요의 증대등에 따라 오늘 2000년까지는 연평균 12.0%의 증가로 보일 것으로 예측되는데 이 증전기 분야 중 초고압 전기기기도 마찬가지로 경향을 보일 것으로 추정
- 증전기 총 수요중 초고압 전기기가 차지하는 비율은 50%라 보면 2000년도의 국내 시장규모는 약 75억불이 됨

〈국내 초고압 전기기기 시장규모〉

(단위 : 백만불 %)

구 분		1995년		2000년	
			증가율		증가율
증전기기	내수	6,900	9.5	11,000	9.8
	수출	1,600	20.4	4,000	20.1
	계	8,500	11.0	15,000	12.0
초고압 전기기기		3,400		7,500	

(3) 신케이블

(가격 : 억원)

분야 / 년도	1988	1989	199	1995	2000-2010	비 고
<ul style="list-style-type: none"> • 초전도케이블(km) 가격 - 초전도선재(km) 가격 - 절연재(ton) 가격 - 냉각재(가격) - 기타(가격) 	—	—	—	1 30 450 9 60 2(6) 6 9	3,240 9,720 145,800 2,916 19,440 1,944 1,944 2,916	* 1000백만원/1GVA.km로 산출 3GVA 기준) • 2000년경 총전력선총장증 지중화율 20% • 총 지중선중 초전도화율 20% • 현재 154kV이상 전력선총장 81,000km • 95까지는 연구실적 규모로 소요예상(경제성은 고려 안했음) ()는 실용화 계통으로 계산 하여 연구실정 plant에 적용 한 값
<ul style="list-style-type: none"> • 케이블용 C.F재료 수요(ton) 가격 	—	—	500	1,300	2,800	• 2,800ton은 2000년도만임
	—	—	100	250	450	

6. 파급효과

가. 단계별 기술목표의 적용방안

<1단계>

분 야	목 표	적용방법	적용기간	비 용	비 고
저손실 전기기기					
비정질 재료	4in	기술이전(산.연 공동연구)	1년	5억원	Pilot에서 양산 설비로 변경
저손실 변압기	20kVA	2단계로	—	—	500kVA 이상 적용 가능
초고압 전기기기					
차단기 spacer	800kV급	2단계로	—	—	제조및시험전단계
차단부(GIS)	154kV, 50kA	기술이전(산.연 공동연구)	1년	1억원	기존 기업설비 이용 제조가능
Bushing	154kV급	기술이전(산.연 공동연구)	1년	1억원	기존 기업설비 이용 제조가능
피뢰기	18kV, 2.5kA, 5kA	기술이전	1년	1억원	기존 기업설비 이용 제조가능
신케이블					
극저온 전기 절연재료	LHe용 고분자 절연재료가공 공정기술	기술이전(기업 설비이용)	1년	5억원	• 기존설비에서 2축연신설비보강 • 수요는 케이블 수요이기 때문 경제성이 문제
C/F 재료	C.F보강, 고강 도 절연재료	2단계로	—	—	—

〈2단계〉

분 야	목 표	적용방법	적용기간	비 용	비 고
저손실 전기기기					
비정질 재료	8in	3단계로	—	—	연속주조기술 개발 이전단계
저손실 변압기	500kVA	기술이전	1년	2억원	<ul style="list-style-type: none"> · 주상변압기용으로 적용 · 기존 변압기 제조설비 이용
초고압 전기기기					
차단기 spacer	800kV급 제조시험	3단계로	—	—	차단기 적용전 단계
차단부(GIS)	154kV, 40kA	기술이전	1년	1억원	1단계 이전기술에서 용량증대 기술만 이전
Bushing	345kV급	기술이전	1년	1억원	1단계 이전기술에서 용량증대 기술만 이전
피뢰기	170kV, 10kA	기술이전	1년	1억원	1단계 이전기술에서 용량증대 기술만 이전
신케이블					
극저온 단말 및 접속재	4.2k, 154kV급	기술이전	1년	10억원	기술이전은 가능하나 2000년경에나 수요가능이 문제
C/F 재료	25kW급	3단계로	—	—	—

〈3단계〉

분 야	목 표	적용방법	적용기간	비 용	비 고
저손실 전기기기					
비정질 재료	연속제조	기술이전	2년	20억원	연속주조를 위한 현장제어 시스템 이 문제
저손실 변압기	5MVA	기술이전	1년	5억원	• 기존 설비에서 이용가능 • 변전소용도적용
초고압 전기기기					
차단기 spacer	차단기적용	기술이전	1년	1억원	• 기존 GIS용 차단설비이용 • 양산화 공정 기술 개발
차단부(GIS)	800kV, 40kA	기술이전	1년	1억원	기존설비 이용
Bushing	800kV급	기술이전	1년	1억원	기존설비 이용
피뢰기	345kV, 10kA	기술이전	1년	5억원	용량증대에 따른 양산설비보강
신케이블					
초전도 케이블 시스템	3GV급, 50m	기술이전	2년	20억원	기존설비에서 케이블 코아 제조 및 관로부 제조설비 보완후 가능
C/F 재료	100kW급	기술이전	2년	5억원	기존전선설비에서 C.F 섬유성형 장비 보완

나. 직접 파급효과

(단위 : 천\$/년)

분 야	생산시기	수입대체	수 출	생산규모(년)	비 고
비정질 변압기	1998	230,000	120,000	45,000대	5MVA급
초고압 차단기	1999	150,000	300,000		800kV급
초고압 붐상	1999	130,000	200,000		800kV급
초고압 피뢰기	1998	78,000	125,000		345kV급
초전도 케이블	2000	124,000	—	3,240km	3GW급
C.F.케이블	2001	57,000	—	2,800ton	100kW급

다. 간접 파급효과

(1) 저손실 전기기기

- 비정질 제조기술 및 응용기술 확보
- 신소재 개발 및 응용기술로의 적용기대
- 전기기기의 철심에 의한 손실은 70% 이상 감소
(에너지 절감효과 : 1989년 기준 169억원)
- 저손실 전기기기 개발유도
- 전기에너지의 효율적 이용
- 비정질 제조산업은 중소기업형이므로 새로운 기업창출 및 고용 증대가 이룩되고 고부가 가치 산업구조 형성 기대

(2) 초고압 전기기기

- 선진국 수준의 중전기 산업기술의 자립화
- 고온 정보화 사회를 대비한 양질의 대용량 전기에너지 공급 및 생산성 향상
- 원천 기술 확보로 기술 수입국에서 수출국으로 전환
- 초고압 전력기기 국산화 및 시험평가 기술 자립
- 신뢰성 평가 기술을 활용한 사고예방을 위한 진단 시스템 개발 기대

(3) 신케이블

- 전력수송량의 획기적 용량 및 효율증대
 - 10GW급 까지도 가능
 - 기존 OF 케이블과 비교하여 전력손실이 1/10로 감소(50kV, 5GVA 기준)
- 지역간 장거리 전력 수송 가능
- 극한 계측기술 향상(4.2k)
- 전력계통 시스템의 소형화 및 경제성 기대

- 전력계통의 저전압 대전류 달성으로 도심지역에서의 전압강화를 위한 변전설비가 필요 없으므로 계통구성이 간단해짐
- 기존의 전력케이블과 비교하여 소요 부지면적이 1/4로 감소
- 50km, 5GW 이상에서는 기존 전력케이블에 비해 송전비용 절감
- Compact형 지중화로 환경이나 전원 입지 확보 문제 해결
- 절연재료 및 단말 접속재 등의 국산화로 수입대체 및 고부가 가치성 기술 확보
- 기타 교통, 의료, 산업 분야로의 초전도 응용가능

7. 결 론

본 저손실·초고압 전기재료에 대한 수요조사 및 용도별 시장예측을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 저손실·초고압 전기재료의 범위가 대단히 넓으나 저손실 분야에서는 전기적 손실을 줄이기 위한 재료로써 비정질 재료를 개발하여 궁극적으로 비정질 변압기나 전동기에 적용하면 향후 에너지 수요의 급증에 따라 그 국내외 수요 및 시장은 막대할 것으로 예상되어 장차 수입대체 및 수출증진 더 나아가 에너지 절약에 일익을 담당할 것으로 조사됐다.
- 2) 초고압 분야에서는 변압기나 차단기, 붓싱, 피뢰기 등의 중전기기를 초고압 시키기 위한 전기재료의 고압 특성 향상에 역점을 두어 이때 발생하는 절연 및 유전, 기계적 stress, 형성·가공 문제를 해결함으로써 장차 곧 도래하게될 800kV 전력수송망 시대에 발맞추어 완전 국산화된 800kV급 초고압 전기기기를 자체개발 도입하고 수출증진을 도모하여야 되는 것으로 조사되었으며, 그 시장성은 무궁한 것으로 나타났다.

- 3) 신케이블 분야에서는 저손실 고밀도 대용량 전력수송이 가능한 재료로써 초전도 재료와 기존의 AI 가공지선의 강도열화로 기인된 단선이나 중량문제를 해결하기 위한 C. F 재료를 선정하여 궁극적으로 초전도 케이블과 C. F 복합전선화를 도모해야 하는 것으로 조사 되었으며 이를 위한 기반기술로써 초전도 케이블에서는 극저온 절연 및 단말·접속재료를 C. F 복합전선에서는 도전율 향상된 C. F 전선재를 개발해야 되는 것으로 나타났다.
- 4) 그러나 이들 저손실·초고압 전기재료의 실용화 시기 및 기술적 해결문제를 고려할 때 개발순서와 기술개발 방법 및 자원문제를 검토하여야 하는데 이상의 수요예측 및 시장 조사를 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

분 야	기술/기기	추진 여부	연 구 개시년도	개발방법	자금확보	비 고
저손실 전기기기	비정질재료	추진	1990	자체→기업공동	국책, 기업 (과기처)	순차적 기업화 유도
	비정질변압기	추진	1991	기업공동	한전, 기업	최종수요기관 자금
초고압 전기기기	Spacer	추진	1990	자체→기업공동	한전, 기업	순차적 기업화 유도
	차단부	추진	1991	기업공동	한전, 기업	최종수요기관 자금
	Bushing	추진	1991	기업공동	국책, 기업	현재 기술향상
	피뢰기	추진	1993	기업공동	국책, 기업	점진적 완전 기업화 유도
신케이블	극저온 전기 절연재료	추진	1990	자체→기업이전	국책	1단계 완료후 기업 이전
	극저온 단말 및 접속재	추진	1993	자체	국책	2단계 완료후 기업 이전
	케이블시스템	추진	1992	자체	한전, 기업	최종수요기관 자금
	고전도성 C.F전선재료	추진	1990	자체	국책	자금지원증액 및 개발결과 참조

여 백

부 록

1. 국내 전기재료 및 부품공업의 기술수준 비교
2. 주요 품목별 국산화 현황
3. 년도별 기술도입 현황
4. 수입부품의 수입 의존 요인 분석
5. 해외 과학기술자 및 국내 관련 기관 협조 현황

여 백

국내 전기재료 및 부품 공업의 기술수준 비교

품 목	요소기술내용	기 술 수 준 평 가			비 고	
		단 위	한 국	최고기술 보 유 국		경 쟁 상대국
변압기 부 품	(유입식)규소강판	mm	0.27	0.23(미)		
	절연물	상대평가	0	100	50(대만)	
	부속물	"	80	100	80	
	(전 식)절연물	"	0	100(미)	50(대만)	
	(MOLD식)원료내열도	°C	130	150(서독)		
	원료절연파괴전압	kV/mm	25	40	40(일)	
	사용도체	도체명	Al, Cu	Al, Cu	Al, Cu	
차단기 부 품	·접 점 소 재	상대평가		100(서독)	90(일)	주요소재 ·재료수 입의존재
	·Epoxy 소 재	내하중kg		1000(서독)	900(일)	
	·Ceramic 소 재	상대평가	60	100(서독)	100(일)	
개폐기 부 품	·Bushing 제조 기술	상대평가	80	100(일)	100(불)	소요원자 재및주요 기능부품 은 현재 제작가능
	·방압판 제조 기술	상대평가	0	100(일)	100(불)	
	·소호장치(특수수지 성형)기술	상대평가	0	100(일)	100(불)	
	·SF6 Gas	상대평가	0	100(일)	100(불)	
	·Gas 감압 Sensor	상대평가	0	100(일)	100(불)	
	·접속자(동합금) 제조기술	상대평가	30	100(일)	100(불)	
변 환 기 기 부 품	·전력용반도체 Power Transistor등	상대평가	30	50(미)	40(대만)	주요부품 및원자재 수입의존
	·Coil 및 Core	상대평가	80	100(미)	50(대만)	
	·Heat Sink	상대평가	90	100(미)	90(대만)	
	·NFB 류	상대평가	40	100(미)	40(대만)	
	·SCR, 독단 Fuse	상대평가				
	·Coil 및 Core	상대평가	80	100(미)	50(대만)	

자료 : 상공부, 한국전기공업협동조합

주요 품목별 국산화 현황

품 목	규 격	국산화율(%)	주요국산부품 및 소재	주요수입부품 및 소재
전동기	(고압유도전동기)3φ 300H 6KV	93	Frame, Bracket, Shaft, 규소강판, Al, 동 Rod, Mica sheet, 동 Busbar 등	Bearing, Varnish
변압기	(유입식) 15KV 66KV 22KV (건 식) 480KV (Mold식) 7.2KV	73 95 98 61 51	규소강판(0.3mm) Bushing 및 지지에자(25KV이상) 접점(500A이하) 등	규소강판(저손실용Hi-B), Relay, 절연물, 에자 및 Bushing(66KV이 상), ULTC, 피뢰기(25KV이상), 각종계기류
차단기	(VCB) 7.2KV 12.5KA 25.8KV 12.5KA (GCB) 170KV 31.5KA 362KV 4KA	72 71 63 50	Barrier, Gear Box Ass'y, Contact Ass'y Shunt Ass'y, Rodfier Ass' y, Trip Spring Ass'y 등 Gas Tank, Case, Shield, C-T Cover, Frame, Compressor Tank, BCT Ass'y	Vacuum Tube Porcelain, Support. Insulator, In- sulating Rod, SF ₆ Gas, Contact, Puffer Cylinder, Collector, Mag- net Valve Set, Main Valve Set, Air Compressor
개폐기	(기중부하개폐기) 25.8KV 400A	100	소호통(몸체Cover), 칩점, Muffler Cover, Channel Base, Support Insulator, Angle, Steel pipe, Bearing Shaft, 동 Bus-ber 등	

품 목	규 격	국산화율(%)	주요국산부품 및 소재	주요수입부품 및 소재
개폐기	(SF, Gas 부하개폐기) 가공용 25.8KV 400A	61	감압 Sensor Lock 표시판, Bushing 초전봉, Bushing 구출선, 자동축, 봉 입부, 주축절연 Arm 및 구동 Arm, Case Cover 각종지침, Receptacle, Cach부, Magnet PSMagnet 보조접점, Magnet Coil, Conunter, 접촉부 부품 등	Bushing, 방압판, 흡착제, SF ₆ , Gas, Bellows Ass'y, Sensor Ass' y 접촉부 부품
	(SF, Gas 부하개폐기) 지중용 25.8KV 600A	64	소호부 Am Ass'y, Actuator Guide Ass'y, Handle Rod, Guide Rod, Spr- ing, Insulation PL. Bushing Adapter, Corona Shield, Bus-bar Ass'y, Tie Rod Base, Pipe Ass'y Cover, Doubler, 외화, Enclosure Ass'y등	Bushing, Operating Bellows, Ru- bber Bellows, Pressure gauge, SF, Filling Valve, Puffer Tube Ass'y, Male Contact, Female Contact, Spring
	(Recloser)25.8KV 600A (Loop Switch) 25.8KV 560A	66 63	Bushing Ass'y, Head Ass'y, Tank, Mounting Bracket Ass'y, Operating Mechanism, Control Part, CT Asse- mbley	Vacuum Interrupter, Battery
제어반	전동차용 제어반	50	SCR, I, Bus-bar, VCB, CT,	NFB, Discrepancy S/W
	발전소용 제어반	60	Load Unit 류 등	Mosaic Tiles, Mosaic PNL
	변전소용 제어반	70		Frame, Aux-Relay
	산 소 용 제어반	65		
변환기기	(UPS/CVCF) 300KVA	75	Converter Module, Filter Module	Inverter Module, Inverter PCB,
	5KVA	90	Commutator Module, S/S Module,	S/S PCB, 냉각 Fan, UV NFB, Motor Breaker

품 목	규 격	국산화율(%)	주요국산부품 및 소재	주요수입부품 및 소재
변환기기	(Inverter/Converter)	91	Converter PCB, Transfomer, Reactor 등	
	5.6kVA	89	Case, Core, 부동선, 박열판V형, 진상 Condenser, Tr, MG S/W, Meter류 등	Connector, Fuse
			DC Capacitor, Chopper Unit, Inverter Unit, MCB Fuse Unit, Communication Capacitor Unit, Resistor, Sequence Unit, Fan Module 등	SCR, NFB, Diode, Custom IC, Transistor Module, Power Capacitor
피뢰기	(Gapless type) 18kV 2,500A	36	Insulator, Support, Spacer, 절연판, Spring Cap, 상부 Cap, 하부 Cap, Disconnecting Device, 고정 Band, 압축 Spring, packing, Silicagel, Bracket 등	Element(ZnO)

기술도입 년도별 현황

연도별 / 국 별	미 국	일 본	독 일	영 국	프랑스	스웨덴	캐나다	기 타	계	구성비
'83			1						1	
'84		1							1	
'85	1	9	1					2	13	
'86	2	14	1				1	1	19	
'87	9	26	1	1		2		4	43	
'88	4	15	4			2		2	27	
'89	9	15	2	1	2		1	1	31	
'90	4	8	1	1		1		1	16	
계	29	88	11	3	2	5	2	11	151	
구성비 (%)	19.2	58.3	7.3	2	1.3	3.3	1.3	7.3	100	

수입부품의 수입의존요인 분석

품 목	부 품 명	수 입 의 존 요 인
전동기부품	<ul style="list-style-type: none"> · Varnish · 고연 Bearing 	<ul style="list-style-type: none"> · 기술부족으로 인한 절연특성 부족, 품질저하 · 기초소재부족으로 인한 강도저위 · 정밀가공기술부족 · 규격별 수요부족
변압기부품	<ul style="list-style-type: none"> · 규소강판 · Relay · 절연물(절연지, 절연 Tube등) · 애자 및 Bushing(66kV이상) · ULTC · 피뢰기(23kV이상) · 각종 계기류 	<ul style="list-style-type: none"> · 포항제철에서 생산되고 있으나 저손실용(Hi-B)은 수입에 의존 · 품질수준 저위(점점재질 불량)로 수입 · 수요, 경제성, 기술부족으로 국내개발 곤란 · 국내수요부족 및 기술(소성, 절연물처리) 낙후 · 부품수입 조립단계 · 수요부족으로 국내미개발(23kV이하는 국내생산되나 품질저위) · 50% 이상 국산화되어 있으나 품질수준 저위
차단기부품	<ul style="list-style-type: none"> · Vacuum Tube · Porcelain (66kV이상) 	<ul style="list-style-type: none"> · 고급기술 부족 · 성형, 소성기술부족 및 수요부족

품 목	부 품 명	수 입 의 존 요 인
개폐기부품	<ul style="list-style-type: none"> · Bushing · Bellows Ass'y · Puffer Tube Ass'y · Contact · Vacuum Interrupter 	<ul style="list-style-type: none"> · 소재 및 가공기술 부족으로 수입에 의존 · 고도의 기술을 요하는 것으로서 국내기술부족으로 제작불가
제어반부품	<ul style="list-style-type: none"> · NFB · Discrepancy S/W · Mosaic Tiles · Mosaic PNL Frame · Aux-Relay 	<ul style="list-style-type: none"> · 국내개발되었으나 품질수준이 낮고 고가임 · 기술부족 · 국내수요부족으로 미개발
변환기부품	<ul style="list-style-type: none"> · Inverter Module · Invertreer P.C.B · Motor Breaker · SCR등 반도체 소자 	<ul style="list-style-type: none"> · 국내수요부족 및 기술부족으로 미개발

해외 과학기술자 및 국내 관련기관 협조현황

분 야	국명	기 관	직 책	전 공	성 명	자문내용
저손실 전기기기	일본	동북대학	교 수	비정질 재료	増本健	성능향상기술
	일본	동북대학	조 수	비정질 재료	김병걸	가공기술
	한국	성진전기(주)	사 장	변압기	이종한	기업실태
	한국	산업과학기술연	실 장	비정질 재료	김문철	연구소 실태
초고압 전기기기	일본	북해도대학	교 수	전기응용	長谷川淳	• 일본의 동향 • 핵심기술내용
	일본	전력중앙연구소	부소장	대전력	稻葉次紀	차단기핵심기술
	한국	KIST	센터장	전기소자	오명환	피뢰기핵심기술
	한국	현대중전기(연)	소 장	전력기기	김영남	기업화기술
	한국	효성중공업(주)	이 사	전력기기	노철웅	기업실태
신케이블	일본	전자기술종합연	부 장	초전도 응용	大西利兄	일본의실태
	미국	Brookhaven연	부 장	초전도 시스템	E.B.Forsyth	핵심기술
	일본	도요하시기술대	교 수	초전도 케이블	M.Kosak	극저온절연기술
	한국	한국전력공사	과 장	초전도 기기	홍원표	송전수요량