

전력기기 IT화를 위한 기술개발 동향

박경엽 / 한국전기연구원 신전력기기연구그룹
서정민 / 엘지산전(주)
김정배 / (주)효성 중공업연구소
장용무 / 한양대학교 퓨전전기기술훈용연구소

서론

현대 도시의 과밀화로 인한 전력소비 급증과 디지털화로 전력공급의 신뢰도 향상과 도시미관 개선 및 친환경적인 전력설비에 대한 절실한 요구가 증대되고 있다. 송변전설비에서 가장 중요한 품목 중에 하나인 초고압 GIS(gas insulated substation: 가스절연 변전소)는 국내에서 1970년대부터 꾸준한 투자로 인하여 국내의 시장에서 상당한 경쟁력을 가지고 있으나 세계시장규모의 증가폭에 신속한 대처를 위하여 지속적인 연구 및 기술개발과 투자를 하여야 한다. 이러한 추세는 선진기술을 보유한 세계적인 유명 중전기 업체의 연구개발, 투자 및 생산규모에서도 마찬가지로 나타나고 있다. 특히, 가까운 장래에 일반화가 될 것으로 전망되는 전력산업의 IT화 시대와 미주 및 유럽 지역의 송변전설비의 낙후 및 교체시기 등을 고려할 때 초고압 GIS의 IT기술점목 등과 같은 전력기기 IT화 기술 확보의 중요성은 더욱 커질 전망이다.

이상과 같은 필요성으로 정부에서는 초고압 GIS를 비롯한 중전기기분야를 효율적으로 지원할 수 있는 제도적인 방안으로 한국산업기술평가원(ITEP)에서 전담하고 있는 산업기술개발사업과 산업기술기반조성사업이 표 1과 같이 있고, 한국전력연구원 전력기반조성사업실(ETEP)의 전력산업기술

기반조성사업으로 전력산업연구개발사업과 인프라구축사업 등이 있으며, 각 사업에서는 여러 가지 세부사업들이 있으나 각 세부사업 간의 성격은 다소간 차이가 있다. 한편, 과기부에서도 전담기관인 한국과학기술기획평가원(KISTEP)을 통하여 기초, 응용, 미래기술 등과 같은 다양한 분야를 특정연구개발사업 등으로 지원하고 있다.

지금까지는 반도체, 통신, 생명과학, 자동차 등과 같은 분야에 비하여 전력산업분야의 정부지원이 다소 미흡했으나, 최근 북미 및 유럽 등에서 발생한 대규모의 정전사태 등으로 인하여 전력산업을 바라보는 정부의 시각에 상당한 변화를 보이고 있을 뿐 아니라, 세계적으로 우위를 갖는 국내의 IT산업 기반으로 정부차원에서 “전력산업 IT화”를 적극적으로 추진하고 있다.

표 1 산업자원부(ITEP 전담)의 중전기기분야 지원사업

	사업명	연관성		사업명	연관성
산자부 산업기 술개발 사업	공통핵심기술개발사업	○	산자부 산업기 술개발 사업	지역특화기술개발사업	△
	중기거점기술개발사업	○		항공우주기술개발사업	-
	차세대신기술개발사업	△		민수검용기술개발사업	-
	신기술실용화기술개발사업	△		전자상거래기술개발사업	-
	핵심기반기술개발사업	△		국제협력기술개발사업	△
	표준화기술개발사업	○		청정생산기술개발사업	△
	부품소재기술개발사업	○		디자인 기술개발사업	△
산자부 산업기 개발기 반조성 사업	산업기술기반구축사업	○	산자부 산업기 개발기 반조성 사업	전자상거래기반구축사업	-
	지역진흥기반구축사업	△		국제기술협력기반구축사업	△
	부품소재기반구축사업	○		기술연구집단화사업	△

이상과 같은 분위기에서, 최근 산·학·연 등 각 분야에서 관심 있는 초고압 GIS 산업 및 전력기기의 IT화에 대하여 국가연구개발자원의 효율적인 활용과 R&D 지원을 통한 국제 경쟁력 강화를 위하여 관련분야의 국내의 기술개발 및 시장 동향 등을 이야기하고자 한다.

기술 개발 동향

기술 수준

국내의 초고압 GIS 분야의 기술수준은 표 2에서와 같이 가공 및 조립수준은 선진국들과 어깨를 나란히 할 정

도의 수준이지만, 원천기술에 속하는 설계 및 소재 기술 분야는 선진국들에 비하면 아직까지도 상당한 격차를 갖는다. 이를 세부기술별로 비교한 표 3을 보면, 국내에서 세계적인 수준을 가지고 있다는 IT적용 기술분야에서도 통신부분은 우월하지만 시스템 통합과 구동장치부분의 기술수준이 상당히 부족한 실정이다.

그림 1과 같은 관련 연구개발문헌 발표수를 통한 국내 기술 수준을 비교하면, GIS 분야의 기술 선두그룹은 일본, 독일, 영국 등이며, 중국도 미국과 동등한 수준에 있으나 한국은 10위권에도 미치지 못하는 상당한 기술격차를 가지고 있다. 더욱이, 국내에 출원된 특허 건수만

표 2 국내 초고압 GIS의 기술수준비교

구분	기술내용			
	설계기술	소재기술	가공기술	조립기술
170kV급 이하 경계국: 독일, 프랑스, 스위스	한국 95 스위스/일본 100	한국 85 스위스 100	한국 98 독일 100	한국 98 독일/일본 100
170/245/300kV급 경계국: 독일, 프랑스, 스위스	한국 80 독일 100	한국 80 스위스/일본 100	한국 95 독일 100	한국 98 일본 100
362/420/550kV급 경계국: 독일, 일본, 프랑스	한국 90 독일/일본 100	한국 75 일본 100	한국 95 독일/일본 100	한국 98 일본 100
800kV급 이상 경계국: 독일, 일본, 스위스	한국 85 일본 100	한국 70 스위스/일본 100	한국 90 일본 100	한국 95 스위스/일본 100
기술 격차 내용 및 원인	# 특수 단품기기의 국내 산업취약 # 개발 전문인력 및 경험부족 # 관련 소재산업 기술취약 # 부상, 절연봉 및 일부 부품 수입 # 지속적인 연구개발 투자부족 # 800kV급 GIS까지 국내기술로 개발			

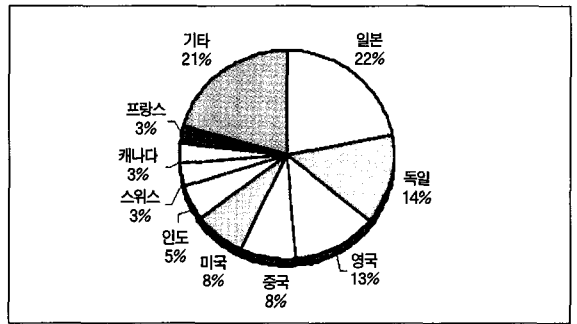


그림 1 국가별 GIS 연구개발 문헌 발표비율

표 3 초고압 GIS에 대한 세부기술별 수준

분야	기술항목	선진국 대비 기술수준				
		부족	다소 부족	동등	우월	보다 우월
초고압 GIS	개폐제어 기술		○			
	기초 설계 기술		○			
	소재-부품 기술		○			
	구동장치 기술	○				
	계통 해석 기술			○		
IT 적용 기술	제조-공정 기술			○		
	시스템통합 기술	○				
	IED(H/W) 기술		○			
	IED(S/W) 기술		○			
성능 평가	감시진단 기술			○		
	통신 기술				○	
	성능평가 설비			○		
	제어측정 기술		○			
규격적용 및 해석	성능평가 기술			○		
	규격적용 및 해석		○			

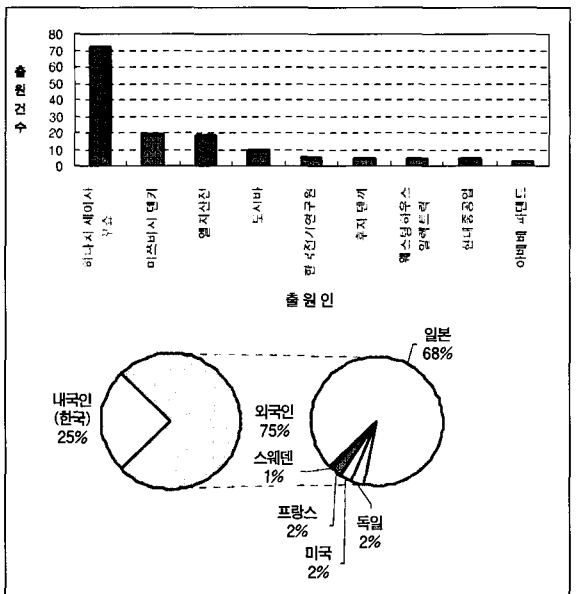


그림 2 국내 출원된 GIS관련 특허출원건수 및 비율

하더라도 그림 2에 나타난 것과 같이 엘지산전, 전기연 구원 및 현대중공업이 출원한 건수의 총화가 일본의 Hitachi사가 출원한 72건의 절반도 안 되는 수준이 있다. 또한, 국적별 출원비율을 보아도 25%와 75%로 외국인의 국내 특허출원비율이 월등히 높다. 그러나 년도별 통계를 통하면 최근에 국내기업의 기술경쟁력이 향상되고 있음을 알 수 있다.

국내외 기술현황

국내의 800kV급 GCB/GIS의 경우, 한국전력공사의 생산기술기반사업 지원과제로 KERI, (주)효성, 현대중공업(주)이 순수 국내기술로 공동개발하여 고전압 절연내력 시험 및 일부 단락시험에서 성공을 거둔 바가 있다. 그리고, 국내의 765kV 송전계통이 2002년에 처음으로 상용화 운전이 개시되면서 (주)효성의 개발품인 800kV 50kA 8,000A GIS가 사용되었다. 이 기종은 2001년도에 현대중공업(주)에서도 성공적으로 개발이 완료되어 국내 초고압 GIS 기술개발능력을 세계적으로 과시할 수 있었다. 또한 국내의 선두그룹인 (주)효성, 현대중공업(주), 엘지산전(주) 등은 362kV급/145kV급/72.5kV급 뿐만 아니라 245kV 및 170kV 급도 개발완료 또는 연구진행 중에 있다.

초고압 GIS의 진단분야는 한국전력공사가 765kV급 GIS에 예방진단기술을 이미 도입하여 연구개발과제를 수행했거나 진행 중에 있으나 진단시스템의 제품 및 구성부품의 상업화 개발은 아직 미진하여 공공부분의 적용에 어려움을 겪고 있다.

그러나, 초고압 차단기의 고전압, 대용량화에서 세계적인 수준인 일본과 비교하여 한국의 1점절당 차단용량의 증가추이를 나타낸 그림 3에서 제품개발시점만 비교하면 10년 정도 뒤져있지만, 현재시점에서의 개발능력을 감안하면 그 격차는 3~5년 전도로 줄어들 것으로 평가된다.

다음으로 해외 선진사의 기술현황은 두가지 관점으로 볼 수 있는데, 초고압 GIS 단품위주의 기술은 일본이 최고 수준인 1,100kV 50kA 2점절 가스차단기를 개발하였으며, 차단기 신뢰성 향상의 관점에서는 유럽의 다국적 기업들에서 활발하게 기술개발이 이루어져 조작력을 획기적으로 감소시킨 제품을 개발했을 뿐만 아니라, 최근

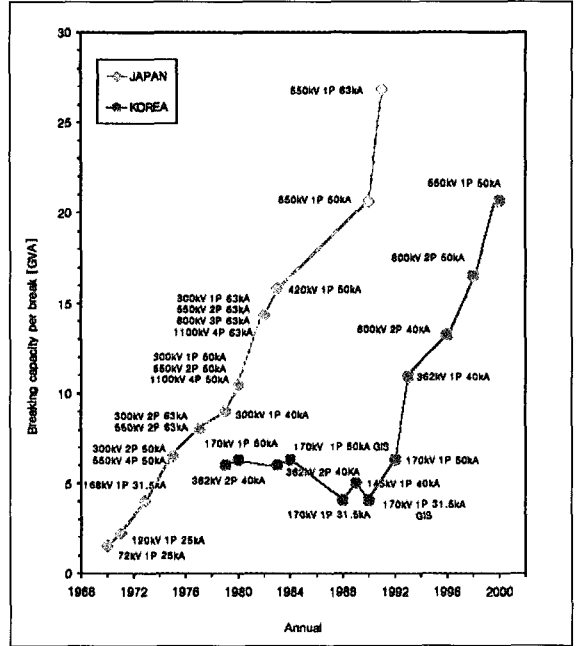


그림 3 초고압 차단기의 1점절당 차단용량추이

에 ABB에서는 모터구동방식의 조작장치를 개발하여 제품에 장착한 것을 선 보였다. 이는 조작장치의 부품수를 획기적으로 줄이면서 외부환경 또는 차단조건에 따라 달라지는 조작특성제어가 가능한 장점이 있다. 또한, 디지털 기술을 적용한 변전소 자동화 분야에서도 거의 상업화 완료단계까지 도달했으며, 디지털 릴레이, IED(intelligent electronic device: 지능형 전자장치), 시스템통합 기술 및 IT기술을 적용한 초고압 GIS 개발 등의 분야에서 기술적인 큰 진전이 이루어졌다. 앞으로 이 분야는 IT기술의 영향과 세계적인 구조개편, 디지털 경제사회의 도래로 인한 고급 품질의 전기에 대한 수요증가로 인하여 더욱 성장할 것으로 전망되므로 지속적인 투자가 이루어지고 있다.

국내외 연구개발현황

국내에서는 도시의 과밀화에 따른 부지선정 문제로 인하여 25.8kV급 이상에서는 GIS화가 강력히 추진될 전망이며, 경제적인 요인으로 GCB 자체에 대한 소형화, 경량화, 저조작력화 등은 물론 GIS에 대한 컴팩트화도 중요한 변수로 부각되고 있다. 조작장치는 국내에서 초고

압용으로 공압 또는 유압조작기가, 배전급에는 전동스프링 조작기가 주로 사용되었다. 그러나 최근 들어 세계적으로 초고압급에서 유압조작기의 사용빈도가 감소되면서 스프링 조작기의 채용이 점차 확대되고 있는 추세로 245kV급에서까지 채용되고 있다. 이러한 추세가 국내에도 반영될 전망이나 스프링 조작기에 대한 소재기술, 복잡한 동작메커니즘 등에 대한 기술확보가 미흡한 상태이다.

우리나라의 차단기, GIS 기술은 선진국 수준에 비하여 기본적으로 격차를 가지고 있을 뿐 아니라, 선진외국업체들이 신기술 적용으로 원가절감 및 신제품 개발에 박차를 가하고 있어 이 분야의 국제경쟁력 확보를 위해서는 원천기술의 자립을 위한 실질적인 연구개발 투자가 지속적으로 이루어져야 한다.

해외의 초고압 차단기 및 GIS 개발은 1970년대에 본격적인 연구발전이 1990년대에 고전압화, 대전류화로 차단용량이 급속히 증가하고 있고, 조작에너지 저감화와 조작시간의 고속화를 달성하여 245kV급까지 전동스프링 방식을 적용하고 있으며, GIS 모선의 3상일괄화 및 차단절점수의 저감으로 기기의 소형화를 달성하였다. 이를 위한 해석기술과 차단현상의 물리학적 해석기술 및 새로운 성능평가기술 등도 개발하였다.

초고압 CT 및 PT의 경우, 송전전압의 UHV(ultra-high voltage)화 됨에 따라 UHV급이 개발되었으며 소형화 및 경량화와 철심포화에 의한 오차를 개선하고 정밀도를 향상시키기 위한 광CT/PT의 개발도 완료하였다. 초고압 DS 및 ES의 경우는 개폐시의 저씨지화를 위하여 DS는 자계방식에서 저항취부방식으로, ES는 흡입형에서 고속도형으로 연구 개발되고 있다.

산업 시장 동향

초고압 GIS 산업은 미국과 유럽을 중심으로 1940년대부터 발전을 시작하여 1960년대까지 세계시장을 석권했으나 70년대에 유럽의 선도기업들이 미국의 GE, WH 등의 전력기기분야를 M&A로 흡수하여 거대 다국적기업으로 탄생되었으며, 일본은 기술제휴 및 기술도입을 통하여 세계시장으로 진출하였고, 기초과학기술을 바탕으

로 전력기기 설계를 위한 전산해석기술이 발전되기 시작하였다. 80년부터는 전력기기의 초고압화 및 대용량화를 위한 연구개발이 수행되었으며, 1990년대부터 디지털 기술, 광기술, 센서기술 등을 응용한 진단기술, 디지털제어기술 등이 급속도로 발전되고 있다.

현재는 그림 4에서와 같이 유럽의 ABB, Siemens, Alstom, Va Tech 등과 일본의 Japan AE Power Systems Corp. 및 TM T&D 등 6개의 거대기업으로 통합, 재편성되어 효율적인 R&D, 생산체제, 수주체제 등을 갖추어 전체적인 기술개발을 선도하고 있다. 이들 거대기업들은 기업간 핵심역량 위주로 사업을 전문화하는 등 전략적 제휴를 활발하게 진행하고 있으며 저가 범용제품에 대해서는 동남아, 중남미 지역의 현지공장을 설립하여 현지시장을 점유하기 위한 생산거점을 확보하고 현지경영을 확산시키고 있다. 또한 “기술개발은 자국에서, 생산은 현지에서”의 생산과 기술개발의 분리정책으로 기술 유출을 방지하고 후발국에 대한 기술이전을 기피하고 있다. 그리고 해외 선진기업들은 초고압 및 대용량화, 저비용화, 고신뢰도화 등의 기술개발 정책을 도입하여 신제품등을 개발하여 시장선점 및 기술경쟁력을 강화할 뿐만 아니라 IT기술, 전력전자기술, 디지털기술, 광기술 및 센서기술들을 기존의 전력기기기술에 접목하여 고부가가치의 융합형 전력기기 제품들을 개발하기 위한 지속적인 연구개발투자를 하고 있다. 또한, 설비의 안정성 및 신뢰성에 관한 국제적인 기술규격 및 시험기준을 강화하고 첨단제품 및 핵심부품의 기술이전을 회피할 뿐만 아니라, 제품제휴에 대한 고가의 기술료 요구 및 국제규제기를 창설하여 선진국 상호간의 인정 추진을 통하여 독점적인 결속을 추진하고 있다.

그림 4의 국내 4대 주요기업 규모로는 현재에는 해외 거대기업들과 경쟁에 무리가 따를 것으로 보이지만, 고임금 등으로 해외 선진기업들의 경쟁력이 점점 낮아지고, 산업의 특성상 초고압 GIS분야의 완전 자동화는 어려운 상태이므로 해외 거대기업들의 원가절감에도 한계는 있다. 이런 원인으로 중국, 동남아 등지로 생산설비를 이전하고 있으나 아직은 생산성과 품질에 문제가 있다. 또한, 최근의 전력산업 구조조정과 IT 기술의 발전에 따라 전력 IT 산업이 대두되면서 IT기술을 적용한 전력기

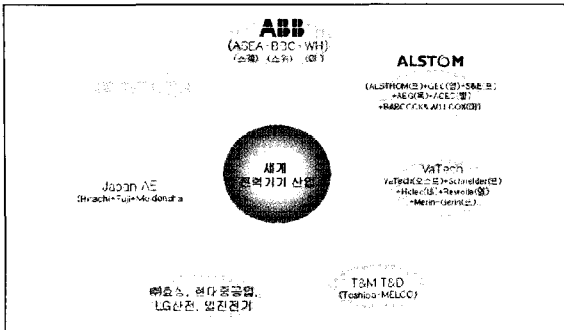


그림 4 세계 전력기기 산어계의 M&A 결과

기 산업이 급성장할 것으로 전망되고 있으므로 개별 전력기기, 정보통신, 전력전자 등의 국내 기술 강점을 잘 활용하면 한국의 세계시장의 선두진입도 가능할 것으로 판단된다.

국내의 4대 중요 전력기기(차단기, GIS, 변압기, 수배전반, 저압보호장치 등, 단 회전기기는 제외) 생산업체에 대한 표 4와 같은 통계를 보면 4대기업 전체의 세계시장 점유율이 약 4.4%로, 표 5의 개폐장치 품목에 대한 세계 중전기업체의 매출통계를 비교하면, 매우 낮은 수치로 추정된다. 최근 들어 동남아, 중동 등의 수출 물량이 증가 추세에 있고 중국의 750kV용 GIS에 대한 수출도 적극 추진 중이며 또한, 국내 내수시장의 규모가 현재 51GW에서 2015년에는 약 80GW로 60%이상 성장할 것으로 예상되어 충분한 시장이 확보되므로 국내 관련 기업들에게 좋은 여건을 제공될 수 있다.

IT적용 신전력 기기 국내 개발 동향

25.8kV 지능형 복합 절연 스위치기어 (엘지산전)

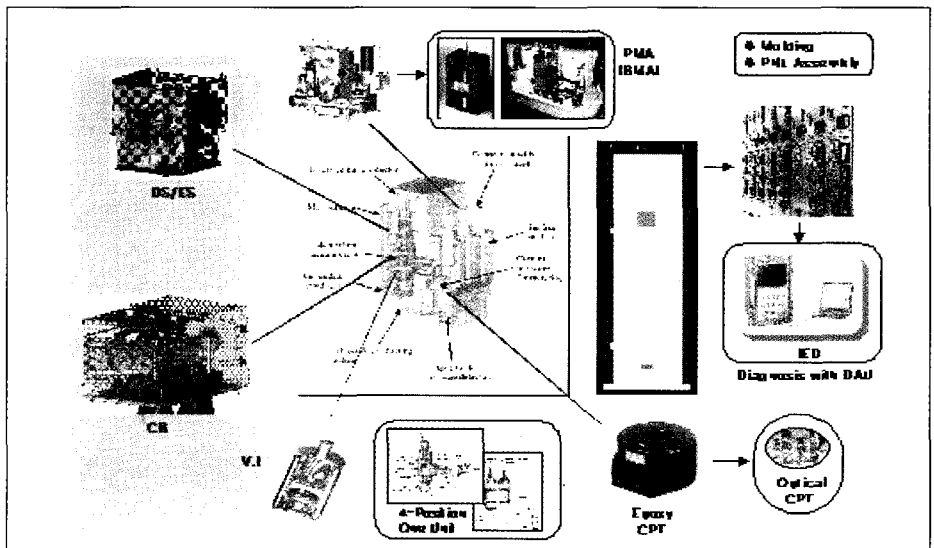


그림 5 세계적인 배전급 GIS의 IT화를 위한 개발전략

표 4 국내 주요 생산업체의 생산액 및 점유율(2002년기준)

주요 생산자	생산액 / 점유율 (억원/%)			
	생산능력	생산액	국내 점유율	세계 점유율
(주)효성	6,500	5,000	23	1.0
현대중공업	10,000	7,500	35	1.5
엘지산전	11,500	8,500	40	1.8
일진전기	750	500	2	0.1
계	28,750	21,500	100	4.4

자료 : 해당업체 발표수치(2003년6월)

The World Market for Transformer, Goulden Rpt, 2001

The World Market for Low Voltage Protection Components, Goulden Rpt, 2001

표 5 주요 중전기업체별 고압 개폐장치 매출규모(단위:백만불)

업체명	1998년	1999년	2000년
Alstom	1,168.02	1,112.67	1,064.79
ABB	1,001.85	1,034.97	1,062.15
Siemens	909.99	760.20	770.50
Schneider	540.88	543.70	640.69
Mitsubishi	574.54	561.90	616.37
Toshiba	457.04	412.08	486.58
GE	445.95	455.61	469.13
VA Tech	246.14	403.92	455.76
Hitachi	402.61	380.92	400.78
Cooper	338.93	336.70	395.69
Fuji	299.03	270.91	302.11
S&C	204.15	221.90	241.87
Eaton	171.60	181.92	192.24
Meidensha	192.35	185.36	191.95
Nissin	140.67	133.86	128.29
BHEL	122.84	121.27	119.80
Other	7,053.75	5,667.59	7,538.70
Total	14,270.35	12,785.47	13,923.92

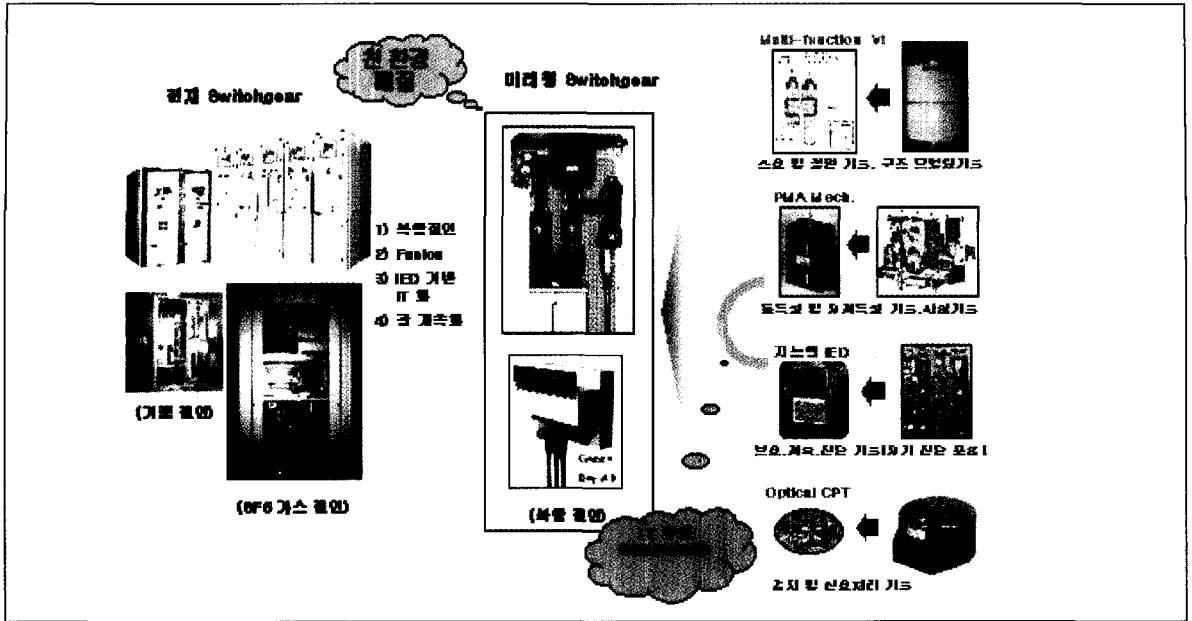


그림 6 배전급 스위치기어 IT화를 위한 분별 개발 필수 조건

항 목	Thomas-Betts	TOSHIBA
장 점	<ul style="list-style-type: none"> EPDM Rubber를 이용한 고체 절연 방식 오염 기간 (30년 이상) 과용으로 입증된 절연 방식 Thomas-Betts 사의 기술 협력 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 각 component 별 고체 절연 Module Asses ble 개념의 스위치기어
단 점	<ul style="list-style-type: none"> 비동상용 EPDM RUBBER 절연 기술력 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 비동상용 역상 절연 기술력 필요 절연체 선정 난이
참고사진	<p>EPDM RUBBER LBS 절속재</p>	<p>고체절연 SWGR</p>

245kV 40kA 모터구동형 초고압 GIS개발(주)효성.

주요 사양	245KV 40KA Motor driven type 초고압 GIS
정격전압	245kV
정격차단전류	40kA rms
정격전류	2000A
정격단시간전류	40kA rms 3s 104kA peak
표준명라책부	0-0.3s-CO-3min-CO
정격가스압력	5.0(6.0)kg/cm ² .G (SF6)
소호 방식	떡합소호방식 (Thermal Puffer + Auxiliary Puffer)
조작매체	Motor-drive
정격차단시간	3 cycles
IED Module	EMC 기본규격 IEC 61000-4 series 적용

항 목	E.T.N(Holec)	ABB
장 점	<ul style="list-style-type: none"> 고체+dry air 복합절연 외형의 compact화 환경 친화적 	<ul style="list-style-type: none"> 단일 모듈로 구성 가능
단 점	<ul style="list-style-type: none"> ARI 절연방식에 대한 신뢰성 미확보 DRY-ARI 장치 제작 기술 확보 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 고체 절연 방식으로 인한 정격 용량의 제한 Multi-function 기능 구현 불가
참고사진	<p>Dry-Air절연방식 Solid절연방식</p>	<p>SOLID절연 (EMBEDED V.I.)</p>

그림 7 해외 선전사의 배전급 스위치기어 신절연방식 및 장단점

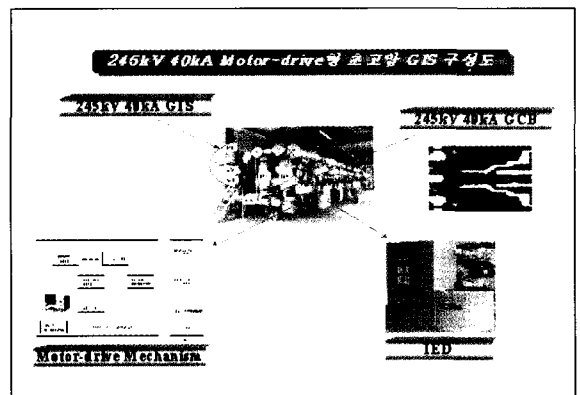


그림 8 245kV 40kA 모터구동형 초고압 GIS 개발목표 및 구성도

IT 개폐제어기술 적용 362kV 차단기(현대중공업)

주요 사양	362kV 개폐 제어형 차단기
• 정격전압	362kV
• 정격전류	4000A
• 정격차단전류	50kA
• 점절수	1점절
• 표준동작책무	0-0.3초-CO-3분-CO
• 정격가스압력	6.0kg/cm ² ·G(SF ₆)
• 조작매체	IT 개폐제어기술을 적용한 각상 구동 조작기
• 정격차단시간	3사이클
• 제어방식	Digital Control Panel(BCU) 적용
• 기타	송.변전 자동화(SA) 연계를 위한 IED 적용

시장의 견실한 성장, 그리고 유럽 및 미국에서의 전력설비 노후화로 인한 교체시기 도래 등의 호기를 잘 활용한다면 우리나라가 이 분야의 세계시장을 주도할 수 있는 새로운 기회를 맞이할 수 있을 것이다

참고문헌

1. 산업기술 주요 통계요람 2003, 한국산업기술진흥협회 2003
2. 전기공업통계, 한국전기공업진흥회, 각년도별
3. 광공업통계조사보고서, 통계청 2003
4. International Trade Statistics Yearbook, UN, 1991-2001
5. 관련기업 웹사이트
6. The World Market for Transformer, Goulden Rpt. 2001
7. The World Market for High Voltage Switchgear, Goulden Rpt. 2001

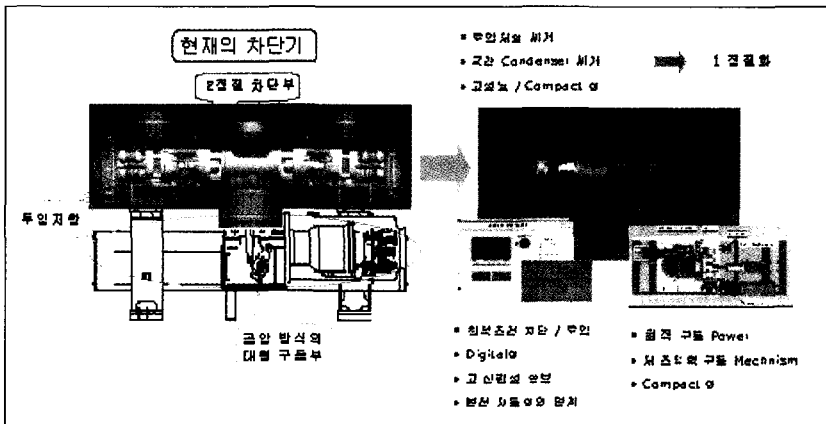


그림 9 IT 개폐제어기술 적용 362kV 차단기개발목표 및 구성도

결론

국내의 GIS 분야 산업은 양적, 질적으로 크게 성장하여 전 세계시장을 대상으로 할 수 있을 정도의 대부분의 기종에 대한 국산화 개발이 완료 되었으며, 현재는 품질과 가격 경쟁력을 위한 신뢰도 향상기술, 컴팩트화 기술, 시스템화 기술 등의 확보에 주력하고 있다.

향후, 세계시장에서 전력산업의 IT화 추세에 따라 개별 전력기기, 통신분야 및 전력전자 분야 등에 강점을 가진 국내기술을 적극 활용함으로써 새로운 전기를 맞이할 수 있을 것으로 전망된다.

결론적으로 고임금 등으로 인한 해외선진 기업들의 경쟁력 저하, 세계적인 전력산업의 IT화 추세, 국내 내수

8. The World Market for Low Voltage Protection Components, Goulden Rpt. 2001
9. CIGRE Technical brochure 83: final report of the second international enquiry on high-voltage circuit-breaker failures and defects in service, June 1994
10. IT적용 신전력기기 개발에 관한 산업분석, 한국전기연구원, 2003.6
11. 초고압 전력기기 기술개발을 위한 연구기획, 통산산업부, 1997.11
12. 전력용 개폐장치연구회-제9차 기술발표회 자료, 2003.10.10