

국가기술지도에 있어서의 전력설비 진단기술

■ 김광화 / 한국전기연구원 산업전기연구단 전력설비진단 연구그룹

서 언

우리나라가 한 단계 더 도약을 하여 10년 후 국가 종합경쟁력 세계 10위를 지향한 21세기의 국가 건설을 위해서 지난 30여년 동안 과학기술투자과 과학기술인력을 확대하는 정책을 제고하며, 선진국과 경쟁하고 빠르게 발전하는 기술혁신속도에 대응하기 위하여 국가기술지도를 작성하여 선택과 집중 전략에 의한 체계적인 기술발전의 초석을 만드는 것을 국가 과학기술위원회에서 2002년 3월부터 수립에 돌입하여 2002년 11월 28일 제 11차 과학기술위원회의에서 확정하였다.

국가기술지도에서는 10년 후 1인당 GDP 2~3만 달러 국가종합경쟁력 세계 10위를 지향한 5대 국가 과학기술발전 비전을 설정하고 있으며, 그 비전은 『정보-지식-지능화 사회 구현』, 『건강한 생명사회 지향』, 『환경/에너지 프론티어 진흥』, 『기반주력산업 가치창출』, 『국가안전 및 위상제고』로 정하고 있다. 또한 비전을 구현하기 위해 요구되는 49개의 전략제품 기능과 개발을 위한 99개 핵심기술을 도출하였다. 전략제품 기능은 경제적 파급효과, 전략적 중요도, 기술개발의 성공가능성을 기준으로 선택하였고 전략제품은 기능별로 그 전망 및 전략, 핵심기술간 관계, 변화인자 등을 포함한 마크로기술지도를 작성하였다. 핵심기술별로는 핵심기술의 특성, 기술의 실현시기, 우리의 기술수준, 기술확보방안, 개발목표와 일

정 등을 시계열로 표기한 기술지도를 작성하였다.

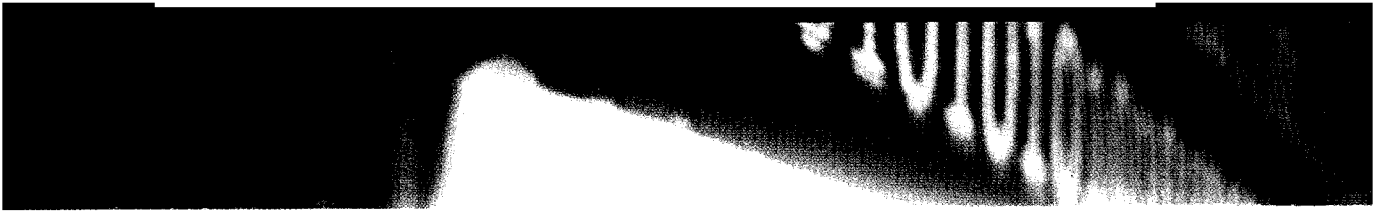
이상과 같은 이념으로 작성된 국가기술지도내에 99개의 핵심기술의 하나인 고신뢰성 전력시스템기술에 전력시장기술의 5개 항목 중에 진단기술은 전력설비 진단 및 수명예측기술항목으로 기술지도가 작성되어 있다. 여기에서는 비전에 핵심기술의 개요, 관련 산업동향, 기술개발동향 및 기술수준이 기술되었고, 기술지도 작성에 6개의 기술항목에 대해서 핵심요구사항 및 성능목표, 기술영역 및 요소기술, 기술지도 전개, 기술개발전략, 실행을 위한 제언으로 구성하여 기술되어 있다.

전력설비 진단 및 수명예측기술도 이상과 같은 방식으로 기술하였으며, 센서기술, 측정 및 분석기술, 열화특성 변화추이 분석기술, 수명평가분석기술, 리사이클링기술과 On-Line 진단 및 종합시스템화 기술로 구성하여 기술하였다.

본 고에서는 이상과 같이 작성된 국가기술지도의 내용을 다시 되짚어보고, 전력설비 진단 및 수명예측 관련 기술의 발전에 이바지할 수 있기를 바란다.

전력설비 진단 및 수명예측기술에 대한 해설

2장에서는 국가기술지도에 기술된 내용과 차세대 성장동력산업에 기술된 내용을 보여주고 간단한 해설을 붙였다.



핵심요구사항(Critical System Requirement(CSR))

및 성능목표(Performance Target) 설정

전력설비의 진단기술에 있어서 기술내용을 진단분야인 센서기술, 측정 및 분석기술과 수명평가분야인 전력기기 절연재 열화특성 변화추이 분석기술, 수명평가기술, 리사이클링 기술과 시스템분야인 On-Line 진단 및 종합시스템화 기술로 분류하고 기술의 개발방향과 성능 목표에 대해서 기술하는 것으로 하였다.

기술개발방향은 IT와 접목이 될 수 있는 디지털측정 및 지능형 분석기술과 네트워크를 통한 시스템 기술에 대하여 기술하였고 성능 목표는 단기, 중기 및 장기로 나누어 기술의 고도화를 목표로 하였다.

가. 핵심요구사항

- 1) 전력기기인 변압기, 차단기 및 케이블 등의 상태 분석용 기반기술 확보를 위한 절연재료 열화특성 변화 추이분석 기술이 구축되어야 함
- 2) 운전 중인 전력기기 절연, 통전 등의 상태를 진단하기 위한 고감도 지능형 센서(Chip type, Optical cell type등)설계 제작기술이 개발되어야 함
- 3) 부분방전 등의 측정 및 잡음제거용 디지털 신호처리 기술이 개발되어야 함
- 4) 전력기기의 상태를 진단하여 기기 수명을 분석하고 평가하는 교체시기 판단 기술과 설비의 리사이클링 기술 등이 개발되어야 함
- 5) 전력기기의 On-Line 모

니터링과 현장 데이터 피드백을 위한 시스템 종합화와 데이터베이스의 기술 등이 구축되어야 함

나. 성능목표

핵심기술내용	기술성능목표			비고
	단기('02~'05)	중기('06~'08)	장기('09~'12)	
센서기술	Chip, Optical Cell type 고감도 센서	Multi-Performance Intelligent 형 센서		- 국내 전무 - Prototype 개발 중
측정 및 분석기술	Wide-band Amp. & DSP Pattern인식기술	쌍방향 system용 DSP 및 Pattern 인식기술		- 현재 수준 아날로그형, 잡음제거 취약
전력기기 절연재 열화특성 변화추이 분석기술	단순열화 중심형	복합열화 중심형	-	- 현재는 단순열화 평가수준
수명평가분석	22.9kV급 이하기기	154kV급 이하기기	765kV급 기기	- 미래의 기술
리사이클링 기술	50%수준	70%수준	90%수준	- 국내에는 전무상태
On-Line 진단 및 종합시스템화 기술	인터넷기반 진단시스템	인터넷기반 쌍방향 진단시스템	광역 표준 진단시스템	- 비표준화 단독 시스템 수준임

기술영역 및 요소기술

전력설비 진단기술에서 기술영역은 진단기술, 수명평가기술 및 시스템기술로 나누고 이 기술영역들에서 핵심기술의 내용과 요소기술과 기술전망에 대해서 해설한 것이다.

요소기술은 핵심기술을 구성하는 관련 첨단기술과 필수기술에 대해서 기술하였고 미래 기술을 전망하여 기술 발전추세에 적합한 내용을 기술하였다.

가. 기술영역 및 요소기술 도출

기술영역	핵심기술내용	요소기술
진단기술	센서기술	- 전기적, 광소자형 센서설계 및 제작기술 - 지능형센서기술 등
	측정 및 분석기술	- 광역 앰프필터설계기술, 신호처리기술 - 인공지능형 패턴분석기술
수명평가기술	절연재 열화특성변화 추이분석	- 열적, 전기적, 기계적 열화평가기술 - 복합열화평가기술
	수명평가분석기술	- 단순열화와 수명과의 상관관계분석 - 복합열화와 수명과의 상관관계분석
	리사이클링 기술	- SF6 가스, 절연유등의 회수 및 재생기술 - 기기의 보강과 재활용기술 - 폐기물 처리기술
시스템기술	On-Line 진단기술	- 측정 및 전송 기술, 잡음제거기술
	종합시스템화기술	- 진단기술의 표준화기술, 디지털 전력기기와 정보화기반 연계기술, 설계통경험의 R/D feed back 인프라구축기술

나. 기술영역 분석

기술영역	최첨단 동향	최첨단 동향
진단기술	<ul style="list-style-type: none"> - 미국 EPRI, 유럽 KEMA, CESI, EDF 등의 연구소는 신뢰성 향상을 위하여 전력시스템에 IT기술을 접목한 진단기술을 개발 - 디지털 기술의 접목으로 진단기술의 고도화 - 광소자, Chip-type과 같은 NT기술이 접목된 신 개념 센서 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 전력시스템에 사용되는 전력기기는 개방형 상호 운전가능체제로 발전하여 자동화 및 무인화로 되므로 자기진단형의 전력기기가 주류를 이룰 것임. 따라서 진단기술은 필수 기술로 역할을 할 것임 - 측정기술은 디지털화가 이루어지고 분석기술은 인공지능화가 되어 전문가형 분석기술이 주류임 - 센서 기술은 고감도를 위한 NT가 접목된 새로운 개념의 센서개발 및 지능형 센서로 발전할 것임
수명평가 기술	<ul style="list-style-type: none"> - 재료의 물성분석기술이 발전되고 가스분석, 수분 분석, 열화분석 등이 개발 되어 수명평가분석에 활용 - On-line상태에서 데이터 축적이 가능하여 수명평가 기술 기반이 마련되고 있음 	<ul style="list-style-type: none"> - 절연체의 열화특성추이분석의 데이터의 축적과 전력기기의 운전특성 데이터의 축적으로 기기의 수명분석기술의 향상이 이루어지고 궁극적으로 종합적인 분석기술개발로 전력기기의 운전, 보수, 교체 및 리사이클링에 활용될 것임
시스템 기술	<ul style="list-style-type: none"> - 디지털기술 도입으로 디지털 =계전기 등 활용. Siemens, ABB, 등은 디지털형 전력 시스템 요소인 ED를 개발 개방형 광역화 시스템에 적용 	<ul style="list-style-type: none"> - 지금의 전력시스템은 수직트리 체계이지만 미래에서 수요자중심의 개방형 상호 운영체제로 바뀌게 되며 따라서 진단기술도 필수요소기술로 자리잡게 되어 제어보호시스템과 연계되어 무인 자동 광역시스템화로 발전하게 될 것임

기술지도 전개

기술지도에서는 기술영역에 대한 요소기술들의 개발계획에 관하여 Milestone 형식으로 그림1에서 보여주고 있으며, 기술과 개발될 제품과의 상관성에 대해서 그림 2에서 보여주고 있다.

기술개발 전략

전력설비 진단기술개발을 효과적으로 하기 위하여 각 요소기술에 대한 강약점과 발전추세를 분석하고 기술의 국가 경쟁력에 따른 성숙도를 나타내고 있으며, 기술확보 방안과 기술제약요인을 제시하고 있다.

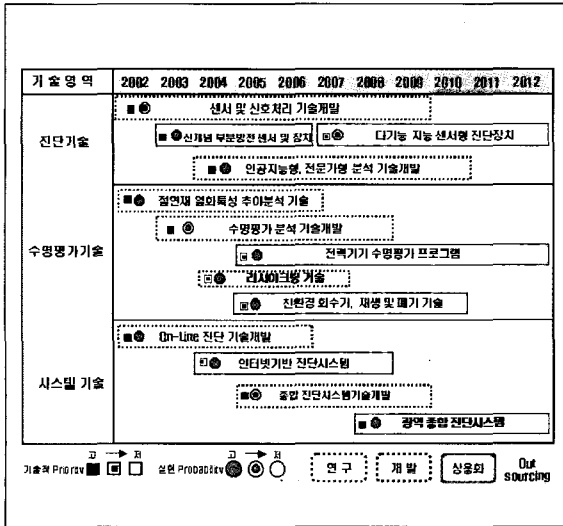


그림 1 전력설비 진단 및 수명예측 기술의 Technology Roadmap

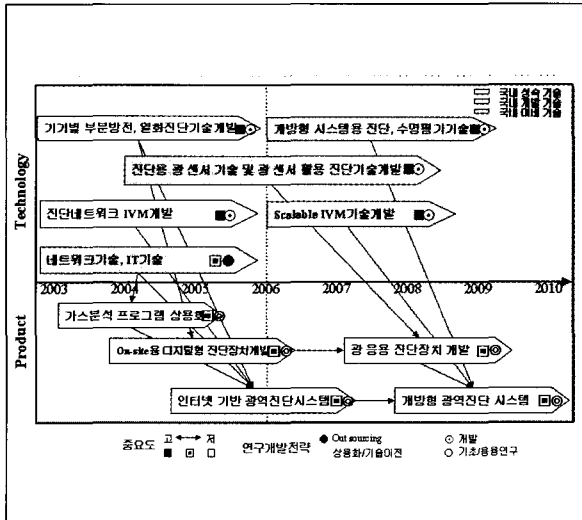


그림 2 핵심기술과 개발될 제품과 상관관계도

가. 기술대안 분석

기술대안	강약점	발전추세
센서기술	강점: 센서를 개발할 수 있는 인력, 환경이 구축되어 있음 약점: 기본기술이 취약함	- 센서는 고감도 센서, 광소자를 이용한 신개념 센서 및 다기능 지능형 센서 등이 개발되고 있음
측정 및 분석기술	강점: 국내의 디지털기술과 IT 기술이 발달되어 있음 약점: 전력기기 환경에 적용력과 분석기술축적의 취약	- 복합열화 개념의 도입과 운전특성과의 상관관계에 의한 정밀 수명분석기술로 발전하고 있음
절연재 열화 특성변화 추이분석 기술	강점: 실험설비, 분석설비, 등의 인프라 구축이 쉬움 약점: 분석을 위한 기초기술, 데이터 축적과 경험 부족	- 복합열화 개념의 도입과 운전특성과 상관관계에 의한 정밀 수명분석기술로 발전하고 있음
수명평가 분석기술	강점: 수명평가 분석이 필요한 기술수요가 많음 약점: 기초기술과 데이터 베이스 빈곤, 경험부족	- 열화에 의한 절연재의 기본적인 수명 평가기술, 평가인자 등을 도출하여 실기에 적용하는 추세임
리사이클링 기술	강점: 환경보호 등의 사회적 관심이 많음 약점: 기반기술이 취약함	- 자원절약 환경보호 측면에서 계속 발전되는 추세임
On-Line 진단기술 및 시스템화 기술	강점: 765kV 전력기기, 고정밀 산업의 전력기기에서 도입 필요 약점: 요소기술이 취약함	- 전력기기 시스템의 고신뢰화, 개방형 전력시스템의 개발에 적용하는 추세임

나. 기술경쟁력 및 기술 성숙도 분석

기술의 성숙도 ↓	Emerging	(공동연구)	리사이클링 기술 (공동연구)	종합 감시진단 시스템 (자체개발)	(자체개발)	(자체개발)
	Pacing			수명평가 분석기술 (공동연구)	(자체개발)	(자체개발)
	Key		절연재열화 특성 변화 추이분석 기술 (공동연구)	센서개발 기술 (자체개발)	측정 및 분석기술 (자체개발)	(자체개발)
	Base	(Out-sourcing)	(Out-sourcing)			
		Weak	Tenable		Leader	
우리나라의 경쟁력 →						

다. 필요기술 확보방안 분석

핵심기술 내용	기술도입 (라이선싱 포함)	자체개발	공동개발
센서기술		○	
측정 및 분석기술		○	
절연재 열화 특성변화 추이분석기술			○
수명평가 분석기술			○
리사이클링 기술			○
On-Line 진단기술 및 시스템화 기술		○	

라. 기술 제약요인 분석

핵심기술 내용	제약요인	비고
센서기술	- 기본적인 설계기술이 취약하고 전문 엔지니어가 부족함 - 관련 전문회사가 거의 없음	- 기본 인프라 전무상태
측정 및 분석기술	- 국내 계측산업의 기반이 취약하고 특수 분야에 대한 기술이 취약함	- 실규모 요소기반기술 개발을 위한 인프라 전무
절연재 열화 특성변화 추이분석기술	- 지속적으로 연구하기 위한 장기간 연구투자가 적음	
수명평가 분석기술	- 현장 적용 수준으로 높이는 데 장시간 소요되고 기기별 특성이 달라 각 기기별 기술개발을 요구함	
리사이클링 기술	- 기술의 경제성이 취약하여 개발환경을 갖추기가 힘들	
On-Line 진단기술 및 시스템화 기술	- 기술의 확대를 위한 표준화가 어려움	

실행계획을 위한 제언

- 1) 각 기술개발 과제의 특성분석으로 산학연 협동연구에서 연구의 주체를 정하고 이를 중심으로 한 개발 협력체제를 구축해야 함
- 2) 기술의 적용력과 완성도를 높이기 위하여 기술개발자와 수요자가 동시에 참여하는 연구체제가 필요함
- 3) 기술개발에서 국내 전력기기의 설계 데이터가 외국 경쟁사로 기술유출이 방지되는 프로그램 개발이 필요함.

<10대 주력기간 산업>

10대 산업	세부구성 품목 (총 38개)	산업자원부 소관과
부품소재	각 분야 부품소재	자본재 총괄과
디자인	디자인	디자인 브랜드
기계	디지털 제조시스템, 기계플랜트, 장비, 첨단기계, 스마트모틀	산업기계
철강	Life-line 용 철강, Mega-structure 용 철강, 친환경 제강(Zero-Emission)	기초소재
조선	고부가가치선박(초대형 컨테이너선), 해양부체강구조물, 디지털기반 조선컨텐츠	수송기계
섬유패션	산업용 섬유, 기능성 염색가공제품, 패션·디자인 (스마트섬유, 인텔리전트 의류 등)	섬유패션
석유정밀화학	신축매·공정 고부가가치 제품, 유기신소재, 신기능 복합화·응용수지	기초소재 생물화학
전기전자	PDA, Wearable 컴퓨터, 실버의료기기, 모바일, 전력IT(자동차, 제어시스템 등) 초전도 센서	디지털전자 반도체전기
항공우주	다목적 헬기, 무인항공기, 소형여객기, 차세대 전투기, 인공위성	자본재산업
환경에너지	환경복원시스템, Eco·소재부품, 수소에너지	산업환경 자원기술

10대 주력기간 산업에서의 전력설비 진단기술

주력기간산업은 국가기술지도에 의거하여 구체적인 기술의 개발의 목표를 분명히 하고 산업과의 연관관계를 정립하기 위하여 최근(2003년도)에 기획연구가 이루어지고 있으며 이를 발판으로 연구와 산업을 융합하여 국가 기술경쟁력을 높이고자 하고 있으며

전력설비 진단기술은 전기전자산업의 전력IT산업의 하나로 분류된다.

결 언

전력설비 진단기술은 전력산업의 구조 개편으로 21세기의 전력공급시스템이 지금과는 달리 자동화가 이루어지고 개방 상호조작형으로 바뀔 것으로 예측이 되며, 이 경우에 전력설비진단기술은 시스템의 신



뢰성의 향상에 필수적인 기술이 된다. 지금의 전력기기 설계, 제작 기술과 제어기술로는 신뢰성의 향상에 한계가 있으며, 앞으로 20 - 30년 후에는 전력공급 시스템의 신뢰성을 99.9999% 이상으로 유지할 해야 될 것으로 전망하고 있다.

국내의 전력기기 사업의 활성화와 수출경쟁력의 향상을 위해서는 진단기술이 접목된 전력기기의 개발이 이루어져야 하고 국내의 발전된 IT(Information Technology)산업과 융합한 기술을 개발하여 국가 산업의 발전을 도모하고 10년 이내에 GDP 2-3만 달러의 국민소득과 종합경쟁력 10위이내의 국가로 발돋움하기 위해서 국가 기술력을 체계적으로 개발해야 할 것이다.

그러므로 본 고에서는 전력설비 진단기술에 대한 핵심적인 기술요소의 도출과 분류를 하고 이들의 기

술의 특성과 발전방향을 제시함으로써 체계적인 기술투자로 발전의 가속도를 높일 수 있고 국가의 기술 발전과 경쟁력을 크게 높일 수 있다고 사료된다.

알림 : 진단기술에 있어서 국가기술지도 작성은 고신뢰성 전력 시스템기술의 기획위원이신 한양대학교 구자윤교수님께서 주도하여 작성하신 것임을 알립니다.

[참고문헌]

1. 국가기술지도, 과학기술부, 2002.
2. 차세대 성장동력산업, 산업자원부, 2003
3. Electricity technology roadmap, EPRI
4. Development of an integrated energy and communications systems architecture, EPRI, 2002