

2011 경제발전경험모듈화사업:

안정적 전력공급을 위한 전력망 구축사업

2012

2011 경제발전경험모듈화사업:
안정적 전력공급을 위한 전력망 구축사업

2011 경제발전경험모듈화사업: 안정적 전력공급을 위한 전력망 구축사업

National Power Grid Development Project for Stable Power Supply

주관부처	지식경제부
연구수행기관	한국전력공사
연구진	임홍빈/정경철/박영권, 한국전력공사
자문위원	임정재, 전우실업 배전사업본부장
연구관리	한국개발연구원 국제정책대학원대학교
사업총괄관리	기획재정부

본 보고서는 영문보고서를 축약하여 작성한 것으로 구체적인 내용은 영문보고서를 참고하시기 바랍니다.

정부간행물번호 11-1051000-000183-01

ISBN 978-89-93695-14-4 94320

ISBN 978-89-93695-06-9 (전40권)

Copyright © 기획재정부



KNOWLEDGE
SHARING
PROGRAM

정부간행물번호

11-1051000-000183-01

Knowledge Sharing Program

2011 경제발전경험모듈화사업 안정적 전력공급을 위한 전력망 구축사업



Preface 서문

1950년대 전쟁의 폐허와 가난 속에서 원조를 받던 나라에서 급속한 경제발전을 통해 원조 공여국이 된 한국의 성공 스토리는 많은 개발도상국들에게 귀감이 되어 왔습니다. 최근에는 서울 G20 회의의 성공적 개최 등으로 한국의 경제발전모형에 대한 국제적 관심이 더욱 고조되는 가운데, 단기간 내에 경제발전을 이루어 낸 한국의 발전경험 공유에 대한 수요가 개발도상국을 중심으로 급증하고 있습니다.

그동안 기획재정부는 한국의 경제발전경험을 개발도상국과 공유하기 위한 정책자문사업으로서 KSP(Knowledge Sharing Program)사업을 KDI와 함께 추진하여 왔습니다. 2004년부터 2010년까지 총 22개 개발도상국을 대상으로 200여개 주제에 대하여 KSP 정책자문사업이 실시되었습니다.

또한 기획재정부는 2010년부터 한국의 경제발전경험 모듈화사업을 KSP 정책자문사업과 병행 추진하고 있습니다. 즉, 한국의 성공적인 개발정책 및 제도운용 사례연구를 기초로 정책·제도의 도입배경, 정책 결정·추진과정, 성과 평가, 발전모형 제시라는 맞춤형 콘텐츠를 구축하고 그 결과물을 정책자문사업의 기초 참고자료로 활용하기 위한 노력을 기울이고 있는 것입니다. 개발도상국들이 궁금해 하고, 필요로 하며, 배울 점을 찾을 수 있는 한국의 독창적인 발전경험 성공사례들이 체계적으로 정리되어 축적될 수 있다면, KSP 정책자문사업의 실효성을 높이고, 세계은행과 OECD 등 국제기구와 관련 지식을 공유함으로써 국제개발협력 분야에서도 큰 기여를 할 수 있을 것입니다.

2011년 발전경험 모듈화사업은 2010년도 20개 사례연구과제 추진에 이어, 「KSP 추진 협의회」를 통하여 관계부처 의견수렴을 거쳐, 인적자원, 산업에너지, 농어업, 보건의료, 국토건설, 환경, 행정 ICT 및 경제 일반 등 경제·사회의 각 분야를 망라하는 40개 세부과제를 선정하여 추진하였습니다. 특히, 모듈화사업의 효율적 진행 및 품질 관리를 위하여 과제별로 담당부처, 학계와 국책·민간연구기관 및 공기업 전문가로 구성된 집필진, 전직관료와 원로전문가가 포함된 자문위원단으로 T/F를 구성, 개발도상국의 정책입안 및 실행에 실질적으로 도움이 될 수 있도록 한국의 발전경험을 정책사례별로 정리하고, 체계적인 지식인프라를 구축하였습니다.

본 보고서의 발간에 즈음하여 여러 가지 어려운 여건에도 불구하고 발전경험 모듈화사업 전반에 대한 중요성을 인식하고 성공적인 사업추진을 위해 노고를 아끼지 않은 기획재정부를 비롯한 관계부처 담당관과 집필진, 그리고 보고서의 검토 및 보완에 심혈을 기울여 준 자문진과 분과별 PM 연구기관(산업연구원, 국토개발원, 한국교육개발연구원 등) 책임연구위원, 익명의 검토자분들께 감사를 드립니다. 모듈화사업의 모든 참여진의 노력은 개발도상국들의 경제발전을 도모함은 물론 한국과 개도국간의 경제 협력과 상호 교류를 통한 상생관계를 증진시키는 밑거름이 될 것으로 믿어 마지 않습니다.

아울러 최선을 다해 모듈화사업을 이끌며 보고서의 질적 수준 향상에 만전을 기해온 KDI국제정책대학원 개발교육연구실 김준경 실장과 박진 교수, 이하 구성원들의 노력에 감사드립니다. 끝으로 본 보고서에 수록된 내용은 발전경험 모듈화사업에 참여한 각 집필자 개인의 견해로서 KDI국제정책대학원의 공식적인 의견을 반영한 것이 아님을 밝힙니다.

2012년 5월

KDI국제정책대학원 총장

현오석



Contents

요약.....	10
제1장 전력산업 현황과 과제	11
제1절 개 요	12
제2절 1960년대~1970년대	13
제3절 1980년대	16
제4절 연도별 전력설비 통계	18
제2장 전원개발 추진	21
제1절 개 요	22
제2절 제1차 전원개발 5개년 계획 (1962~1966)	23
제3절 제2차 전원개발 5개년 계획 (1967~1971)	24
제4절 제3차 전원개발 5개년 계획 (1972~1976)	25
제5절 제4차 전원개발 5개년 계획 (1977~1981)	26
제6절 원자력 발전의 도입	27

제3장 국가전력망 구축 추진	29
제1절 전력망 구축 정책 수립	30
제2절 전력망 건설	34
제3절 전력망 손실 관리	42
제4절 전력망 설비 운전 자동화	50
제5절 배전 업무 현대화	55
제6절 스마트 그리드 추진	59
제4장 성과 및 시사점	63
제1절 사업의 성과	64
제2절 시사점	68
참고 문헌	71

Contents | 표 목차

제1장

〈표 1-1〉 발전설비용량 변동 추이	18
〈표 1-2〉 전력수급 규모	19
〈표 1-3〉 전압별 발전설비 변동 추이.....	20
〈표 1-4〉 배전설비 변동 추이	20

제2장

〈표 2-1〉 전력설비 건설을 위한 자원확보	22
〈표 2-2〉 1차 전원개발계획의 전원계획과 최종계획	23
〈표 2-3〉 전원개발 단계별 발전원 변동	28

제3장

〈표 3-1〉 1962년 한국의 국가전력망 구축 정책수립을 위한 컨설팅 내용	31
〈표 3-2〉 협력업체 기능인력 교육현황	38
〈표 3-3〉 IEC의 국제표준전압	40
〈표 3-4〉 위약금 정책	48
〈표 3-5〉 배전분야 시스템 세부내역 (1971년~1997년)	56
〈표 3-6〉 판매시스템 효과	57
〈표 3-7〉 단위업무별 효과	58
〈표 3-8〉 시스템 연계로 인한 효과	59
〈표 3-9〉 시스템 도입으로 인한 생산성 향상	59

제4장

〈표 4-1〉 주요 전력망 운영통계 국가별 비교	67
----------------------------------	----

Contents | 그림 목차

제1장

[그림 1-1] 1965년 전력망	15
[그림 1-2] 1985년 전력망	17
[그림 1-3] 한국의 전력 공급 계통 흐름도	18
[그림 1-4] 전압별 송전설비 변동 추이	19

제3장

[그림 3-1] 전력망 손실률 변화 (단위 %)	44
[그림 3-2] 스마트 그리드 추진방향	60

제4장

[그림 4-1] 국내 「에너지 소비」 및 GDP 성장 추이	66
--	----

요약

우리나라에 전력사업이 시작된 지 100여년의 세월이 흘렀다. 경북궁에 최초 점등으로 시작된 전력사업은 구한말, 일제점령기, 해방과 한국전쟁을 거치는 동안 군소 지역 전력회사에서 출발하여 전기 3사 체제로 운영되어 오다가 1961년 통합이후 한국전력으로 출범하게 되었다. 이후 국가 경제발전과 함께 성장해오는 동안 한국의 전력계통도 안정적인 전력공급을 위한 노력을 기울인 결과 비약적인 성장을 이루어 냈다. 전력사업이 시작된 이래 우리나라의 송전, 변전, 및 배전설비는 많은 어려움을 해결하면서 꾸준한 성장을 하여 왔으며, 특히 1961년 이후 2010년 말까지 송전설비 약 3만km, 변전용량 약 19만MVA, 배전설비 약 40만km 규모의 전력 계통으로 발전하였다. 이는 한국전력의 발전 역사이며 우리나라의 근대화, 산업화의 역사였다. 전 국토를 아우르는 다중 환상 계통 송전계통, 345kV에 이은 765kV 전압 격상, 제주-육지간 HVDC 전력계통 연계, 원방감시 및 제어시스템을 통한 변전소의 무인 자동화운전, 배전설비의 지중화, 22.9kV 전압 승압 및 단일화 등 우리나라의 송배전 기술력 및 전기 품질은 이미 세계적인 수준에 도달하였다.

송배전 계통은 설비 특성상 자연재해에 노출되어 각종 고장이 불시에 유발될 수 있는 위험이 있으며, 지속적인 수요증가에 대비하기 위해서는 설비건설 및 유지보수가 끊임없이 수반되어야 한다. 한국전력은 한국 경제발전의 밑거름이 되기 위해서 값싸고 품질 좋은 전력을 안정적으로 공급하기 위해서 노력해 왔고 중장기적으로 전력 계통 확충계획을 수립하여 추진했다. 또한 전력사업은 그 특성상 장기간에 걸쳐 막대한 투자가 소요되고 미래의 수요, 연료가격 등 각종 경영 여건 변동에 따른 불확실성이 높아 투자위험이 큰 사업이고 전력 계통운영 측면에서는 소비자에게 안정적인 전력을 지속적으로 공급하기 위해서 적정 예비력까지 추가로 확보해야하는 어려움이 있다. 이러한 어려움을 극복하면서 1970년대부터 전력 계통은 크게 확충되었고 이에 따라 나타나는 여러 가지 문제점-공급능력 저하, 손실 증가, 설비 고장 증가 등-들을 극복하기위해서 송배전 계통의 운영기술 및 품질관리를 위한 노력을 기술한다.

2011 경제발전경험모듈화사업
안정적 전력공급을 위한 전력망 구축사업

제1장

전력산업 현황과 과제

- 제1절 개 요
- 제2절 1960년대~1970년대
- 제3절 1980년대
- 제4절 연도별 전력설비 통계

전력산업 현황과 과제

제1절 개 요

경제개발 초기 대한민국의 에너지 공급 여건은 매우 열악했으며, 그 중에서도 전력공급 상황은 기존의 수요를 감당하기에도 어려운 상황이었다. 1961년 7월 1일, 과거에 설립되었던 3개의 전력회사를 통합하여 한국전력주식회사를 설립하고 전원개발과 전력망 구축에 노력하였다. 1961년 말 36만kW의 발전설비는 2010년 말에는 7,608만kW로 전력공급 설비 측면에서 약 200배 증가되었고 이와 동시에 전력수송 설비인 전력망(송배전) 설비도 큰 폭으로 확충되었다.

전력사업은 특성상 장기간에 걸쳐 막대한 투자가 소요된다. 특히 발전부분의 경우 미래의 수요, 연료가격 등 각종 경영 여건 변동에 따른 불확실성이 높아 투자위험이 큰 사업이다.¹⁾ 구축 및 운용 측면에서 보면 전력공급자는 소비자에게 안정적인 전력을 지속적으로 공급하기 위하여 최적의 설비를 구축하여야 한다. 또한 적정 예비 전력까지 예상하여 추가로 설비를 확보해야 하며 그 설비를 효율적으로 운영해야 하는 어려움이 있다. 천연자원이 매우 부족한 한국에서는 산업발전에 가장 중요한 에너지원인 전기에너지, 즉 전력을 차질 없이 생산해서 수송하여 소비자에게 안정적으로 공급하는 것이 국가적인 큰 과제였다. 한국의 전력산업에서 發電 부분은 과거 수자원을 중점적으로 활용한 수력발전 중심에서 석유파동이전 가격이 비교적 저렴하였던 석유에 의존하는 석유중심의 화력 발전을 주로 사용하였다. 1, 2차 석유파동 이후 에너지 자원의 다양화 확보정책에 따라 원자력과 석탄을 중심으로 하는 전원개발이 추진되었다. 전력망 부분에서는 초기에는 농어촌 전하사업 등 전력공급 확대에 초점을 맞추어 전력망 건설에 노력하였고, 이후 설비 건설이 전국적으로 확대됨에 따라 보다 경제적이고 신뢰성이 높은 전력망 건설과 전력망 운영 효율 향상을 추진해 왔다.

한편 전력산업 구조를 살펴보면, 1961년부터 2001년 이전에는 발전 및 전력망 부분이 한 전력회사 내에서 수직적으로 통합되어 발전 및 전력망 설비를 건설하고 그 설비를 운영하는 형태를 이루고 있었다. 이는 경제발전에 필수적인 전력을 하나의 회사가 생산(발전)-수송(송변전)-공급(배

1) 이러한 전력망 생산된 전기를 소비자에게 수송하고 공급하는 설비를 전력망이라고 한다.

전)하는 수직통합체제가 더 효율적이고 합리적인 것으로 판단되었기 때문이다. 이러한 판단에 근거하여 한국에서 전력회사는 독점 체제를 갖추게 되었다. 대신 정부는 공공의 이익을 위하여 설비 투자 계획과 요금 등을 규제하는 형식으로 전력사업에 개입하였다. 그러나 전력사업의 규모가 커지는 등 사회 경제적 여건 변화에 따라 이러한 수직 통합 방식 보다는 발전 분야가 분리되는 것이 보다 효율적이고 경제적이란 시각이 대두되었다. 대외적으로는 글로벌화 추세에 따라 국제기구를 중심으로 한 선진국의 시장개방 압력이 증가되고, 대내적으로는 경제 전반에 걸친 규제완화 및 시장경제 지향의 추세에 따라 독점기업에 대한 민간참여가 강조되었다. 또한 IMF와 외국인 투자자의 요구 등으로 전력산업에도 경쟁과 선택이라는 시장원리 적용이 검토되어, 1998년 7월 3일 정부의 공기업 민영화 방침과 아울러 전력산업 구조개편 계획이 발표되었다. 2000년 12월 23일 「전력산업 구조개편 촉진에 관한 법」이 제정되고 「전기사업법」개정이 이루어졌다. 2001년 4월 2일을 기점으로 발전부분이 한국전력공사에서 분리됨으로써 전력산업은 40여 년간 계속되었던 수직통합체제로부터 전력 생산시장에 부분적인 경쟁이 도입되었다. 본 절에서는 한국의 경제·산업발전 상황과 연계하여 발전(發電) 및 전력망(송전, 변전, 배전) 구축사업의 시기별 현황과 당시 안정적 전력공급을 위해 해결해야 했던 과제에 대해서 살펴본다.

제2절 1960년대~1970년대

1. 경제 상황

1945년 한국은 일제 강점기를 벗어났으나 경제적으로는 상당히 어려운 시기였고 경제발전에 필수적인 자본, 기술 및 인력상황은 매우 좋지 않은 상태였다. 설상가상으로 독립을 이룬지 5년 만에 한국전쟁이 발발하여 당시 열악했던 주택, 공공, 산업시설마저도 막대한 피해를 입어 경제발전의 동력을 상실할 정도가 되었다. 1953년 한국전쟁 종전이후 전후 복구사업을 벌이면서 산업시설 재건에 많은 노력을 기울였지만 당시 정부의 재정능력은 매우 취약하였기 때문에 이로 인하여 미국과 국제기구의 무상원조를 통한 경제 재건을 추진하였다. 한편 정부는 1960년대에는 정부가 경제 성장을 통한 빈곤퇴치에 최우선 순위를 두고, 1962년부터 경제개발 5개년계획을 수립하고 실행에 옮겼다. 당시 정부는 수출을 위주로 하는 공업화를 경제발전의 목표로 삼고 국가 산업시설 및 인프라 확충을 위해서 노력하였다. 하지만 당시 한국 경제 여건상 1961년 이전과 같이 정부 혹은 민간 부분의 재정 능력은 여전히 취약하였고, 기술수준이 낮았으며 관련된 인력을 확보하는 데에도 많은 어려움이 있었다. 대한민국 정부는 이러한 인프라 확충을 위한 투자 재원을 조달하고 산업기술과 인력을 확보하기 위해서 외국의 기술원조와 차관을 적극 도입하였다. 또한 이와 관련해서 정부가 추진하는 공업화 정책에 부응하기 위해서 전력산업 분야에서도 전력공급 지역 범위 확대와 관련된 발전설비 건설과 전력망 구축을 위해서 다각도의 노력이 펼쳐졌다.

2. 전력산업의 현황과 과제

가. 전원개발 부문

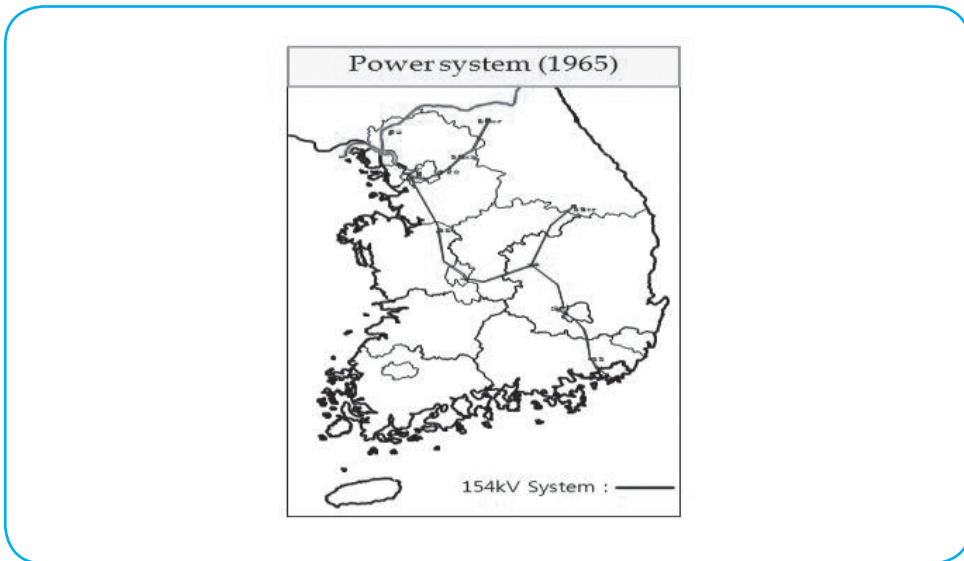
1961년 7월 1일 정부가 국가경제의 부흥을 위해 조선전업, 경성전기, 남선전기 3사를 통합할 당시 우리나라의 발전설비 용량은 약 36만kW였다. 이는 당시 전력수요 약 43만kW를 공급하기에는 크게 부족한 실정이었다고 당시 전력생산은 많은 부분을 수력과 국내에서 생산된 석탄에 의존하고 있었다. 당면한 전력 기근을 해소하기 위한 방안으로 긴급 대책을 취하여 1964년 4월 1일을 기하여 가까스로 전력공급 제한을 해제하였다. 1960년대 후반에는 원활한 자원조달을 위하여 원조 자금 뿐만 아니라 상업차관까지 활용하여 국내 자원의 부족과 급증하는 전력수요에 부응하고 수입 석유를 사용하는 대단위 화력발전소의 건설에 주력하기 시작했다. 한편 정부는 공업화를 추진하는 데 있어서 부족한 전력공급을 원활하게 수행하기 위해서 전력산업의 발전부분에 민간자본을 도입하는 방침을 수립하고 시행함에 따라 다수의 민간 화력발전소도 이 시기에 건설되었다.

한편 1970년대에는 석유 공급 파동을 겪으면서 발전연료의 다원화가 필요한 시기였다. 많은 비중을 차지하던 석유화력발전소의 건설을 억제하고 원자력과 석탄 화력발전소를 건설하여 석유이외의 자원을 활용하는 전원개발에 주력하였다. 수입에 의존하던 전력분야 기술과 자재의 국산화에도 노력을 기울였다. 1978년 4월 우리나라 최초의 원자력 발전소인 고리원자력 1호기가 상업운전에 들어감으로써 본격적인 원자력시대가 개막되었다. 이어서 고리 2호기, 월성 1호기를 비롯하여 모두 8기의 원자력 발전소가 이 기간 중에 착공되었다.

나. 전력망 부문

1961년 무렵, 전력망 설비는 154kV-66kV-22kV-6.6kV(3.3kV) 등으로 다양한 전압의 설비가 운영되고 있었으며 이에 따라 각 설비별 기자재, 시공방식, 및 운영방식이 상이하였다. 1965년 당시 전력망 중 송변전 설비는 지역적으로 방사상 형태를 이루고 있었으며 그 모습은 [그림 1-1]과 같다.

그림 1-1 | 1965년 전력망



대용량의 전력을 수송하기 위한 송변전 설비의 주요 간선은 154kV, 66kV 및 22kV 설비로 구성되어 있었다. 1960년대 후반에는 국제적인 원조자금, 재정차관과 상업차관 등으로 재원을 확보하여 한국의 대도시인 서울, 부산과 같은 지역의 공업지구에 전력을 공급하기 위해 전력망 투자가 이루어졌다. 제1, 2차 전원개발 5개년 계획기간(1962년~1971년)에 송전설비의 규모는 총 48%가 증가하였으며, 변전설비 용량은 총 265%의 증가를 보였다.

한편, 한국은 1917년 최초의 전력회사인 한성전기(한국전력주식회사 전신)가 3.5kV 배전설비로 전력을 공급하였고 배전전압은 3.3kV, 일반 가정용 공급전압은 100V를 표준전압으로 적용하여 왔다. 증가하는 전력 소비에 대응하기 위해서 전압을 높이는(승압) 노력이 계속 추진되어 왔다. 1960년부터 5.7kV 배전설비를 도입하게 되었고 5.7kV 배전설비가 계속 증가하여 1965년까지 상당히 확대되었으며, 이를 통해서 전력소비량에 맞추어 전력을 공급할 수 있는 여건을 마련하였다. 1970년대에는 5.7kV를 대체하여 추진하였던 6.6kV 배전설비가 전국에 상당부분을 점유하게 되었다. 당시에 시급했던 전력 공급 지역 확대와 관련해서 전력망 건설을 지속적으로 추진하고 있었지만 생산된 전력이 수송 및 공급되는 과정에서 많은 손실이 발생하여 전력회사의 경영상태에 많은 악영향을 주고 있었다. 또한 향후 안정적으로 전력을 공급하고 효과적으로 전력망을 운영하기 위해서는 국가전력망의 밑그림이 될 국가전력망의 청사진 마련이 시급한 과제였다. 하지만 배전설비 또한 3.3kV, 5.7kV 및 6.6kV으로 다양한 설비들이 여러 지역에서 복잡하게 운영되고 있었고, 전압별로 기자재, 건설방식 및 운영방식 등에 차이가 있어 전력회사가 전력망을 건설하고 운영하는데 효율성을 높이기가 어려웠다.

제3절 1980년대

1. 경제상황

대한민국 정부는 1980년대에 들어서 그간의 성장위주 정책에서 탈피하여 “안정된 기반위에 성장을 추구하는 방식”으로 전환을 꾀하였다. 그 이전에 추진되었던 정부 주도의 공업화 및 수출주도 정책이 민간부분의 활성화 정책으로 탈바꿈하였고 성장 보다는 안정 쪽으로 방향을 잡은 시기였다. 1970년대에는 평균 7%에 달하는 고성장이 지속되고 중화학 공업, 수출주도형 산업에 투자가 지속되었다. 그러나 1970년대 후반 석유파동으로 인하여 1980년대 초에는 경제가 성장하지 못하는 모습을 보였다. 이에 따라 그간 급증하던 전력수요도 1980년대에 들어서면서 변화된 정부의 정책 기조에 따라 증가율이 점차 감소했고 이에 따라 전력분야에서도 정책의 변화가 있었다.

2. 전력산업 현황과 과제

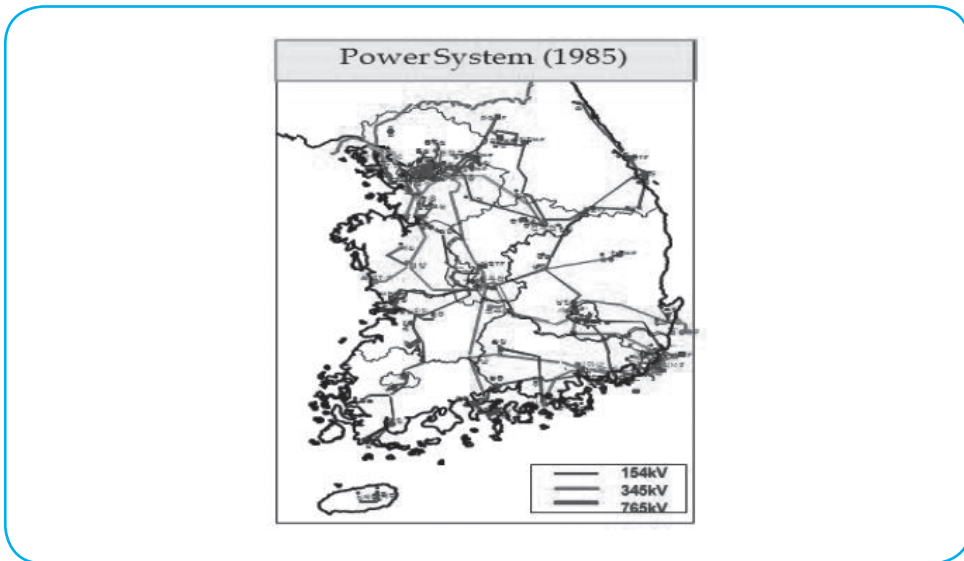
가. 전원개발 부문

1980년대에는 당시 경제 상황에 근거하여 저성장 수요에 맞추어 전원개발을 조정한 시기였고, 70년대 계획하고 추진해 온 탈석유 전원개발에 주력하였다. 한국의 전력회사가 주도한 최초 사업인 95만kW급의 원자력5호기가 1985년에 준공되고, 석유 화력발전소를 LNG(천연가스) 발전소로 설비 개조하기도 했다. 특히 1982년은 그간 4차에 걸쳐 추진한 전원개발 5개년 계획 사업의 결과로 연도 말 총 발전설비 용량이 10,000MW를 돌파했다. 1989년 말 총 발전설비 용량은 20,997MW로서 9기의 원자력발전소가 전체의 36.3%, 석탄화력이 12.8%를 점유하기에 이르렀다. 1990년대 초반에는 1988년 올림픽 개최에 따른 내수경기의 활성화 등으로 전력수요가 급증하면서 적정 예비율을 확보하지 못해 수급불안을 초래하기도 하였다. 긴급대책으로 공사기간이 비교적 짧고 투자비용이 적은 가스터빈 복합설비 20기 약 300MW를 건설하였다. 또한 노후화된 6개의 화력 발전설비를 폐기하고 1970년대를 전후하여 건설한 발전설비에 대한 수명연장공사와 50년 이상 운전한 수력 발전설비 성능개선공사를 완료하였다.

나. 전력망 부문

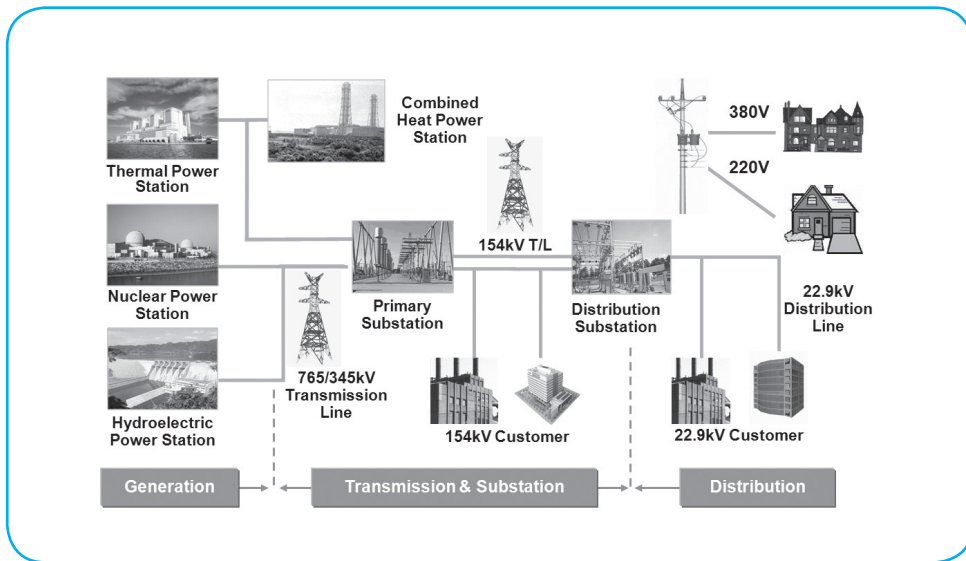
1980년대에는 이전에 추진되었던 154kV 및 345kV 설비 건설사업이 완성 시기에 이르고 22.9kV 설비 건설사업과 농어촌 전화사업도 거의 완료된 상태가 되었다. 이전시기에 수립된 국가전력망의 청사진을 밑그림으로 전국적으로 전력 공급지역 확대라는 목표를 거의 달성한 시기였다.

그림 1-2 | 1985년 전력망



1980년 무렵에는 전력망 설비 중 송변전 설비는 154kV-345kV로 기능별로 단순화되고 배전설비는 22.9kV 및 220/380V 설비 등으로 표준화된 전압의 설비가 운영되었다. 이에 따라 설비별로 표준화된 시공법이 도입되었고, 1985년에 들어 송변전 설비는 지역적으로 환상망 형태를 이루게 되었으며 모습은 [그림 1-2]와 같다. 대용량의 전력을 수송하기 위한 송변전 설비의 주요 간선은 345kV 설비가 담당하였고 154kV 설비는 국한된 지역에서 대용량의 전력 수송을 담당하게 되었다. 신도시 등이 개발되면서 수도권 집중화가 진행되는 시기였고, 이러한 이유로 인해 발전소가 집중되어 있는 곳(대한민국 중부 및 남부의 발전 단지)에서 수도권으로 345kV 설비보다 대용량의 전력 수송을 할 수 있는 설비 건설이 요구되었다. 이전 시대에는 자원 확보에도 어려움이 있었지만 이 시기에는 대한민국 정부와 전력회사가 자체적으로 자금을 마련하는 수준에 이르렀고 1980년부터 1990년대에는 전력설비의 규모 증가율이 그 이전보다는 감소했다. 다만 이전 시기와는 달리 전력에너지와 관련된 소비자의 요구수준이 높아졌고 단순 생산형 공업 수준에서 벗어나 첨단 산업이 속속 등장하던 시기였다. 따라서 전력품질과 안정적인 전력공급 그리고 전력망 운영에 있어서 효율성을 고려할 필요성이 제기된 시기였다.

그림 1-3 | 한국의 전력 공급 계통 흐름도



제4절 연도별 전력설비 통계

1961년 이후 2010년까지 발전 및 전력망 (송전, 변전, 배전) 설비 통계는 아래의 표와 같다.

표 1-1 | 발전설비용량 변동 추이

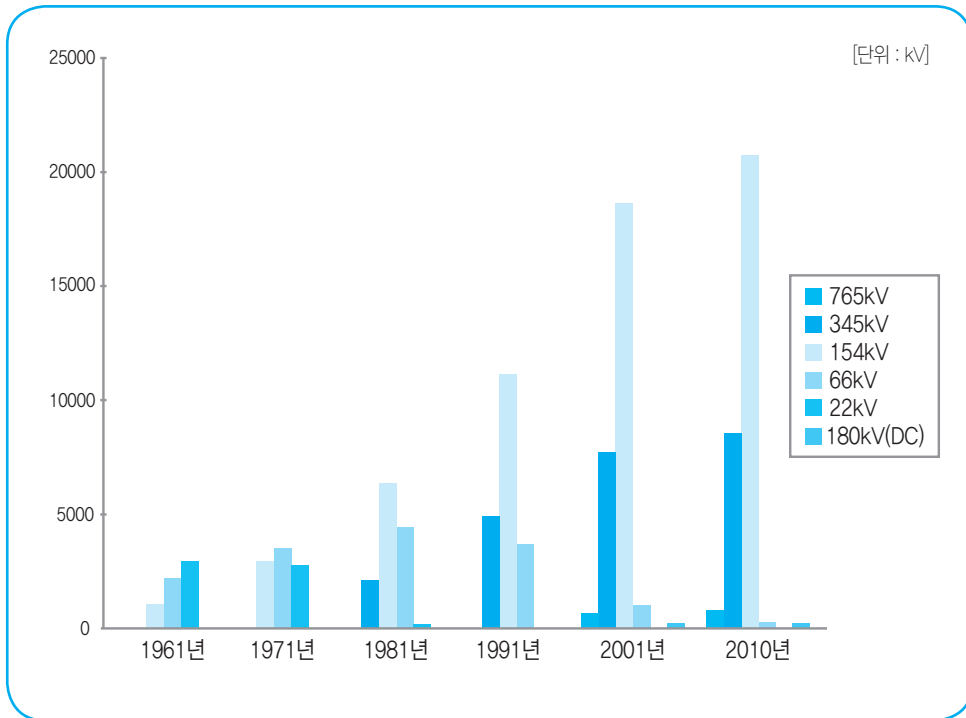
[단위 MW]

연도	수력	기력					복합	내연	원자력	집단 에너지	합계
		국내탄	석탄	중유	LNG	소계					
1961	143	223				223					367
1971	341	675		1,360		2,035					2,628
1981	1,202	750		6,062		6,812	920	314	587		9,835
1991	2,444	1,020	2,680	3,663	2,550	9,913	760	378	7,616		21,111
2001	3,879	1,125	16,340	4,349	1,538	21,749	14,716	246	16,716		59,958
2010	5,429	1,125	23,674	5,804	887	29,571	19,100	351	17,715	3,964	76,130

표 1-2 | 전력수급 규모

연도	최대 수요	총 설비용량	공급능력	공급예비율
1961년	306	367	322	5.2
1971년	1,777	2,628	2,391	34.9
1981년	6,144	9,835	7,602	23.7
1991년	19,124	21,110	20,148	5.4
2001년	43,125	50,858	48,699	12.9
2010년	71,310	76,130	75,750	6.2

그림 1-4 | 전압별 송전설비 변동 추이



■ 제 1 장

표 1-3 | 전압별 변전설비 변동 추이

[단위 : MVA]

구분	765kV	345kV	154kV	66kV	22kV	계
1961년			(5) 372	(70) 519	(216) 316	(291) 1,209
1971년			(33) 2,539	(137) 1,265.8	(260) 603	(430) 4,409
1981년		(8) 7,333	(100) 10,966	(150) 2,209	(105) 754	(363) 21,263
1991년		(18) 24,171	(205) 29,767	(81) 2,235	(17) 589	(321) 56,763
2001년	(3) 7,110	(71) 75,580	(500) 88,892	(19) 831	(10) 237	(603) 172,650
2010년	(6) 25,115	(85) 104,929	(611) 118,563	(9) 433	-	(711) 249,040

*() 수치는 변전소 수

표 1-4 | 배전설비 변동 추이

연도	선로공장(km)			변압기		비고
	고압	저압	계	대수(대)	용량(MVA)	
1961년	5,478	3,694	9,172	52,967	649,491	
1971년	18,985	12,703	31,688	80,127	1,753,030	
1981년	72,943	56,259	129,202	228,345	7,508,528	
1991년	113,208	130,493	243,701	669,175	21,522,863	
2001년	182,046	192,080	374,126	1,612,799	75,956,835	
2010년	213,126	215,133	428,259	1,990,577	101,692,247	

2011 경제발전경험모듈화사업
안정적 전력공급을 위한 전력망 구축사업

제2장

전원개발 추진

- 제1절 개 요
- 제2절 제1차 전원개발 5개년 계획 (1962~1966)
- 제3절 제2차 전원개발 5개년 계획 (1967~1971)
- 제4절 제3차 전원개발 5개년 계획 (1972~1976)
- 제5절 제4차 전원개발 5개년 계획 (1977~1981)
- 제6절 원자력 발전의 도입

전원개발 추진

제1절 개요

전원개발 사업은 1961년 이후 2010년까지 지속적으로 증가하는 전력수요에 대응하기 위해서 지속적으로 추진되었다. 이 장에서는 1961년 1차 전원개발 5개년 계획부터 제 4차 전원개발 계획의 만료시점인 1981년까지의 전원개발 내용과 한국 전원개발 사업에서 부존자원 부족을 극복하기 위해 도입한 원자력발전사업에 관련된 내용도 살펴본다.

당시 정부의 재정능력은 매우 취약하였기 때문에 한국의 자본만으로는 전력설비 건설비용을 충당하는데 어려움이 있어, 전력설비 건설을 위해 미국과 국제기구의 무상원조를 통한 경제 재건을 추진하였다. 1961년 이후 재원확보를 위한 차관을 받은 주요 내용은 아래의 표와 같다.

표 2-1 | 전력설비 건설을 위한 재원확보

날짜	자금원	차관금액	용도	비고
1962.4.4	USAID	2천만 USD	감천 화력발전소 건설	
1970.10.23	미국, 영국	15,000만 USD	고리 원자력 발전소 건설	
1976.6.4	미국 수출입은행	5,850만 USD	영원 및 군산 화력발전소 건설	
1977.1.18	영국 정부	11,600만 USD	고리 제2 원자력 발전소 건설	
1979.5.28	미국 수출입 은행	7,890만 USD	삼천포 화력발전소 건설	
1979.12.12	IBRD	11,500만 USD	고정발전소 건설	
1986.3.31	IBRD	23,000만 USD	송배전 시설건설 자금	

제2절 제1차 전원개발 5개년 계획 (1962~1966)

1. 계획의 수립과 과정

1961년 당시 우리나라의 발전설비는 앞 절에서 언급한 바와 같이 전력공급능력이 부족하였고 예비전력은 거의 전무한 상태였다. 1962년도를 기준으로 하여 강력히 추진된 제 1차 경제개발 5개년 계획은 국가 경제 진흥의 발판이 될 전력의 확보에 역점을 두고 있었다. 이에 발맞추어 한국의 전력산업 분야에서도 소극적인 설비 건설과 운영에서 벗어나 본격적이고 과감한 전원개발계획을 수립하였다. 최초의 1차 계획은 1960년의 상정최대수요 약 430MW를 기준으로 하여 과거의 성장 추세와 장래의 경제지표를 감안하여 5개년 연평균 수요 성장률을 12%로 상정하고 1966년의 전력 수요를 약 840MW로 상정하였다. 그러나 자체 경험부족을 무릅쓰고 시도된 최초의 장기계획이었던 만큼 전력수요상정을 비롯한 계획자체의 결함이 부분적으로 산재하였고, 대내외적 제반여건의 변동이라든가 계획 시행상의 문제점이 드러남에 따라서 수차례에 걸쳐 수정되었다.

표 2-2 | 1차 전원개발계획의 원계획과 최종계획

구분	원계획 (1960년)	최종계획(1965년말)
수요 상정방법	1960년도 최대수요에 근거하여 5개년 12%의 증가율 상정	1965년말까지 판매전력을 기초로 최대전력수요 상정
1966년 최대수요	842MW	705MW
1966년 시설용량	수력 : 207MW 화력 : 746MW	수력 : 215MW 화력 : 554MW
재정차관	외자 : 112,000,000 USD	외자 : 57,968,000 USD

그리고 1차 전원개발 5개년 계획은 수립 이후 4번에 걸쳐 수정되었는데 그 때마다 지연된 발전소 건설 공정을 현실화하고 최대전력수요를 하향조정하였다. 당시 전력수요 산정은 외국의 컨설팅사의 제시안에 의존하였는데 이들이 전력수요 산정에 있어서 당시 한국의 특수한 조건을 충분히 감안하지 못한 것이 최대전력 하향조정의 주요 원인으로 들 수 있었다. 당시 최초 계획과 1965년 최종 수정된 계획의 주요 내용을 비교하면 <표 2-2>과 같다. 아울러 계획 실행 초기에 시급한 전력설비 건설을 단시일 내에 해소하고 무제한 전력공급을 시행하기 위해서 별도의 “긴급전력대책”을 수립하였는데 발전함(發電艦) 레지스턴스호의 도입 설치와 내연발전소의 신증설이 그 계획 중의 일부였다.

2. 주요 실적

제 1차 전원개발 5개년 계획은 1965년 섬진강 수력발전소가 마지막으로 준공됨으로써 완료되었다. 이 기간에 8개 계획사업의 완료되었고 새로이 건설된 발전설비가 약 350MW를 포함하여 기존 설비를 보수하는 등의 조치를 취하여 총 430MW만큼 전력 공급능력이 증가했다.

특히 1964년 4월 이후, 무제한 전력공급을 가까스로 실현하며 비교적 국가 전력망 운영의 안정화를 가져왔다. 이는 각 산업분야의 시설확장 의욕을 자극하는 계기가 됨으로써 계획목표년도에 이르는 동안 산정된 전력수요를 초과하는 결과가 가져왔다. 이 계획이 시행되는 동안 5천만 불의 외자도입과 60억원의 국내 자본이 투입되어, 총 9개의 발전소(화력발전 7개소, 수력발전 2개소)가 준공되었다.

제3절 제2차 전원개발 5개년 계획 (1967~1971)

1. 계획의 수립과 과정

한국 전력산업의 마스터플랜이었던 1차 전원개발 5개년계획의 성공적인 수행은 무제한 전력공급을 2년 앞당긴 성과를 가져왔다. 이 1차 계획을 추진하면서 얻은 경험과 기술을 밑바탕으로 1964년 5월에 새로이 전원개발 계획을 수립하기 시작하였는데, 이것이 제 2차 전원개발 5개년 계획(1967~1971) 이다. 전력공급의 사정이 어느 정도 정상 궤도에 오르면서부터 장기적인 관점에서 국가발전의 주축인 전력의 생산을 안정화하고 또한 전원개발사업이 보다 건전한 기반에서 수행될 수 있도록 하기 위한 종합적인 연구와 검토의 노력이 경주되었다. 그 노력의 일환으로 미국의 토머스 전력조사단을 초청하였다. 이 조사단은 1964년 10월부터 약 6개월 동안 우리나라의 전력 수요와 전원개발계획에 대한 컨설팅을 수행하고 “plan #4BR”을 제시하였다. 이 계획안은 산정된 전력수요 등에 관해서 당시 한국 측의 견해와 상당한 이견이 있어 계획으로 채택되지 못하였고, 한국 측은 그 대신 EBASCO의 컨설팅 결과를 수용하여 그것을 근거로 발전소 건설계획을 수립하였다. 당시 EBASCO사는 국가 전력망과 관련된 기본 안을 제시하여 최근까지 국가전력망의 기본이 되는 청사진을 마련하였을 뿐만 아니라, 당시 발전 분야에서 직접 적용이 가능할 정도로 정확한 계획안을 한국 측에 제시하였다.

이 결과로 수립된 2차 5개년 계획은 그 후에도 여러 차례 조정되었고 정부의 경제개발 5개년 계획에 반영되었다. 당시 1971년 예측으로 최대 전력수요를 약 1,630MW, 신규 발전소 건설 1,170MW로 예측하였고 이에 1966년의 기존설비와 더해져 1,940MW의 공급 능력을 확보하는 것으로 계획을 수립하였다. 그러나 1967년에 들어서면서 전력수요는 무제한 전력공급과 더불어 산업의 경이적인 고도성장으로 전력수요가 예상외로 급증하여 매년 30%에 육박하였다. 이러한 상황에서 2개의 수력발전소 건설에 차질이 발생하고, 1968년 발생한 가뭄으로 인해서 부득이하게 전력공급을 일시적으로 제한해야했다. 이에 대한 대응책으로 건설 공사기간이 비교적 짧고 건설비가 저렴한 가스터빈 발전소와 디젤 발전소를 긴급 도입하였다.

2. 주요 실적

1971년으로 마무리된 제 2차 5개년 전원개발계획은 약 1,910MW의 신규 전원을 개발하였고 5년 전인 1966년에 비해서 약 3.4배의 전력 공급능력을 갖추게 되었다. 그러나 수력자원은 여전히 부족하였고, 석탄의 공급이 여의치 않은 상황에서 석유에 의존하는 경향이 나타나 1971년 말 수력 발전과 화력발전의 비율이 약 13 대 87이 되었다.

이 기간에는 대단위 석유 화력발전소의 건설이 두드러졌다. 이는 당시 석유의 가격이 국제시장에서 보합 내지는 단기적 하락세였음에 반하여 석탄은 가격 문제 뿐 아니라 국내탄 생산이 점차 감소추세에 이르는 등 여러 제약이 뒤따라 발전용 연료로서는 부적합하다고 판단했기 때문이었다. 또한 전원개발에 소요되는 재원을 재정차관에 의존했던 종래의 방식을 지양하고 외국의 상업차관을 과감히 도입했다. 그리고 특기할 사항으로 당시로서는 매우 선진적인 분야였던 원자력발전소의 건설 착수를 위한 기초조사가 이 기간에 이루어 졌다. 원자력 발전소의 건설 추진은 1960년대 후반부터 실시되어 왔으며, 1970년 6월 그 타당성이 입증되어 착공하였다. 이는 1970년대 후반부터 시작된 석유 확보난의 극복에 큰 도움을 주었다.

한편, 이 시기에 국내 산업의 규모가 방대해지며 대한민국 정부가 중화학 공업 부문에 대한 투자를 급격히 늘리면서 전원개발에 소요되는 재원은 정부의 재원만으로 충당하기 어려운 상황에 이르렀다. 이에 정부는 민간자본을 전원개발사업에 동원한다는 정책을 수립하고 민간 기업체들로 하여금 발전소 건설에 참여하도록 적극 권장하여 몇 개의 발전소가 민간 기업에 의해서 건설되었다. 이는 당시에는 발전원의 다원화를 꾀하고 전력수요에 부응하는 전력공급 능력을 갖추는데 일조하였으나 1970년대 전반기 발전설비의 과잉의 원인을 제공하기도 했다.

제4절 제3차 전원개발 5개년 계획 (1972~1976)

1. 계획의 수립과 과정

1971년 말에 종료된 2차 전원개발 5개년계획은 1967년 계획 수정 시 당초에 1971년까지의 5개년계획이었다. 이를 장기 10개년 계획으로 확대되고 연장함으로써 실질적으로는 차기사업이 될 3차 5개년 계획까지를 포함하는 장기계획으로 확대되었다. 따라서 2차 5개년 계획이 수정될 때마다 3차 5개년 계획도 자동적으로 수정되어 왔다. 1976년 말까지 이어지는 3차 계획 기간에 최종적으로 확정된 신규설비용량은 약 2,920MW에 지나지 않는데 이는 2차와 3차에 걸친 계획 수립과정에서 전력수요예측에 엄청난 차이가 발생했고, 그로인해 발전설비 과잉사태가 발생하였다. 그 여파로 전력수요 예측을 합리적으로 조정하고 건설계획 또한 하향조정하는 등의 바람직하지 않은 상황이 발생하였다.

1972년 이후 3차의 5개년 계획 전원개발 계획의 기간에는 1973년 국제 원유가의 폭등으로 종전의 석유 위주의 전원개발 원칙을 수정하여 발전연료의 다원화로 전환을 꾀한 시기였고 원자력발전소의 건설공사가 활기를 띠었다. 이 기간에는 2차 계획기간 후기의 과잉설비에서 경기침체로 인한

전력수요의 성장둔화가 겹쳐 전력공급 과잉현상이 일어나 한국의 전력산업 전반에 상당히 어려움을 가져다주었다. 그러나 1976년에 가까워질 무렵에는 침체되었던 경제가 회복됨에 따라서 국내 수출산업이 급격히 신장하여 전력수요는 예측치를 훨씬 넘어서는 급성장을 하였다. 이에 따라 1976년 말에는 전력 공급예비율이 3.9%까지 하락하여 전력의 안정적 공급에 큰 위협을 주기도 하였다.

2. 주요 실적

이 시기에는 전력산업을 둘러싼 경제 여건이 매우 급격하게 변동하여 전력의 생산, 수송과 공급을 주관하는 전력 사업은 그 특성상 계획과 건설, 운영 면에서 탄력 있는 단기적 대응이 곤란하였다. 그러나 이러한 과정을 겪으면서 종래에는 양적으로 규모를 확장하거나 전력난이 닥칠 때 긴급대책으로 디젤 혹은 가스터빈 발전소나 소규모의 발전기를 도입하던 방식에서 벗어나 국가 전체적으로 발전소의 균형 배치를 고려한 적정규모의 건설과 수력자원 개발에도 힘을 기울일 수 있는 계기가 마련되었다.

또한 1976년 말 발전설비의 에너지원별 발전량 구성비는 석유류 발전이 92.3%, 수력과 석탄이 7.7%에 불과하여 석유이외의 자원에 대한 전원개발 필요성이 대두되었다. 이제까지 소극적으로 다루어지던 발전 연료의 다원화 문제가 본격적으로 전원개발계획에 반영되기 시작하여 4차 5개년계획 수립 시에는 장기 대책으로 원자력과 석탄화력을 주전원으로 하는 적극적인 패러다임의 전환이 시도되었다.

제5절 제4차 전원개발 5개년계획 (1977~1981)

1. 계획의 수립과 수정

4차 기간부터는 대한민국이 경제적으로 고도성장을 지속하는 가운데 80년대의 발전을 맞이할 기반을 견고히 다졌다고 볼 수 있는데 이에 따라 전력산업 분야도 체제정비와 설비 확충에 주력하였다. 발전소 건설에 있어서는 다수의 대용량 원자력과 수력, 양수, 화력 등 과거 어느 때 보다도 많은 건설 공사를 동시에 추진하였다.

특히 탈석유 및 에너지 다원화정책을 강력히 추진하고 기저공급 설비는 석유중심의 화력발전에서 원자력 발전으로 대체하였다. 그리고 장기 전원개발계획 수립을 위한 전산 소프트웨어인 WASP를 도입 실용화하는 등 계획 업무 전반에서 적극적인 전환을 모색하였다. 1981년을 마지막으로 하는 4차 5개년 전원개발계획은 탈석유와 기자재 국산화라는 두 개의 목표를 가지고 있었다. 3차 전원개발 종료 시점의 발전설비 약 4,810MW에서 4년만에 4,710MW를 추가로 건설하고 전력 공급예비율을 33.2%로 높였다.

2. 주요 실적

이 시기에 발전소 건설 추진상의 큰 성과 중 하나는 종래의 발전소 건설 기자재를 외국으로부터

일괄 도입하거나 공사건별로 발주하던 방식에서 탈피한 것이다. 그 동안 축적된 건설 경험과 국내산업의 기술을 바탕으로 외국 주도의 턴키방식에서 진일보하여 자국주도의 완전 턴키방식 혹은 주요 기자재를 외조달에서 국내에서 조달하는 방식으로 평균 국산화율을 40~45%까지 향상시켰다.

제6절 원자력 발전의 도입

1. 개요

4차에 걸친 전원개발 5개년 계획사업을 추진하는 동안 가장 주목되는 것이 원자력 발전소의 건설이다. 한국은 1978년 4월 최초 원자력 발전소(고리 1호기)가 준공되면서 세계 21번째의 원전 보유국으로 부상하면서 본격적인 원자력 발전시대를 맞이하게 되었다. 그 후 1979년 3월 미국의 원자력발전소 사고가 발생하여 국내외에서 원자력발전의 안전성 문제가 제기되기도 하였으나 자원빈국인 우리나라는 두 차례 석유파동을 계기로 더욱 원자력 개발에 힘을 기울였다. 처음 원자력 발전을 도입할 때에는 외국 업체를 통해 턴키방식으로 계약하여 개발되었으나 이후 기술자립과 국산화를 추진하여 1980년대에 이르러서는 원자력 분야 인력개발과 핵연료 기술의 확보에도 힘을 기울여 원자력 기술자립의 토대를 마련했다.

2. 추진과정

대한민국의 원자력발전 사업은 1962년 원자력발전대책위원회가 구성되고 뒤이어 정부와 공공기관 등의 대표자회의의 의견을 참고로 “원자력 발전 추진 계획안”이 수립되면서 시작되었다. 이 안에는 1970년 초기에 원자력 발전소를 건설할 것과 관련기술의 습득 및 요원양성에 관련된 내용이 포함되어 있었다.

최초의 원자력 발전소 건설부지에 대한 기초조사는 1964년 말부터 약 1년간 실시되었다. 이 기초조사는 여러 공공기관의 협력으로 진행되었는데 여러 개의 건설부지 중에서 9개의 후보를 선정하고 예비조사를 실시했다. 예비 조사 후 3개 지점을 선택하고 2차로 인구밀도, 인접지역과의 거리, 수송조건 및 지형, 지질 등을 조사하였다. 3차 조사는 국제원자력기구 부지조사단과의 협조로 이미 시행한 조사결과에 대한 평가를 시행하고 추가조사에 대한 제안을 받았다. 1966년 12월 다시 정부와 공공기관을 구성원으로 하는 원자력발전조사위원회가 구성되어 타당성조사를 실시했다.

이 타당성 조사 시 동 위원회 향후 원자력발전사업을 종합적으로 추진하기 위해서 새로운 기구를 설치할 것을 건의한 반면 당시 한국전력주식회사는 원자력도 일종의 발전 사업이므로 한국전력주식회사에서 맡아야 한다고 주장하여 찬반 논의가 분분했다. 1968년 3월 본 조사 작업에 대비한 컨설팅기관을 선정했는데 Burns & Roe사로 결정되었다. 이 회사는 1968년 10월부터 5개월간 타당성 조사를 실시한 끝에 경제성, 기술성 및 안전성 면에서 500MW급 원자력 발전소를 1974년경에 준공함이 타당하고 건설입지는 “고리”를 최적으로 결론을 내렸다. 그리고 1968년 4월 원자력발전조사위원회는 그동안 논의되어온 원자력사업의 주체를 한국전력주식회사로 확정했다.

3. 원자력발전소 건설

“고리” 원자력 발전소는 1971년 3월 착공되어 약 87개월간의 건설공사를 거쳐 1978년 4월 준공되었다. 설비용량은 약 580MW로 건설공사에는 외자 약 1억7천만 달러, 내자 717억원이 투입되었는데 당시 대한민국에서는 최대 규모의 단위사업이었다. 여기에 필요한 주요 재원은 미국 수출입은행과 영국 Lazard's 금융단 등의 차관으로 조달되었다.

당시 건설공사의 주계약자는 미국의 웨스팅하우스사로 전반적인 건설 책임과 주요 원전 기술과 설비공급을 담당하고 영국의 EEW사는 토목공사를 담당하였다. 몇몇 국내 건설업체도 여기에 참여하여 향후 원자력 발전기술의 국산화에 크게 기여하였다. 이 “고리” 원자력 발전소의 건설은 최초 제 2차 전원개발 5개년 계획에는 1974년 500MW급 발전소를 준공하도록 하고, 1976년에 또 다른 원자력 발전소를 건설하는 것으로 계획하였다. 그러나 계획은 여러 차례 수정되어 제 3차 전원개발계획 수행 중에 1개의 원자력 발전소만을 완공하는 것으로 수정되었다.

표 2-3 | 전원개발 단계별 발전원 변동

기간	장애요인	발전원 변동	영향
제 1차 전원개발 계획 [1962~1966]	· 발전량 부족으로 인한 제한송전	· 수력과 화력 발전량의 증대	· 건설 기간이 짧은 화력발전소를 건설하여 단기간에 발전용량 증대 · 1964년 무제한 전력공급을 실현하여 경제성장의 기반 마련
제 2차 전원개발 계획 [1967~1971]	· 수력자원 부족 및 석탄의 수급 부족	· 석유 화력 발전의 증가	· 1,910MW의 신규전원 개발 · 1966년 대비 3.4배의 전원공급 능력 확보
제 3차 전원개발 계획 [1972~1976]	· 1973년 국제 원유가의 폭등으로 석유 화력 발전 비용증가	· 발전 연료의 다양화 · 원자력 발전소의 건설공사 추진	· 국가 전체적으로 발전소의 균형배치를 고려한 적정규모의 발전소 건설과 수력발전 개발
제 4차 전원개발 계획 [1977~1981]	· 두 차례 석유파동을 계기로 원자력 발전 비중 확대	· 탈석유 및 에너지 다원화정책 추진 · 원자력 발전 시작	· 4,710MW의 신규 전원 개발 · 전력공급 예비율을 33.2%로 확대

2011 경제발전경험모듈화사업
안정적 전력공급을 위한 전력망 구축사업

제3장

국가전력망 구축 추진

- 제1절 전력망 구축 정책 수립
- 제2절 전력망 건설
- 제3절 전력망 손실 관리
- 제4절 전력망 설비 운전 자동화
- 제5절 배전 업무 현대화
- 제6절 스마트 그리드 추진

국가전력망 구축 추진

제1절 전력망 구축 정책 수립

대한민국은 1961년 국민 1인당 전력소비량이 매우 낮은 52kWh에 불과했다. 그러나 경제가 발전함에 따라서 2000년대에는 1인당 전력소비량이 매우 크게 증가 했다. 안정적인 전력공급은 산업생산과 국민생활 등 다방면에서 매우 중요한 것으로 경제발전의 견인차 역할을 수행한다. 또 전력수요는 다른 에너지원으로 대체하기가 매우 어려울 뿐만 아니라 동시에 전력에너지는 저장이 곤란하기 때문에 잠시라도 공급이 중단되어서는 안 되는 필수불가결의 에너지이다. 이러한 전력에너지의 특성을 감안할 때 전력의 생산뿐만 아니라 전력 수송과 공급도 전력분야에서 상당한 중요성을 가지고 있다. 한국에서는 전력설비의 전후 복구사업이 마무리된 1961년 전력사업 개편작업의 일환으로 전력 3사가 하나로 통합되어 일원화되었다. 정부의 경제개발계획에 따라 심각한 전력 부족을 해결하기위한 전원개발계획이 수립되었으나 당시의 경제여건 상 앞서 언급한 전원개발뿐만이 아니라 전력계통 구성을 위한 투자재원과 기술은 외국차관과 원조에 의존할 수밖에 없었다. 1962년 한국은 이에 국가전력망 기본계획 수립과 관련된 원조를 미국에 요청하였다. 그에 따라 미국의 EBASCO(컨설팅 회사)와 Burns & Roe는 한국의 국가전력망 구축 정책을 마련하기 위한 컨설팅을 실시하였고 그 컨설팅의 결과에 따라 한국의 전력망 구축 정책이 결정되었다고 볼 수 있는데 주요 내용은 아래와 같다.

표 3-1 | 1962년 한국의 국가전력망 구축 정책수립을 위한 컨설팅 내용

정책	주요내용	비고
1. EBASCO 컨설팅	① 대용량의 전력 수송을 위해 여러 종류의 송전 전압을 345kV-154kV로 단순화 ② 154kV 설비의 운영상 효율성을 개선하기 위해서 접지방식의 변경이 그리고 전력공급의 신뢰도를 향상하기 위하여 안정적인 전력망구성 (환상망 구성) ③ 3.3kV, 5.7kV, 6.6kV, 11.4kV등 여러 종류의 전압으로 구성되어 있었던 배전전압을 22.9kV로 단일화 ④ 100/200V로 일반 국민에게 공급되고 있던 저압설비를 220/380V로 승압	
2. Burns & Roe 컨설팅	① 향후 송전계통 확장은 154kV로 하고, 특별한 경우를 제외하고 66kV 시설을 확장하지 않는 방향 ② 수도권에는 154kV 2회선의 송전선으로 환상망을 구성하고, 그 환상망이 부하중심지에 인접되도록 건설	

1. 전력망 발전초기 단계

1960년대의 전력망 확충 계획과 관련된 내용에 따르면 정부의 제1차 경제개발 5개년 계획에 의거 전력수요 성장을 연평균 12%로 추정하였다. 1962년에 수립된 장기 전원개발 계획을 기초로 당시로서는 대규모 발전소 건설을 추진하게 되면서 전력망 계획도 본궤도에 오르게 되었다.

제1차 전원개발 계획에 수반하는 송·변·배전 시설계획은 시설의 확장, 전력계통의 개선, 전력설비의 현대화 및 신규 수요개척 등의 관련 계획을 포함하고 있었다. 발전소 건설과 수반되어 송전을 담당할 주요 설비로는 대한민국의 원거리 지역을 연결하는 154kV급의 환상망을 계획하였다. 그리고 지역 부하 공급용으로 서울, 전북, 전남 및 경남지역에 154kV 변전소를 신설하고 송전선로 건설을 계획하였다. 한국의 주요 대도시에는 66kV 송전선로 환상망을 구성하고 22kV 송변전 시설의 66kV로의 승압과 22kV 및 66kV 변전소의 대폭적인 신설을 계획하였다. 이와 같은 대규모 시설 확장에 필요한 투자재원을 확보하기 위하여 1963년 2월 USAID에 재정차관을 신청하였다. 이때 USAID의 요청에 따라 신청 내용의 타당성 분석과 한전 경영 전반의 평가 역무수행을 미국 EBASCO 용역회사에서 실시하였다. 용역 결과 EBASCO사는 여러 가지 제시안을 제출하였는데 이 중 송배전 분야 건의사항은 우리나라의 전력계통의 구성과 전압계층의 변화 및 배전전압의 승압에 중대한 영향을 주었다.

EBASCO사 제시 세부내용

- ① 정치, 경제 사회적으로 중요한 수도 서울에 안정적인 전력을 공급하기 위해서 154kV와 66kV로 구성되는 도시 외곽 loop(환상선)망 마련
- ② 66kV 계통의 신규 시설을 억제하고 154kV 계통을 가급적 확장
- ③ 수도권의 22kV 계통에 대한 전원 보강은 154/22kV, 40MVA의 변압기를 거쳐서 마련한다.
- ④ 22kV 차단기의 차단용량은 5GVA로 한다.
- ⑤ 변전소(당시 수색변전소)에 있는 154/22kV, 60MVA 변압기 2대는 분리 운전하여야 한다.
- ⑥ 앞으로 건설될 발전소는 (당시 당인리발전소)는 154kV 계통에 연결되어 154kV loop가 구성되어야 한다.
- ⑦ 서울과 강원 지역을 잇는 기존 154kV 2회선 송전선은 수전단과 중간변전소에서 VAR를 공급하면 회선당 75MW를 수송할 수 있다.
- ⑧ 154kV 계통은 유효접지되어야 한다.
- ⑨ 배전부문에 있어서 현 3.3kV, 6.6kV △계통은 많은 변전소와 선로를 필요로 하므로 경제적이 아니다.
- ⑩ 12kV 또는 23kV 다중접지방식이 가장 경제적이다. 배전용량이 커서 용통성이 크며, 전압강하와 전력손실의 감소 및 건설의 단순화 등 부가적인 이득이 있다.
- ⑪ 모든 전압에 걸쳐 건설표준이 제정되어야 한다.
- ⑫ 차관신청에 포함되어 있는 3.3kV 또는 6.6kV 변전소 건설 대신에 배전선로의 승압을 계획하여야 한다.

EBASCO의 제안 결과에 따라 1964년 12월 AID와 차관협정이 체결되어 60년대 후반에 국가전력망 구축사업을 본격적으로 추진하게 되었다. 한편 제2차 전원개발계획에 따른 전력망 시설 확장 계획은 154kV급 설비 확장을 주요내용으로 하고 있으며, 1966년 6월 투자재원 확보를 위한 제2차 USAID 차관을 신청 Burns & Roe사가 컨설팅을 시행하였다.

1967년 6월에 작성된 장기 전력망 시설계획의 주요 내용은 한국의 수도권과 대한민국 남동부지역에 154kV급 2회선 환상망을 각각 구성하고 발전소가 집중적으로 건설되어 있는 한반도 남동부 지역과 수도권을 연결하는 전력망 건설 계획 (당시에는 전압이 결정되어 있지 않았고, “154kV급 보다는 높은 전압으로 한다”고만 되어 있었음) 이 추가로 수립되었고, 그 외는 EBASCO, Burns & Roe가 제시한 계획이 그대로 반영되었다. 한편, 농어촌 전화 사업은 5개년 계획을 수립하여 추진하는 안이 마련되었다.

2. 전력계통 성장기

1960년대 중반 이후 경제개발계획이 성공적으로 추진되어 1970년대 중화학 공업단지가 조성되고 대용량의 전력을 소비하는 산업시설이 급속히 확산되었으며 생활수준의 향상으로 전력수요는 급성장 하게 되었는데 이에 다른 공급능력 확보를 위해 전력망에 있어 대용량·장거리 수송체계 구축이 필요하였을 뿐만 아니라 배전설비의 확충이 급선무로 등장하였다. 1970년대 후반부터 간선계통으로는 종전의 154kV급 설비는 지역 내 환상망 또는 배전변전소 공급용으로 전환되고, 345kV급 설비가 발전단지와 대수요지 사이를 연결하는 간선계통으로 본격적으로 확대되었다.

따라서 전력망 구축계획도 단순한 전력수요를 공급하기 위한 설비확장 계획에서 양질의 전기를 안정적으로 공급하기 위한 환상망 구성과 대전력 원거리 수송체계의 구축은 물론 원자력 등 대용량 발전기가 계통에 병행하게 됨에 따라 전력조류뿐만 아니라 계통안정도 유지를 고려한 전력망 건설과 운영계획이 필요하게 되었다.

또한 경제규모의 성장과 함께 전력계통 전압체계가 345kV-154kV-22.9kV-220/380V로 급진적으로 추진되었는데 이는 수요성장에 따라 신규설비가 확장되었을 뿐만 아니라 이외의 공급능력 부족 해결을 위하여 승압 등 설비보강이 활발히 추진되었기 때문이다. 계획의 기본방향은 대용량을 수송하는 전력망의 중추 시설을 종래의 154kV 설비에서 345kV 설비로 전환하고 154kV 설비는 지역 내 전력공급계통으로 계속 확장하며, 22.9kV 및 220/380V 배전설비 건설을 지속적으로 추진 개선하도록 함으로써 전기품질에 대한 목표를 구체화하였다. 또한 수도권 중심부 등 중요지역은 도시미화를 고려하여 1976년부터 점차적으로 지중 설비를 건설하였고 이에 대비하여 도로 공사시에는 향후 전기설비를 지하에 설치하기 용이하도록 지중관로를 병행하여 시공하였다.

3. 전력계통 완성기

1970~80년대에는 전력공급 안정을 위한 전원개발과 송변전 설비 확충이 본격적으로 추진되어 154kV급 설비가 지역부하 공급용으로 전환되고 남북 3개 루트와 동서 3개 루트의 345kV급 설비의 기간 전력망이 완성되었다. 또한 수도권 환상망 구성과 대한민국 주요 도심지 전력계통 보강을 위한 345kV 지중선로 및 옥내 변전소 건설이 추진되었고, 차기 전압 격상이 검토되는 등 전력계통이 비약적인 성장을 하였다. 반면 송변전 설비 확충을 위한 용지확보는 토지소유자나 주변지역민 민원과 토지이용의 제약 등으로 점차 어려워져 건설 공사기간이 점점 장기화되어 적기에 설비를 확충하는 것이 어려워짐에 따라 일부 154kV 계통의 과부하와 함께 지중송전선 확장에 소요되는 투자비가 대폭 증가하였다. 특히 수도권의 경우 도심의 고층화와 주변 주거시설 확장으로 전국 수요의 40%를 점유한 반면, 전원이 원거리에 위치하여 대용량 전력 수송선로 건설이 지속적으로 추진되어야 했다.

1990년대 전력망 계획의 주요 내용은 아래와 같다.

- 1979년부터 초고압 전압격상이 검토되기 시작한 이후 기술용역 및 각계의 의견을 수렴하여 1991년 7월 격상전압은 765kV로 확정하고, 대단위 신규전원과 수요지를 연결하는 지역을 대상구간으로 선정하고 장거리 전력망을 구성, 건설하도록 하였다. 이에 따라 일부 345kV급 설비로 구성된 전력망 일부를 765kV급으로 전환하기로 하였다.
- 수도권과 대한민국 남동부 지역을 잇는 765kV 전력망을 1998년 건설하여 우선 345kV로 운전하고, 2002년에 765kV급 변전소를 건설하여 최종적으로 765kV로 전환하기로 계획을 수립하였다.
- 수도권 인근 섬(인천 영흥도)에 1000만kW 이상 규모의 대단위 석탄 화력발전소 건설을 추진하고 이 발전소와 부근 변전소를 해월구간에 대용량 전선을 사용한 345kV 해상 송전선로를 1999년 및 2003년에 건설하도록 하였다.

또한 계통구성의 경제성과 효율성을 확보하기 위하여 국토 가용면적 및 인구증가, 일본의 전력 수요 성장추세를 참고로, 우리나라 한계수요는 목표연도(Horizon Year)를 2031년으로 산정하여 약 9,000만kW가 될 것으로 전망하여 신규전원 입지개발 방향, 지역간 전력수급, 수도권 계통구성, 고장용량 등을 검토하였다. 수도권은 1991년 전국 수요의 44.4%를 점유하고 있으나 장기적으로 점유율이 점차 증가하여 2031년에는 48% 수준으로 전망되어 345kV 변전소는 1991년 7개에서 2031년에는 34개가 소요될 것으로 예상하였고 345kV 기존 환상망 계통의 전력수송 한계 초과로 765kV 급 설비로 전력망 구성이 필요할 것으로 예상하고 이에 관한 계획도 수립되고 추진되었다.

제2절 전력망 건설

1. 154kV 및 345kV 송변전 건설

1961년 3사 통합 당시 우리나라의 전력망은 장거리 대전력 수송을 목적으로 154kV 설비를 활용하였다. 그리고 중거리 중간규모 전력 수송을 목적으로 66kV설비를, 단거리 소규모 전력 수송을 목적으로 22kV 설비를 활용하는 3단계 전력 수송 설비가 구축되어 있었다. 하지만 이들 전력망은 접지방식을 적용하고 있어서 안정적인 시스템운영에 상당한 어려움을 겪고 있었다.

154kV 설비는 1968년 직접접지 전환 이전까지 모두 3상 3선식 소호리액터 접지 또는 비접지 방식으로 되어 있어서 고장의 검출과 차단이 간단하지 않고 고장의 지속시간이 길어 고장이 발생한 경우 고장이 발생하지 않은 건전한 전력망의 전압이 상승함으로써 전력망에 사고가 파급되는 등의 문제가 있었다.

이에 따라 1950년대부터 전력수송에 중추적인 역할을 하고 있었던 154kV 설비에 대한 운영상의 문제점을 해결하기 위해서 다각도의 노력을 해왔으나, 1960년대에 이르러서야 그 구체적인 추진 방안을 마련하고 준비 작업을 거쳐 1968년 10월 154kV 설비의 접지방식을 변경하였다.

직접 접지방식은 전력망에 접속된 변압기의 중성점을 대지와 금속선으로 직접 연결하는 것으로 지락 고장이 발생한 경우 고장이 발생하지 않은 전력망에 전압이 거의 상승하지 않고 지락 고장의 검출이 비교적 용이하여 고장 지속시간을 단축시킬 수 있는 장점을 가지고 있다. 또한 전력망에 설치되는 설비의 가격을 저감할 수 있는 접지방식이다.

1962년부터 시행되었던 제1, 2차 경제개발계획이 성공적으로 추진되어 연간 20%의 증가율로 급증하던 전력수요를 충분히 만족시킬 수 있었으며 발전설비의 단위 용량도 대형화되어 1개의 발전소에서 생산하는 전력량이 크게 증가함에 따라서 154kV 설비만으로는 전력 수송을 어렵게 됨으로써 이러한 문제를 해결하기 위해서 345kV 설비 구축 사업을 추진하게 되었다. 345kV 설비 도입을 위한 구체적인 타당성 조사는 미국의 기술 원조를 통해서 시행되었고 345kV 설비 구축사업 추진과 정 내내 사업 시행의 기준으로 활용되었다. 한편, 345kV 설비 구축사업에 활용되었던 기자재는 미

국이 아닌 독일과 영국에서 수입되었고, 당시 한국전력공사의 기술자들은 독일과 영국으로부터 이 기자재와 관련된 사항에 대해서 기술훈련을 받았다. 당시 외국으로부터 수입된 626만 달러 상당의 기자재와 523억원 상당의 국내 기자재를 활용하여 345kV 설비 1차 구축사업이 수행되었다.

345kV 설비 건설은 미국의 Commonwealth Associates 사의 용역으로 계획과 기본설계가 이루어졌으며 초기 사업은 차관에 의한 턴키형태로 외국기술과 자본에 의해 건설되었고 1974년 4월 345kV급 설비 구축 1차 사업이 착공되었고, 1978년 3월 10일 345kV급 설비 구축 1차 사업을 완료하게 되었다. 이와 같이 전국적으로 345kV 설비가 전력 수송의 중추적인 역할을 담당하기 시작하였고 경제발전에 따라서 대용량 발전소 건설이 진행되었다. 전력수요 또한 지속적으로 증가함에 따라, 345kV 설비를 확장하는 2, 3차 사업계획이 1974년부터 검토되어 1976년 10월 최종 확정되어 1981년까지 추진하게 되었다. 이에 따라 1977년 1월 2차 345kV 설비 구축을 위해 일본과 송전용 기자재 공급계약을 하고 같은 해 3월 Barclay Bank 차관을 도입하여 영국 GEC사와 변전용 기자재 공급계약 체결 등을 통하여 외국 기자재를 도입하였고, 1977년 3월 2차 345kV 사업을 착공하게 되었다. 이 구축 사업이 진행되는 동안 프로젝트 관리, 기자재 수급, 숙련된 건설요원의 부족 및 대형장비의 확보 등에 많은 어려움을 겪었으나 장비를 사용하는 기계화 공법 등의 도입으로 공사방법에 변화가 있었고, 공사 기간 중 습득한 외국 기자재에 관한 기술을 활용하여 345kV 기자재의 국산화에도 노력하였다. 이 345kV 설비 구축사업을 통해서 전력수송의 원활화라는 직접적인 효과는 물론 차후 765kV 설비 구축사업의 공법 개선에도 크게 기여하였다.

2. 765kV 송변전 건설

가. 개요

한강의 기적이라 불린 우리나라의 경제성장은 전력, 도로, 항만, 철도 등 사회간접자본의 적극적인 확충이 성공의 중요한 요인으로 작용하였다. 특히 원자력, 화력 등의 대용량 발전소를 집중적으로 건설하는 노력의 결과 전력설비가 충분히 확보되어 경제개발의 견인차 역할을 하였다. 이들 발전소는 연료공급 및 용수 문제로 주로 해안가에 건설하게 되었고 이에 따라 생산된 전력을 수송하기 위한 송전망도 지속적으로 확충되었다. 증가하는 전력수송을 원활히 하기 위하여 1976년에는 154kV급 설비를 345kV급 설비로 승압하는 방법으로 전력망을 구축하였다. 1970년대 말에 이르면서 우리나라의 연간 전력수요 성장률이 20% 수준에 이르고 당시 예측으로 1991년에는 최대수요가 25,000MW로 전망됨에 따라 1990년대 초에는 보다 높은 전압의 설비가 필요할 것으로 판단되었다. 이에 따라 1978년 6월 전압격상 기술 검토를 위해 해외 교육계획을 수립하고 1979년 5월부터 1980년 4월까지 계통계획, 운용, 송전절연 및 도체 선정, 변전절연 및 기기, 계통보호, 통신 등 8개 분야 총 19명(분야별 5~8개월 연수실시)을 대상으로 미국 웨스팅하우스사와 스웨덴 전력 청에서 온 2명의 기술자가 1980년 8월부터 11월까지 전압 격상기법에 대하여 파견교육을 한국에서 실시하였다.

그러나 1980년대 초 2차 석유파동 이후 전력수요 성장률이 급격히 둔화됨에 따라 전압 격상사업 추진은 잠정 보류되었다. 하지만 1980년대 후반부터 전력수요 성장률이 10% 이상으로 다시 높아지고 전국 전력수요의 40% 이상이 수도권 지역에 집중되어 있어 수도권과 원거리 전원단간의 지역

별 전력수급 불균형이 심화되었다. 또한 좁은 국토와 높은 인구밀도로 송전선로 및 변전소의 입지난이도가 중된 데다 3면이 바다로 둘러싸인 한반도 지리적 특성 때문에 전력계통이 고립되어 연계가 곤란하여, 이러한 문제들을 해결할 수 있는 방법으로 송전전압 격상사업의 필요성이 다시 대두되었다. 또한, 기존의 345kV 설비로는 이에 대응할 능력이 부족하여 전력수송 용량이 한층 높은 765kV 설비의 전압 격상사업의 추진이 불가피하게 되었다. 결국 1990년대 초반의 준비기간을 거친 후 1996년 1월 송전공사가 착공되어 2002년 5월 국내 최초의 765kV 송전망이 준공되기에 이르렀다.

나. 주요 기자재 국산화 추진

전압의 격상은 단순히 대용량 전력수송에만 그치는 것이 아니라 한 나라의 전력기술이 전반적으로 한 단계 상승하게 됨을 의미한다. 즉 765kV로의 전압격상을 통하여 고전압 설계 및 기자재 제작 기술, 각종 장비 및 건설공법의 개발, 시스템 설계, 제어, 보호기술의 향상 등 국내 기술수준을 향상시켰다. 그러나 당시로서는 많은 개발비용과 기술적 리스크를 안고 있으며 계획물량이 적었을 뿐만 아니라 향후 국외에서도 동일 기종의 수요가 발생할 확률이 희박하여 제작사의 입장에서는 선뜻 참여하기가 어려운 상황이었다. 이미 765kV급으로 격상 운전 중인 나라들 중에서도 미국, 캐나다, 일본, 러시아를 제외한 남아공, 브라질, 베네수엘라 등이 모두 외국에서 기자재를 도입한 상태였다. 그러나 765kV 사업에 있어서는 정부, 한전, 연구기관 및 제작사의 모든 관계자들에게 국산화 쪽으로 공감대가 형성되었다.

특히, 국내 중전기업체 등이 선진국 업체를 맹렬하게 추격하고 있는 상황에서 엄청난 자금투자와 기술이 집약될 수 있는 765kV 기자재를 외국에서 수입할 경우는 그동안 견실하게 성장해온 국내 중전기 시장의 침체와 함께 국내 중전기 분야 기술이 선진외국에 종속 되는 것을 의미하는 것이기도 하여 국산개발의 필요성이 더욱 절실하였다. 따라서 1991년부터 정부의 주도하에 전력회사가 많은 부분의 자금을 지원하고 제조업체, 연구소 등이 공동으로 참여하여 개발하는 방식으로 765kV 국산 기자재의 설계 및 제조기술 개발을 추진하게 되었다. 비록 동일 기종은 아니더라도 유사 기종이나 500kV급 기기의 개발 생산은 용이하게 할 수 있다. 실제 500kV급 기기와 기술 수출에 기여하게 되었다.

다. 765kV급 설비도입의 효과

이러한 765kV 격상을 통하여 얻게 된 효과를 분석하여 보면 아래와 같다.

첫째, 원거리의 대규모 전원단지로부터 765kV 송전망을 이용하여 발전전력을 전국 전력수요의 40% 이상이 집중된 수도권까지 안정으로 전력수송하는 것이 가능하게 되어 전력수급의 불균형을 해소하고, 안정된 전력공급체계를 구축하였다. 이는 수도권 근처에 발전소가 건설될 경우 발생하는 비용을 절감하여 결과적으로는 국가 전체에 이익이 돌아오는 효과를 발휘하게 되었다. (수송 능력이 345kV 대비 4.8배)

둘째, 아시아 최초로 765kV 상업운전을 성공적으로 개시함으로써 기술경쟁력을 제고하였고, 특히 순수 국내기술진이 연구, 개발, 설계, 시공 등 전 분야를 수행함으로써 전력망 기술자립 기반을 견고히 하였다. 이는 국내 최초로 시행되는 사업으로 관련기술이 정립되지 않은 상태에서 수행되는

만큼 사업초기 해외훈련과 해외 선진자료 수집, 345kV 건설 및 운전경험 등을 활용하여 사업을 수행하였고, 또한 설계 및 시공과정에서 신기술, 시공법을 개발·적용하여 전력기술 수준의 선진화를 달성하였다.

셋째, 국내에서 사업성이 없는 극히 일부의 품목을 제외하고는 765kV 사업에 소요되는 주요 기자재 및 건설 장비를 모두 국산화함으로써 약 3,800억 원의 외화를 절감할 수 있었다.

넷째, 765kV 송전선로를 건설함으로써 동일용량 대비 345kV 5개 선로를 대체할 수 있는 효과를 얻게 되어 결과적으로 장기적인 측면에서 송변전 설비의 추가건설에 따르는 입지난을 완화하고 좁은 국토를 효율적으로 이용할 수 있게 되었다.

다섯째, 송전 손실률 감소이다. 전력손실은 전압의 제곱에 반비례해서 감소하므로 345kV의 경우에 비해 약 20% 수준의 송전 손실률 감소효과를 거두었다.

3. 22.9kV 배전 건설

가. 배전공사 기능인력 교육

일본강점기와 한국전쟁을 거치면서 전력 설비를 건설하고 유지보수 하는데 필요한 인력이 부족한 상황이었다. 배전설비의 적절한 건설 및 유지보수를 위해서는 한전과 협력업체 종사자의 뛰어난 기능역량이 중요하기 때문에 한전에서는 배전분야 기능인력을 교육하였다. 한전의 배전분야 기능인력 양성은 1965년 11월 1일에 사원연수원에 입교한 전공양성반이 최초의 전기원 양성과정 교육생이 되었다. 직업훈련생의 교육기간은 26주로서 기능교육 뿐만 아니라 책임감과 협동심, 단결력 등 정신교육도 병행하여 우수한 인력을 양성하여왔다.

표 3-2 | 협력업체 기능인력 교육 현황

기수	수료년도	교육기간	수료인원	기수	수료년도	교육기간	수료인원
1	1976	26	218	20	1998	16	29
2	1976	26	183	21	1998	16	29
3	1977	26	147	22	1999	16	30
4	1977	26	154	23	1999	16	30
5	1978	26	126	24	2000	16	30
6	1979	26	241	25	2000	16	30
7	1980	26	275	26	2001	20	17
8	1981	26	150	27	2001	20	20
9	1981	26	150	28	2002	20	18
10	1982	26	196	29	2002	20	20
11	1983	26	124	30	2003	20	23
12	1984	26	96	31	2003	18	24
13	1987	26	98	32	2004	15	24
14	1988	26	99	33	2004	15	25
15	1989	26	53	34	2005	15	35
16	1990	26	58	35	2006	15	19
17	1996	24	54	36	2006	15	30
18	1997	16	26	37	2007	15	30
19	1997	16	30	계			2,941

나. 배전공사 신기술 도입

인력에 의존하여 작업을 시행하던 배전공사는 산업의 고도화에 따라 전기사용량의 급증으로 인해 대규모 공사를 단시간 내에 수행해야 하는 필요성이 점증하였고, 이러한 필요성은 배전공사업체 뿐만 아니라 국가 전력망 구축 시행자인 한전에도 강력하게 대두되었다.

1980년대 초부터는 일부 공사업체에서는 오가크레인을 활용한 기계화 건주작업이 부분적으로 도입되었으며, 1980년 후반에 이르러서는 기계화 작업이 건주공사는 물론 변압기 공사처럼 중량물을 시공하는 배전공사 전반에 걸쳐 확대되었다.

한전은 1989년 11월에 기계화 작업과 관련한 품셈을 신설하였고, 직영작업에만 한정 시행되던 활선작업도 1988년부터 전기공사 업체에서도 시행이 가능토록 제도적 장치가 마련되면서 장비를 활용한 기계화 작업과 활선작업등이 배전공사의 일반적 형태로 정착되었다.

특히 1994년에 도입된 무정전작업 공법은 1994년에 도입되었는데, 이를 1995년부터 전국 사업소가 본격적으로 시행함으로써 종전의 휴전, 심야작업에 수반되는 작업정전을 줄일 수 있게 되었다. 이에 따라 배전계통 공급신뢰도가 더욱 향상 되었다.

다. 5.7kV 배전전압의 승압

우리나라 배전전압은 1917년 경성전기주식회사가 3.5kV를 채택한 이래 표준전압으로 3.3kV를 적용하여 한국전쟁 후까지 이어져왔다. 그 후 전쟁복구 사업으로 전력수요가 계속 증가하면서 따라 발전 및 송배전설비의 전력부족으로 심한 전압강하와 과도한 전력손실이 발생하여 설비보강이 시급하였다. 이런 문제를 가장 경제적으로 해결할 수 있는 방법 중의 하나로 검토된 것이 미국 등 선진국에서 사용하는 3상4선식으로 승압하는 것으로 3.3kV의 기자재를 이용하면서도 같은 전선으로 1.7~2.9배의 설비용량을 증가시킬 수 있는 이점이 있으므로 5.7kV 배전방식을 채택하기로 결정하였다. 1965년 5.7kV 배전선은 전국에서 70개선에 이르렀다. 이 5.7kV 승압방식은 그 뒤 6.6kV, 11.4kV 및 22.9kV 승압 추진과정에서 발생하는 철거 기자재의 재활용방침에 따라 1981년 말 전국에 10개 선로가 남아있었다. 그 이후 3.3kV는 1989년에 그리고 5.7kV는 1988년에 승압이 완료됨으로써 1989년부터는 배전전압이 6.6kV, 22.9kV로 단순화 되었다.

라. 6.6kV 배전전압의 승압

6.6kV 배전은 1938년 압록강수력의 공사용 동력선으로 사용된 것이 처음이다. 일제말엽에는 인천변전소에서 장거리에 위치한 한국화약의 전용선으로 이용되는 등 1961년도까지만 해도 이런 특정 지역용 배전선로가 7개 있었다. 그 뒤 5.7kV 배전방식이 지닌 문제점 때문에 1961년 무렵 6.6kV 비접지방식에 의한 승압이 검토되기 시작하였다. 제1차 전원개발 5개년계획 수립단계에서 6.9kV 배전용 기자재를 사용하기로 결정하게 됨에 따라 비접지방식 6.6kV으로 배전전압 승압이 추진되었다. 그런데 11.4kV 또는 22.9kV로 배전전압을 승압하자는 의견이 거론되면서 6.6kV로의 승압에 난항을 겪게 되었다. 그러다가 1970년을 전후하여 농어촌 전화사업 등 투자사업의 증가로 22.9kV 승압을 위한 송배전공사의 자금 확보가 원활하게 되지 못하게 되자 원안대로 6.6kV 승압이 전국적인 규모로 추진되기 이르렀다.

지역특성상 6.6kV 배전선이 상당기간 존속한 곳이 2개 지역이었다. 첫째 지역은 서울도심권으로 여기는 우리나라의 중추적인 통신시설이 집중되어있어 중성선 다중접지식 배전으로는 그 유도장애에 대처하기 어려울 뿐만 아니라 배전선로를 지중화 하는데 있어서 변압기 설치에 애로가 있었기 때문이다. 따라서 이 지역의 일반배전은 6.6kV를 존속시키고 늘어나는 고층건물에는 22kV 비접지방식으로 변경하게 되었다. 이 계통은 지락사고의 신속한 검출이 어려운 중성점저항접지방식이었다. 둘째 지역은 제주도로서 다중접지방식이 가능할 정도로 접지저항을 충분히 낮게 유지할 수 없다는 적용 조사측정결과에 따라 6.6kV로 계속 존속시켜야만 하였다.

마. 22.9kV 설비 건설

22.9kV 설비 구축사업은 1차 USAID 차관을 효시로 하여 2차 USAID, 3차의 대일자금, 1968, 1969, 1970년도 상업차관, 2회에 걸친 서독재건은행차관, 아시아 개발은행 차관 등으로 추진되었다. 그리고 1974년에 23kV급의 국산애자를 사용함에 따라서 22.9kV 설비 구축사업은 더욱 강력하게 추진되었다. 연간 22.9kV 설비용량을 보면 1973년에는 10만kVA 미만이던 것이 1974년에 11만 2,000kVA, 1975년에 17만 3,000kVA, 1976년에 18만 4,000kVA, 그리고 1977년에는 21만 2,000kVA로 대폭 증가하였고 1993년 말 22.9kV 송압용량 누계는 3,844MVA가 되었다. 이와 같이 22.9kV 지역의 확대과정에서 특히 공업단지와 농어촌전화지역 등 신설지구에 22.9kV 배전방식을 적용해 나감으로써 특별고압배전의 비중이 점차 증대함과 동시에 3.3kV 및 5.7kV, 6.6kV 설비는 그 비중이 점차 낮아졌다.

바. 서울 중심부 및 제주지역의 22.9kV 설비 구축

1965년 경북지역에서 22kV 송전선로를 22.9kV 배전전압으로 송압하는 시범사업을 시행한 이래 1969년부터 6.6kV를 22.9kV로 송압하는 사업이 본격적으로 추진되었다. 이때 서울중심부 및 제주지역은 1974년에 송압대상에서 제외를 하였다. 서울중심부는 통신선 유도장애, 송압용 절연변압기 설치장소 확보난 등의 문제로, 제주지역은 지질의 특성상 다중접지계통에 적합한 낮은 접지저항 확보가 곤란하였기 때문이었다. 통신선유도장애와 도심과밀에 따른 송압공사 시행상의 애로로 인하여 서울중심부에 대한 송압보류를 재결정하였으나 서울중심부, 제주지역 및 도서지역을 제외한 전 지역은 1986년에 22.9kV로 송압이 완료되었다. 곧이어 1989년에는 기존에 있던 11.4kV 공급지역 모두 22.9kV로 송압이 완료되었다.

4. 220V 송압사업

가. 220V 송압사업의 배경

한국에서 110V에서 220V 송압을 검토하기 시작한 것은 1963년 이후부터이다. 당시의 전력사정은 앞서 언급한 바와 같이 1964년부터 무제한 전력공급이 시작되었고 전력 수요가 점차 증가함에 따라 이에 대처하고 고객에게 안정적으로 전력을 공급하기 위해서 전력 공급방식 및 공급전압에 대한 새로운 검토가 진행되었다. 이 결과로 경제적인 전력공급 설비를 확보하기 위해서 220V로 송압이 필요하다는 결론을 얻었고, 이 전압은 IEC 표준과도 일치하기 때문에 송압사업은 국산 전기기기의 국제표준화를 위해서도 유리한 것으로 검토되었다.

표 3-3 | IEC의 국제표준전압

상별	Series i	Series ii
단 상	220V	120V,120/240V,240V
삼 상	220/380V 500V,600V	120/208V,240/415V 277/480V,600V

나. 주요 추진 경위

한국에서는 1964년 8월 승압전압 결정에 앞서 대한전기학회, 대한전기공사협회 등에 의견을 조회했다. 그 결과 대한전기학회는 당시 국내에서는 누전차단기가 개발되어 있지 않은 상태여서 220V는 안전상의 문제 때문에 채택이 곤란하다는 의견을 냈고 대한전기공사협회는 안전상의 문제를 해결하고 220V를 채택할 것을 제안하면서 다만 옥내 공사상에는 문제가 없다는 의견을 제시하였다. 한편, 승압에 따르는 제반 기술적 문제와 전력사업 주관부서인 상공부 장관이 요청하는 사항을 조사하고 연구 심의하여 재차 상공부 장관에 건의하도록 하기 위해서 1967년 3월 “배전방식 개선전문위원회”를 발족했고 이에 따라 한국전력주식회사에도 “한전승압위원회”가 구성되었다 이후 1965년 7월부터 12월 사이에 시험적으로 신설 전력공급 지역에 약 400호의 가구에 대해서 당시 상공부의 승인을 얻어 220V 시험공급을 시행했다. 그러나 220V 가정용 전기제품의 미보급으로 인한 전기사용의 불편과 100V 기기의 보상사업이 문제화되었다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 준비 및 시행방안에 대한 적극적인 검토를 하는 한편 승압의 원활한 추진을 위하여 새로운 조직을 신설하였다. 그리고 직원을 태국과 일본에 파견하여 자료를 수집하였다. 이러한 과정 이후 승압 전압을 최종 확정하기 위해서 배전방식별 경제성 계산을 실시했으며, 이 때 여러 가지 배전방식을 검토하였으나 220V 3상4선식은 선진 외국에서도 가장 널리 이용되고 있는 방식으로 가장 유리한 결과를 얻을 것으로 예측되었다.

이러한 결과를 토대로 1965년부터 220V 승압사업이 추진되었으며 220V 가전기기 KS규격을 제정하고 100V전용기기 생산을 금지하는 등의 제도정비와 더불어 사업은 원활하게 추진되었다. 그러나 경제발전으로 인한 소득개선으로 가구당 보유 가전기기의 수량이 증가함에 따라 해당 보상비가 크게 증가하기 시작하였다. 이러한 문제 타개하기 위해 한국전력공사는 정부 관계기관에 보고하고 그 대책으로 고객의 옥내설비는 가급적 개조하지 않는 방식을 택하였다. 소형 변압기를 지급하는 방식 혹은 두 가지 전압(110/220V)을 공급하는 방식 등으로 여러 가지 문제점을 해결하면서 추진되었고 2005년에 와서야 저압 승압이 최종 완료되었다.

다. 승압의 경제성

승압의 경제성은 크게 전력회사와 소비자 측으로 구분할 수 있었다. 당시 전력회사인 한국전력공사 측으로서는 저압설비의 투자비를 절감하고 전력손실을 크게 감소시켜 전력판매가격을 절감시키며, 전압으로 인한 기술적인 문제(전압 강하 및 전압변동률)를 해결하는데 큰 도움을 얻었다. 그리고 소비자 측은 전기설비를 변경하지 않고 큰 용량의 기기를 새로이 가옥 내에서 편리하게 사용할 수 있는 공급능력 증대에 있었다.

제3절 전력망 손실 관리

1. 연도별 손실 분석

전력망의 전력손실은 전기가 통과하는 송전, 변전 및 배전시설 등 회로에 흐르는 전류의 크기에 공급에 비례하여 발생하는 불가피한 현상이다. 전력손실의 감소활동은 우선 전력망에서의 전력손실분포구성을 면밀하게 분석하고, 전력계통 중 어느 부분의 시설보강이 필요한가를 검토하여 전력망 운용에서 개선할 점을 발견해 내는 것이 중요하다. 한국에서는 전력망의 체계를 송전단, 배전단, 판매단으로 구분하여 전력의 손실률을 측정하고 있으며, 전체 전력망의 전력손실률(송배전 손실률)과 전력망 내의 송변전 부분의 손실률 그리고 배전 부분의 손실률로 통계를 정리하고 있다.

$$\begin{aligned} \text{○ 송배전손실률(\%)} &: \frac{\text{송전단전력량} - \text{판매단전력량}}{\text{송전단전력량}} \times 100(\%) \\ \text{○ 송변전손실률(\%)} &: \frac{\text{송전단전력량} - \text{배전단전력량}}{\text{송전단전력량}} \times 100(\%) \\ \text{○ 배전손실률(\%)} &: \frac{\text{배전단전력량} - \text{판매단전력량}}{\text{배전단전력량}} \times 100(\%) \end{aligned}$$

전력 3사를 통합하여 한국전력 주식회사가 발족했던 1961년의 송배전 손실률은 29.35%나 되었다. 당시에는 100V, 3.3kV, 6.6kV, 22kV, 66kV 등의 낮은 전압이 전력계통의 간선을 구성하고 있어 송배전에서 발생하는 기술적 손실이 18.51% 이었는데 이는 송배전 시설의 노후로 인한 것이었으며, 도전에 의한 비기술적인 부분에서의 손실도 10.84%로 추계될 정도로 송배전 분야의 손실률이 높은 상황이었다. 이후 전력망의 전압을 높이고 노후설비를 교체하는가 하면 도전(盜電) 단속을 철저히 하는 등 전력손실 방지활동을 강화하여 1970년대 후반부터 10% 이하 수준으로 낮추는데 성공하였으며 1980년도의 도전(盜電) 손실이 0.48%로 추계되는 등 큰 성과를 거두었다.

가. 3사 통합당시 (1961년)

한국전쟁의 정전(停戰)직후 혼란기에 있어서 송배전설비의 심각한 피해와 전력거래체제의 미비로 인하여 송배전손실률은 40%를 상회한 때도 있었으며 통합당시인 1961년만해도 29.3%의 전력망 손실률이 있었다. 1961년도의 손실감소 결과를 보면 전력망의 송배전손실률 29.3% 중 송변전 손실률은 11.2%이고 배전손실률이 18.2%나 되었으며 배전손실률에 있어서 선로기기손실은 7.3%이고 도전(盜電)으로 인한 손실률이 10.9%나 되었다.

나. 1960년대

3사 통합 직후부터 전력손실분석 및 손실방지활동에 노력한 결과 1970년에 들어서는 전력손실률을 11.84%로 대폭 감소시켰으며 이중 송변전 손실률은 6.91% 배전손실률은 4.93%로 1961년 대비 각각 60% 및 30%선으로 낮추는 성과를 보였다. 이러한 손실률 감소결과를 전기적 특성상 불가피하게 발생하는 설비측 손실과 거래관리면의 도전(盜電)손실률로 나누어 고찰해 보면 설비측 손실률은 18.5%에서 10.34%로 약 44% 경감하였고 도전손실률은 10.9%에서 1.86%로 약 83%를 경감시켰다. 따라서 처음 10년간의 손실감소는 설비 개선에 의한 효과보다는 거래관리개선(도전(盜電)방지)에 의한 손실방지 효과가 두드러지게 나타났다.

다. 1970년대 전반기

1960년대 말부터 전력 설비 확충에 집중적 투자가 이루어지고 도전(盜電)방지활동이 적극적으로 계속 되었음에도 1970년대 전반기 5년간의 전력망의 손실률은 감소되지 않고 담보상태가 지속되었다. 즉 총 전력망 손실률에 있어서 1970년의 11.84%에서 1975년의 11.31%로 0.5%를 낮추는데 불과했으며 도전(盜電)손실률만 하더라도 1.86%에서 1.78%로 거의 변화가 없었다.

이러한 원인을 대체적으로 검토하여 보면 설비측 손실에 있어서는 같은 기간 중 송변전 및 배전설비의 확충이 급증하는 전력수요 증가에 대처할 수 있을 정도로 공급력을 확보하는 데는 충분하였으나 전력손실을 감소시킬 정도의 여유 있는 수준에는 이르지 못하였다고 볼 수 있으며 도전, 기타손실에 있어서는 손실원 자체가 희소하게 되어 방지활동의 성과를 높이기 어려웠고 같은 성과에 대하여도 송전단전력량의 점증으로 손실률감소에 미치는 영향이 미약하게 나타났다.

라. 1970년대 후반기

전력 손실률은 1970년대 전반기의 부진한 감소추세를 벗어나 약 6%의 감소를 보임으로써 우리나라도 선진국들과 비교해도 현격한 차이가 없는 수준에 놓이게 되었다. 여기서 특기할만한 것은 도전 방지활동의 노력이 한계에 도달된 것으로 보였던 도전마저도 크게 감소되었다는 사실이다. 이 기간 전력망에서의 전력손실률은 345kV급 전력망 설비의 도입과 154/22.9kV 변전설비의 대폭적 확충 및 상위전압계층에서 직접 판매된 154kV 및 66kV 특고압 고객의 증대에 따라 손실률이 감소된 것으로 분석된다. 도전 손실률의 감소는 원래 “천용” 방지라고 표현하던 것을 “도전” 방지라고 내세운 용어상의 변화를 통하여 정상적인 전력사용 강조를 통해서 얻는 결과였다.

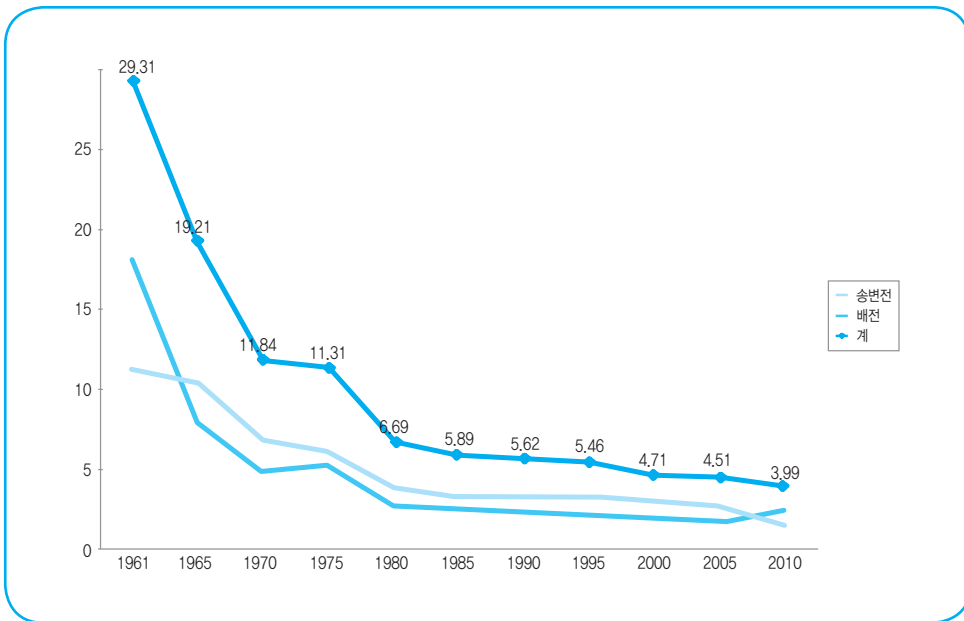
마. 1980년대 전반기

1965년부터 꾸준히 시행한 배전선로의 22.9kV 승압으로 전력망의 손실률은 크게 감소하여 1977년에 10%내로 진입한 후 꾸준히 감소를 거듭하였다. 1985년에는 5.89%로 선진국과 비교해도 손색이 없는 수준에 도달하게 되었다. 그러나 실제로 배전손실률은 1981년에 2.71%, 1982년에 2.61%, 1983년 2.68%, 1984년 2.61%, 1985년 2.60%로 5년 사이 0.11%가 감소하긴 하였으나 2.71%~2.60%사이에서 등락의 현상을 나타냈다.

바. 1990년대 이후

배전선로의 22.9kV 승압이 꾸준히 추진되었음에도 불구하고 배전 손실률은 1986~1993년 사이에 80년대 전반기와 마찬가지로 2.66%~2.34% 사이에서 등락의 현상을 나타냈다. 이로써 전력손실은 선진 외국과 비교하여 조금도 손색이 없는 수준에 도달하였으나, 22.9kV 배전전압의 승압 등 손실방지활동의 지속적인 추진에도 불구하고 등락의 현상을 나타냄으로써 전력손실은 거의 한계치에 도달한 것으로 여겨지고 있었다.

그림 3-1 | 전력망 손실률 변화 (단위 %)



▣ 기술적 손실

전력망의 전력손실은 전력을 운반하거나 처리하는 모든 전기설비에서 발생한다. 특히 몇 가지 종류의 설비들이 전력손실에 심각한 영향을 미친다. 개폐기, 차단기 같은 장치는 많은 전류를 운반하지만 이 설비에서의 손실발생은 무시할 만하다. 그러나 선로도체와 변압기 등과 같이 통상적으로 상당한 전기저항을 가지는 설비들에서는 많은 전력손실이 발생한다.

▣ 비기술적 손실

기술적손실은 도체에 전류가 통과할 때의 전기적인 손실로서 도체가 가지고 있는 물리적인 특성으로 인해 어느 정도까지는 불가피한 현상이다. 하지만 비기술적 손실은 전력거래 시 발생하는 손실로서 보다 체계적이고 합리적인 정책이 시행된다면, 많은 부분에서 절감이 가능하다는 특징을 가지고 있다. 비기술적 손실의 주요 발생원은 다음과 같다.

- 도전손실
- 전력량계의 잘못된 계량값
- 정액등(Flat rated streetlight)의 고장 및 관리취약
- 부적절한 검침
- 잘못된 요금발행
- 수급체제의 부실 및 미수금
- 고객과의 요금조정
- 배분전력량, 판매전력량 집계시의 에러

2. 송변전 분야의 전력손실 방지 활동

송변전 손실의 저감대책으로는 변전소에 설치되는 대형 변압기의 효율을 개선하고 선로 손실의 주요 Parameter인 부하전류(I)와 등가저항(R)을 낮추는 것을 목표로 아래와 같은 사업을 추진하였는데 이것은 전력망의 안정도 향상을 주된 목적으로 수행되었으나 전력손실 감소에도 기여 하였다.

가. 전력망 전압의 격상

기존의 22kV 및 66kV급 송변전 설비는 대부분 폐지, 감축한 대신 154kV, 345kV, 765kV급의 전력망으로 전압을 높이고 전력설비를 정비하였는데 이러한 전압 격상사업은 송변전 손실 감소에 큰 역할을 하였다. 1960년대 말 154kV급 전력망을 대폭 확충하기 시작하고 1단계 전력망 전압을 정비한 후인 1971년 송변전 손실은 1966년에 비해 45%가 줄었다. 다시 1970년대 말 착수한 345kV급 초고압 설비건설 1, 2차 사업이 각각 준공되어 운전에 들어가기 시작한 후인 1981년의 전력손실은 1976년에 비해 29%가 감소하는 등 전압격상의 효과가 컸었다고 분석된다.

나. 전력계통 환상망과 다중회선 구성

154kV, 345kV 전력망의 환상형태 구성과 송전선로의 다중 회선화는 전력망 손실의 원인이 되는 부하전류와 등가저항을 낮추는 효과를 가져왔다. 1986년부터 1991년까지 부하가 185% 증가하여 선로손실이 3.4배(1.85²) 증가할 요인이 있었음에도 불구하고 오히려 송·변전 손실은 3.3%에서 3.16%로 감소하였다. 1991년부터 1996년까지는 부하가 175% 증가하여 선로손실이 3.1배 증가할 요인이 있었음에도 불구하고 송·변전 손실은 3.16%에서 3.27%로 증가하는데 그쳤다.

다. 전력망의 역률 개선

전력망에 전압과 전류간의 위상을 조정하는 설비를 설치하여 무효전력을 감소시키고 전력망의 전압유지는 물론 송·변전 손실 저감효과도 가져왔다. 2010년 12월에 설치된 분로리액터의 용량은 10,262MVar에 이르고 전력용 콘덴서는 14,583MVar 이었다.

라. 변전소 대형 변압기의 운전 효율화

상시 2대 이상의 주변압기를 운전 중인 변전소에서는 전력수요가 감소하는 시기(휴일, 국경일, 명절)에 부하가 적은 변압기의 부하를 다른 변압기에 부담시켜 통합운전하고 해당 변압기는 정지시킴으로써 부하가 적을 때 비교적 높은 비율을 차지하는 변압기의 철손을 감소시켰다.

3. 배전 분야의 전력손실 방지 활동

가. 고저압배전선의 교체 및 단상배전선의 3상화

노후도가 극심하였던 전선과 과부하선로의 전선을 굵은 알루미늄 연선으로 교체하는 저전압보상공사를 전압강하가 큰 저압선로부터 우선순위를 정하여 시행하였고 이로 말미암아 전체 전력망의 공사는 손실을 감소시키는데 크게 기여하였다. 또한 1970년대 배전선의 교체는 고·저압 배전 간선뿐만 아니라 인입선 까지도 확대하여 대용량의 전선으로 교체하였다. 한편 전화사업 확대와 고객 전력사용량의 증대에 따라 저전압 및 손실문제가 심각하였던 농어촌 지역과 야외지역의 장거리 단상 배전선로를 3상화함으로써 손실감소에 기여한 바가 컸다.

나. 저압선로의 단상 3선화

저압배전선을 효과적으로 설치, 운영하기 위하여 별도의 주상변압기에서 공급되는 100V 단상 2선식 상시선과 전등선을 통합하여 단상 3선식으로 공급할 수 있도록 구성방식을 변경하였다. 또한, 전등용 전력과 동력용전력을 동시에 공급할 수 있도록 3상 4선식으로 정비함으로써 주상변압기 및 저압선로의 수를 감소시키고 선로사고, 전압강하 및 전력손실 등이 경감되도록 하였다.

다. 전력용 콘덴서의 부설

배전선로의 역률이 낮아지는 경우 공급해야하는 전류를 증대해야 하기 때문에 선로의 전압이 낮아지고 전력손실이 증가하게 되므로 배전선로의 역률을 측정하여 역률의 보상이 필요한 지점에는 전력용 콘덴서를 부설하였고 동력용 전력을 공급받는 고객에도 의무적으로 전력용 콘덴서를 부설토록 하였다.

또한 고객의 기준역률 규정값을 최초 85%, 1977년부터 90%로 상향하여 정하고 설비보강을 통해 역률을 개선토록 하였으며 규정역률 미달고객에는 요금할증제도를 적용하였다. 또 역률이 낮은 가전기구의 대표적인 형광등 제작단계부터 콘덴서를 부착토록 하였다. 이러한 전력용 콘덴서를 부설함으로써 공급단의 종합역률을 종래의 80%미만에서 90%이상으로 개선 향상시켜 함으로서 전력손실을 감소시켰다.

라. 주상변압기손실의 감소

주상변압기손실 중 철손의 비중이 2.31% 정도로 높았던 만큼 등동공용방식 전력공급방식이 채택됨으로 변압기의 이용률이 높아지기 시작하였다. 1970년에는 그 손실이 반 정도로 감소하였으며, 과거의 손실이 큰 재료의 노후변압기를 손실이 적은 저손실 변압기로 거의 교체 완료한 현재에 있어서는 주상변압기 손실이 0.86%에 불과한 실정이다.

마. 1차 및 2차 배전선로의 승압

배전전압의 승압으로 인한 손실은 고압 공급전압 승압(6.6kV→22.9kV)으로 약 1/12, 저압 공급 전압 승압으로 (110V→220V)로 1/4로 감소했다. 1차 배전 전압승압과 154/22.9kV 변전설비의 확충을 병행하여 추진한 결과 평균 배전선로의 거리가 감소되고 승압공사와 병행된 배전선로 우회구간의 정비 및 선로부하의 균등분배에 따른 배전손실의 경감효과 또한 매우 컸다. 또한 2005년에 저압공급 전압의 승압이 완료되었으며, 이에 따른 손실 감소 효과도 매우 컸다.

바. 전력량계 관리강화

도전을 방지하고 전력사용량을 정밀하게 측정하여 거래관리의 정확을 기하기 위해 다음과 같은 적극적인 손실방지 활동을 추진하였다.

첫째, 실효계량기의 재검정과 불량품의 신속한 교체를 적극 실시

둘째, 대용량 동력 고객에게 부설되어 있는 전력량계의 정기순회 검정실시

셋째, 대용량 고객에게 사용되는 변류기 용량의 재검토

넷째, 계량용 P.T 휴즈 용단을 표시하는 표시등 부설

다섯째, 계량기의 오접속으로 인한 도전손실을 없애기 위해 오접속 여부를 확인

사. 도전 방지

도전방지는 전력손실 저감 뿐 아니라, 사회질서 유지 및 전력설비의 보호 그리고 회사의 수입확보를 위해서도 중요한 사안이었다. 전국적으로 전개된 전화사업과 함께 지속적으로 증가하는 전력 수요 및 유가 상승으로 인한 전력요금의 상승 등은 불법적인 전기사용을 부추길 수 있는 환경이었고, 도전방지 활동이 더욱 중요해지는 시기였다. 불법적인 전력사용을 적출하기 위해 모든 고객들의 월별 전력사용추세가 관찰되었으며, 일부고객들에 대한 발체조사도 함께 이루어졌다. 모든 직원들은 담당구역에 대한 전력판매현황 감시와 현장조사의 책임이 주어져 있었다.

표 3-4 | 위약금 정책

과징금	과징금 부과기간
통상 사용량의 3~5배	6개월 (도전기간이 확인되지 않는 경우)

□ 도전방지공사

당초 고객의 인입선 및 인입구설비는 노후하고 조잡하여 인입설비가 부설된 고객이라 할지라도 용이하게 은밀히 인입구에 연결하여 도전할 수 있는 소지가 많았었다. 이러한 상태에서부터 근본적으로 도전이 어려운 형태로 인입구를 시정하자는 것이 도전방지공사라는 것이었는데 이것은 첫째, 인입선의 접속점을 0.9~1.5m의 받침대를 세워 높이고 여기서 전력량계까지의 연결선을 캡 타이어 케이블을 써서 계량점 이전에 있어서는 사람 눈을 피하여 임의연결 사용할 수 없도록 하는 것이었고 둘째, 전력량계에는 봉인시공 이외에 도전방지함을 설치하여 임의조작에 의한 도전이 불가능하게 하는 것이다. 또한 인입선 개선공사와 함께 계량기조작을 어렵게 하고 검침을 편하게 하기 위하여 1977년부터 모든 신규고객은 계량기를 옥내식이 아니라 옥외에 부설하도록 하고 기설 고객도 옥외에 설치하는 등의 노력을 해왔다.

▣ 도전 적발팀의 운영

모든 경우에 있어서 도전을 근절하기 위한 가장 효과적인 방법은 조사 및 적발이다. 대다수의 전력회사들은 도전의 발견 및 보고에 있어 선로보수원 또는 검침원, 수금원 같은 현장근무 직원들에게만 의존하는 경향이 있다. 하지만 이러한 방법은 아래와 같은 이유로 인하여 통상적으로 효과적이지 못하다.

- 도전은 은밀하고 지능적으로 행해지기 때문에 적발경험이나 전문적인 지식이 없는 직원들은 도전을 발견하기가 쉽지 않다.
- 도전 적발이 본연의 임무가 아닌 직원들은 당장의 업무에 중점을 가지고 있을 뿐 도전적발에 대하여 적극적인 책임감을 느끼지 못한다.
- 많은 직원들은 자신들의 급료가 낮고 과중한 업무에 혹사당하고 있다고 생각하고 있으므로 회사보다는 고객 편에 서 있으려 하는 경향이 있다.

도전현장을 발견하고도 무시해 버리든가 심지어는 고객의 도전을 도와주기까지 하는 경우도 있다. 따라서 전력회사에서 도전을 줄이기 위한 의지를 가지고 있다면 도전 적발팀을 별도로 운영하여 적극적인 활동을 전개할 필요가 있다. 도전의 적발은 고객이나 직원들로부터 간혹 접수되는 우연한 기회에 의존하기보다는 더욱 조직화되고 적극적으로 되어야 한다. 도전의 적발은 적발임무를 수행하기 위해 도전방지원으로 지명된 특별 직원들에 의해 수행되어야 하며, 전 공급구역을 대상으로 가옥마다 전선의 연결 상태를 조사하여야 한다. 이러한 조사 및 적발 프로그램은 도전적발만을 담당하는 손실감소 부서장을 임명하여 수행되어야 하며, 적발실적은 사장에게 직접 보고되어야 한다. 만약 도전조사 업무가 지점단위(Branch Office Unit)를 기준하여 실시된다면, 1개 지점내의 도전 조사팀의 구성은 최소 2명 이상으로 구성된 2개 조 이상이 되어야 한다. 이는 도전 조사시 발생할 수 있는 고객들의 위협으로부터 조사원의 신변보호와 특정지역에 대한 집중적인 조사가 요구될 때 2개 이상의 조를 통합하여 인력보강을 통한 운영의 융통성을 발휘할 수 있기 때문이다.

□ 도전적발 인센티브제도

도전 적발업무는 위험부담이 따르는 업무이므로 적발 의욕을 고취토록 타당한 보상을 제공함으로써 자발적인 참여를 유도할 필요가 있다. 특히 도전방지 업무는 업무자체가 고객으로부터 금전적인 유혹을 받을 수 있는 업무이기 때문에 적발, 해결, 수금 등의 노력도에 따라 상응하는 인센티브를 제공함으로써 인센티브를 통한 정당한 이득이 고객과 결탁하여 착복하는 커미션의 위험수당 보다 유리하다는 인식을 심어 줄 필요가 있다. 전력회사의 직원들은 이웃들의 도전행위에 대한 신고를 하여도 별도의 인센티브가 주어 지지 않는다면 자발적인 신고의무를 가질 이유가 없다. 이러한 상황은 도전고객이 제공할 수 있는 부정적 유혹이 크다면 더욱 나빠지게 될 것이다. 이러한 상황을 타개하기 위한 유일한 방법은 강압과 보상정책을 동시에 운영하는 방법 밖에는 없다. 강압방법의 대표적인 예는 도전적발조의 적극적인 운영과 부정에 관련된 직원들의 징계하는 방법이 있으며, 보상방법에는 도전신고자에게 적절한 인센티브를 부여하는 방법이 있다. 해당 전력회사에서 강압과 보상방법을 운영하기 위해서는 도전 고객으로부터의 회수금액을 전력 회사의 몫으로 돌려 이 금액을 적절히 운영할 수 있도록 하는 제도적인 장치가 선행되어야 할 것이다. 우리나라에서 50년간의 역사를 통해 획기적으로 도전을 감축시킬 수 있었던 것은 정부의 강력한 지원 아래 이 두 방법을 적극적으로 운영함으로써 가능한 일이었다. 아래는 우리나라에서 실시되었던 도전적발 인센티브 제도이다.

한국의 도전적발 인센티브제도

구분	외부 제보자	전력회사 직원
불법사용	환수금의 50%	환수금의 30%
계약위반	환수금의 25%	환수금의 15%

제4절 전력망 설비 운전 자동화

1. 설비운전 자동화 도입 배경

가. 전력망의 확대 및 복잡화

전력수요의 증대로 많은 변전소가 새로 건설되었고 전력공급설비가 크게 확대되었다. 이와 같이 복잡한 설비를 운전 및 운용하는 데는 고도의 기술이 필요하다. 종래의 운전방식인 설비운영자의 판단과 상호연락에 의한 설비운용은 사고처리 능력과 속도에서 한계가 있으므로 계통전체의 종합 판단과 제어를 신속하고 정확하게 할 수 있는 집중화된 자동화의 필요성을 느끼게 되었다.

나. 고객의 요구 수준의 증대

산업 발전에 따라 높은 정밀도의 제품을 생산하는 고객이 증대하게 되었으며 이들은 점차 품질이 좋은 전기(무정전, 정전압, 정주파수)를 강력하게 요구하게 되었고, 전력 공급자는 전력공급 중

단으로 인한 생산업체의 손실을 책임지지 않으면 안 되게 되었다. 한편 가전제품이 광범위하게 보급되어 일반국민들의 전기에 대한 의존도가 점차 높아지면서 양질의 전기에 대한 요구와 관심이 높아졌고, 이와 같은 현실에 대처하기 위하여 최신 기술을 적용한 좀 더 진보된 전력제어시스템 도입을 고려하게 되었다.

다. 급속한 기술의 발달

당시 국내에서는 전자공업의 급속한 발달에 따라 전자계산기, 정보처리기술 활용능력 등이 대폭 향상되었으며 보급도 늘어나게 되었다. 이러한 기기의 제품가격도 적정수준으로 안정되고 이를 활용하는 고객의 비중이 점증하면서 신뢰성이 한층 높은 원방감시 제어장치의 자동 운전이 더욱 필요하게 되었다. 이미 선진국에서는 컴퓨터를 이용한 전력설비 자동화 및 원방감시, 제어장치의 실용운전이 도입되어 운영되고 있었기 때문에 컴퓨터를 이용한 전력설비 원방감시 제어장치의 국내 도입 분위기도 무르익게 되었다.

2. 송변전 설비 운전 자동화

원활한 전력수급을 위해서는 지속적으로 설비 운전 상태를 감시할 뿐만 아니라 전력수요 변동에 신속하고 적절한 대응을 해야 하며 돌발사고 예방은 물론 사고발생시 긴급처리 등의 업무를 효율적으로 수행하여야 한다. 컴퓨터 및 정보통신기술이 발달되기 전인 1980년까지는 변전소에 상주하고 있는 운전원이 전화와 같은 유선통신수단을 이용해서 전달해주는 현장상황에 의존하여 설비를 운영할 수밖에 없었다. 그러나 이러한 방법은 전력계통을 운영함에 있어 정확성과 신속성이 결여되는 문제점을 안고 있었다. 한편 국가 산업발전에 따라 전력설비 시설이 급속하게 증가되어 설비규모가 대규모화, 복잡화함에 따라 기존 방식으로는 전력계통 감시 및 설비운영이 어려워지게 되었다. 이러한 전력계통 환경변화에 대처하고자 1981년부터 컴퓨터 설비를 이용한 설비운영 효율화의 일환으로 전력설비 운전상태를 자동으로 감시하는 SCADA 시스템을 도입하게 되었다.

SCADA란 'Supervisory Control and Data Acquisition'의 약어로서 우리말로는 '원방감시제어 시스템'이라고 부르며, 중앙 제어소에 설치된 컴퓨터 장치를 통해 원거리에 있는 전력설비를 자동으로 감시하고 제어하는 설비를 말한다.

가. SCADA사업 추진 경위

한국전력은 1981년 4월 서울전력소(현 서울사업본부)에 최초로 SCADA 시스템을 설치했다. 이때 설치된 시스템은 미국의 해리스(Harris)사에서 제작된 시스템이었다. 이 시스템은 약 50개의 변전소를 수용할 수 있는 용량을 갖추고 있으며, 운영신뢰도 향상을 위해 주요 장치부분은 이중으로 구성되었다. 이후 1983년에는 서울에, 1985년에는 부산에 동일한 기종이 도입되어 설치되었다. 이후 전국에 SCADA 시스템 도입이 확대되었는데, 1987년 대전전력관리처(현 대전충남본부)에 시설한 시스템은 이전 시스템보다 성능이 더욱 향상되고 변전소 수용용량이 확장된 새로운 시스템

이 도입되기 시작했으며 1989년에는 광주, 1990년에는 대구까지 시설이 확대되었다. 또한 산업발전 추세에 따라 전력설비가 대규모화하고 복잡 다양화함에 따라 한국전력에서는 광역 전력공급 업무를 세분하여 계층구조로 만들었고 급전업무의 질적 향상과 변전소를 무인으로 운전할 수 있는 기반을 조성했다. 1990년 도입하기 시작한 전력소급의 SCADA 시스템은 최초 국내기술로 개발된 SCADA 설비가 되었다.

한편 정보통신과 컴퓨터 기술발전에 따라 SCADA 분야는 1990년대에 이르러 시스템 구성 및 기능측면에서 중요한 전환기를 맞게 되었다. 1980년대에 개발된 초기 SCADA 시스템은 제작사마다 독자적으로 설계, 제작된 설비로서 호환성, 확장성 및 향후 신기술 등을 수용하는 측면에서 상당히 제한적이었다. 또한 운전원에게 제공하는 정보의 양에 한계가 있고 시스템 구성측면에서도 중앙 집중 처리방식으로 부하가 중앙처리장치에 집중되는 측면이 있었다. 그러나 1990년대에 들어 국제적으로 정보통신 및 컴퓨터 기술 분야에 표준화가 진행되어 SCADA 시스템분야 역시 국제표준을 채택하는 개방형구조 시스템이 개발되기 시작했으며, 시스템구성도 분산처리 방식으로 전환되었다. 이러한 기술추세에 맞추어 한국에서는 1993년 서울에 최초로 개방형 분산처리시스템을 도입하기 시작했다. 1998년도에는 그 동안 외국기술에 전적으로 의존한 급전소급 SCADA 시스템을 국산화하기로 하고, 2년간의 개발기간을 통해 1999년도에 마침내 국산화 1호인 “KEPA-99” 시스템을 광주에 도입하게 되었다. SCADA 국산화는 국내 전력자동화 분야 기술 저변을 확대하는 계기가 되었고, 외화절감 측면에서도 많은 효과(대당 164만 달러)를 거둘 수 있었다. 한편 SCADA 원격소 장치는 시스템 도입 초기에는 해리스사 제품을 도입 설치했으나, 1983년도부터는 국내에서 생산된 원격소 장치를 도입하여 설치했다. 1990년에 SCADA를 이용한 변전소 무인운전 시행계획이 수립되고 이듬해인 1991년도부터 154kV급 변전소에 부터 무인운전을 시작했다.

2. 배전설비 운전 자동화

교통체증 등에 의해 정전보수를 위한 현장출동이 지연되는 도심지역과 지방의 출장소 폐지에 따라 선로고장 등이 발생 할 경우 출동거리가 먼 농어촌지역 배전선로의 개폐기를 원격으로 조작함으로써 정전구간 최소화 및 정전시간 단축이 가능하게 되었으며 아울러 개폐기 조작 및 전압·전류 측정 등의 업무를 현장에서 수행치 않고 사무실에서 컴퓨터를 통해 원격에서 수행함으로써 현장인력 운영을 개선할 수 있다. 이와 같이 배전자동화 시스템의 도입은 배전선로 운전을 현대화하여 공급신뢰도 향상을 통한 고객서비스 증대로 사회적 책임을 완수할 뿐만 아니라 설비운영의 최적화 및 현장인력의 효율적 활용을 도모하여 기업경영의 효율화를 향상 하고자 하는데 그 목적이 있다.

가. 배전자동화 추진 경위

1960년대에는 완전 수동단계로서 설비조작 운전원이 현장에 나가서 기기를 조작하는 방식으로 이루어 졌고, 1970년대에는 배전선로에 설치된 반자동화기기의 도움을 받아(리클로저(Recloser), 섹셔널라이저(Sectionalizers)) 자체적으로 선로 운영하는 단계였으며, 1980년대에는 선로 간에 부하를 융통할 수 있는 기기를 설치하여 운전원이 수동 운전하는 형태였다.

1981년 4월 서울전력소에 처음으로 설치되어 운영되던 변전소 자동화 시스템인 SCADA 시스템을 개조하여 서울 중심부인 명동지역의 지중배전선로를 원격 운전하는 자동화시스템이 개발, 운영되었다. SCADA시스템의 특성상 그 기능이 상당히 제한적이었고 선로에 고장발생이 발생한 경우에도 컴퓨터 계산에 의해 고장지점을 찾는 방법이 아닌 순차적 방법에 의해서 고장구간을 찾는 방식의 시스템이었다.

1983년도에 우리나라 고유의 배전자동화 시스템 개발을 위하여 “배전자동화를 위한 원격감시제어 연구”가 시작되었고 외국의 배전자동화 시스템 중에서 우리나라 실정에 맞는 것으로 검토된 미국 웨스팅하우스사의 시스템을 수입하여 도입하기로 결정 하였다. 이 시스템은 1988년 1월에 경기지사 자동화시스템으로 채용돼 수원시내 일부지역에 설치되었으며 4개의 배전선로를 대상으로 시범 운전이 시작되었다. 이때의 통신방식으로는 전력선을 통신선으로 활용하는 PLC (Power Line Carrier) 방식이 사용되었다. 그러나 통신 속도가 늦고 계통절체나 변경에 따른 통신두절 현상이 발생하는 문제점이 있어서 더 이상 확대되지는 못하였다. 그렇지만 이 시스템의 도입은 배전자동화의 운전효과가 얼마나 큰 지를 보여 주었으며, 국내 기술자들의 연구 개발 의욕을 자극하는 계기가 되었다. 이와 같은 경험을 바탕으로 배전자동화 시스템의 국산화 개발 연구가 1990년부터 대한민국 정부 지원 하에 시작되었다. 한국형 배전자동화 시스템 (KODAS:Korea Distribution Automation System) 이라고 명명된 첫번째 국산화 시스템이 1993년말에 프로토타입으로 국내에 첫 선을 보였고, 1997년도에 이르러 실제 배전선로에서 상용운전을 개시하였다.

그 이후 초기 제품이 갖고 있던 문제점을 분석하여 보완하는 작업을 거듭하였고, 1988년도부터는 KODAS 연구개발과는 별개로 기능이 단순한 PC급의 소규모 배전자동화 시스템이 배전사업소에 설치되기 시작하였으며, 지리정보 화면상에서 원격감시제어 기능과 배전계통 최적운전 기능을 구현할 수 있는 종합배전자동화 시스템도 2000년부터 확대 설치되었다. 2002년 말에는 전국 모든 배전사업소에 배전자동화 시스템의 주장치 설치가 완료되었으며, 2003년에는 종합배전자동화시스템 주장치 이중화 및 확대가 추진되었다.

2005년에는 기존의 수기(手記)로 운영되던 계통도를 대체하여 종합배전자동화시스템기반 디지털 종합상황판에 배전계통을 표시하는 IT형 배전센터 시범운영이 강남 및 충남에서 이루어 졌으며, 또한 기존 2~10개의 사업소를 통합하여 계통운전을 추진하는 배전센터 광역화도 병행하며 추진하게 되었다. 이것은 자체연구개발 노력으로 2006년도에 개발 완료된 “광역배전자동화 시스템”을 통해 가능하게 되었으며 2007년부터 본격적으로 도입되기 시작했다. 2007년에는 14개 배전센터(47개 사업장)에 도입되었고 2008년에는 13개 배전센터(71개 사업소)에 도입이 추진되어 2010년 현재 전국 41개의 배전센터에 구축됨으로써 광역 배전센터사업이 완료되었다.

3. 설비운전 자동화의 효과

배전자동화가 도입됨으로서 얻을 수 있는 효과는 절감 되어진 비용으로 환산할 수 있는 정량적인 효과와 업무능률 향상 등으로 대표되는 정성적인 효과로 구분된다. 우선 정량적인 효과에 포함될 수 있는 항목으로는 설비운영에 소요되는 인력절감을 통한 인건비 부분을 들 수 있고 정전시간을 단축에 따르는 지장전력량(정전으로 판매되지 못한 전력량) 감소, 전력망 부하의 균등운전 등으

로 전력망에 대한 신규 투자를 지연시키는 효과와 더불어 주요기기의 운전기간 연장으로 얻어지는 경제적인 효과 등이다. 다음은 설비운전 자동화로 얻어지는 주요 효과에 대해서 살펴본다.

가. 자동화시스템 도입의 정량적 효과

1) 지장전력량 감소효과

기존 수동방식으로 고장처리 시 평균 73분이 소요되었으나 자동화시스템이 도입된 이후 개폐기 원격조작으로 인하여 6분이 소요되고 있다. 결과적으로 자동화시스템 도입에 따른 고장처리시간은 67분이 단축되었다. 정전시간이 줄어든 시간에 해당하는 만큼의 전력판매량 증가를 배전자동화의 직접적인 효과로 들 수 있다.

연간 공급 지장전력량의 계산식은 아래와 같다.

$$\frac{\text{정전 건수} \times \text{정전단축 시간} \times \text{정전호수} \times \text{호당 연 평균부하}}{365\text{일} \times 24\text{시간} \times 60\text{분}}$$

위의 계산식에 따라 자동화를 도입함으로써 얻어지는 직접적인 지장전력량 감소는 전국적으로 연간 6.4 억원에 달하는 것으로 예측된다. 다만, 이 지장전력량의 감소는 전력회사의 입장에서 계산한 것으로 전체 정전의 피해를 입은 소비자의 피해액을 감안하지 않은 비용이다.

2) 전력망 신규 투자 억제효과

선로에 부하가 증가할 때 선로를 신설해야 하는지 아니면 현재설비로 공급할지를 결정하는 것은 첫째 이웃한 연계 전력망에서 고장이 발생했을 때 부하를 전환 받을 수 있는 공급여유용량을 확보하고 있는 지 여부와 둘째 자기선로에서 고장이 발생했을 때 부하측의 건전구간이 이웃한 연계선로로 전환 될 수 있는지 여부에 따라 결정된다. 선로의 복구능력 평가의 중요한 변수는 정확하게 산정된 구간별 최대부하이다. 즉 구간의 최대부하를 정확히 알면 갑작스러운 부하 증가시 상시 개방점의 변경을 통해 사고에 대비한 부하전환 능력을 확보하면서 설비를 증설하지 않고 증가된 부하를 수용할 수 있다.

나. 자동화시스템 도입의 정성적 효과

자동화시스템의 정량적 관점은 투자비 대비 절감되는 비용으로 환산할 수 있는 경제적인 효과를 뜻하지만, 정전시간을 감소시켜 고객 피해를 경감시키거나 현장근무자의 작업환경을 개선하는 등의 정성적인 효과도 비용으로 환산할 수 없을 만큼 매우 크다. 그리고 전압, 전류 계측 등 그동안 여건이 어려워 시행하지 못했던 현장 관련 업무들을 내실있게 추진하는 부수적인 효과도 매우 클 것이다.

1) 고장발생시 처리업무 개선

자동화시스템을 이용하면 개폐기 조작을 위해 현장 출동을 하지 않아도 되므로 현장근무자의 현장출동 관련 업무를 줄일 수 있다. 특히 전력망 고장은 태풍이나 비가 오는 날 등 날씨가 좋지 않은 날에 발생하는 경우가 많으며, 이때는 도로상황 및 가시거리 등 현장상황이 좋지 못하여 출동하는데 많은 시간이 소요된다. 또한 전력 설비를 조작하거나 전력망을 분리하기 위해서는 날씨가 좋지 않거나 야간에도 위험을 무릅쓰고 현장에 출동해야 하였으나 자동화시스템을 도입한 이후 원격운전을 통하여 이러한 현장출동 및 설비조작 업무가 크게 개선되었다.

2) 배전망 운영효율 향상

전력망 운전정보 취득이 원격에서 가능하고 전력망의 상태를 실시간으로 확인할 수 있으므로 전력망의 이용률향상과 전압개선, 손실감소, 선로 불평형 해소 등 전력망 최적운전이 가능해진다.

3) 민원발생 예방 및 고객서비스 수준 향상

생활수준의 향상으로 전력에 대한 의존도가 높아짐으로써 정전이 사회에 미치는 영향이 커지면서 고객들은 과거와 같이 정전이 장시간 계속되는 것은 있을 수 없는 일로 여기게 되었다. 특히 정전이 다소 길어지는 경우 생업을 전기에 의존하는 일부 고객의 경우는 엄청난 피해를 입게 되어 심각한 민원이 제기되고, 심할 경우에는 사회적인 문제로 대두되기도 한다. 그러나 설비운전 자동화가 도입되면서 정전이 줄어들게 되므로 고객서비스 수준이 대폭 향상되어 절감되는 비용은 환산할 수 없을 정도로 매우 크다. 이런 효과는 결국 모든 전력회사의 궁극적인 목표인 고품질의 무정전 전력공급 및 고객만족 실현을 달성하는 원동력이 될 것이다.

제5절 배전업무 현대화

1. 배전업무 변천사

배전 전산화는 경영관리에 필수적인 수단으로 선진국에서 광범위하게 활용되고 있다. 한국에서는 전자계산기를 도입하기 위하여 1967년 10월 17일 한국전력주식회사에 경영기계화위원회가 발족된 이래 1970년 7월 1일 전자계산소가 한국전력주식회사의 직할사업소로 신설 발족되었다. 다음해 7월 1일에는 한국전력주식회사 전자계산 조직이 최초로 가동되었다. 이 시기에는 단순계산업무 등을 처리하였다. 전산업무는 1976년 경영의 전산화를 경영방침으로 채택함으로써 더욱 활발히 추진되었으며 1976년 4월 9일 전산화추진위원회 규정이 제정되었고 같은 해 5월 24일 전산화 추진위원회 제1차 회의가 소집되는 등 업무 전산화가 가속화되어 전산화장비가 추가로 도입되었다. 1975년부터는 전산화업무가 통신망으로 연결되는 온라인시대를 맞게 되었으며 1978년 6월부터 신기종의 단말을 설치함으로써 실시간으로 데이터를 처리하게 되어 업무효율을 기하였다.

■ 제 3 장

1971년부터 1977년까지는 “도입기”로 업무전산화를 체계적으로 수행하기 위하여 단순 정형업무인 배전설비통계관리 및 정전통계관리업무인 기초 저번업무를 전산화하였다. 1981년까지는 “확장기”로 영업과 배전업무를 체계적으로 전산화하기 위해 영업배전분야의 최초 종합시스템인 영배종합시스템의 개발에 착수하였다.

“종합기”인 1982년~1988년에는 전력산업을 둘러싼 대내외 환경이 컴퓨터 필요성을 고양시킴으로써 1970년대의 개발업무를 더욱 발전시켰다. 이때 배전설계 및 공사관리 등에 있어 보다 복잡한 업무가 개발되었고 개별 시스템을 통합하는 시기로 설정되었다. 따라서 전산시스템의 상호연결 확대, 부문별 종합전산화 개발 등을 활발히 추진하여 배전, 영업, 자재, 경리업무가 일괄 처리되는 영업, 배전 종합시스템이 1986년에 완료되었다. 1990년대에 들어서는 고압 수전설비관리, 배전정비 계획자료, 설비자료관리 등 분석 및 계획업무와 설비관리에 필요한 고도 정보시스템을 개발하여 사용하였다. 따라서 배전설비통계, 정전통계, 저압부하관리, 배전전산설계 등 배전업무 모든 분야의 실무를 전산으로 처리할 수 있게 되었다. 분야별 주요 시스템 내역은 <표 3-1>와 같다.

표 3-5 | 배전분야 시스템 세부내역 (1971년~1997년)

분야별	시스템수	시스템 명칭
배전계획	2	배전설비지표관리, 배전선로보수계획
기술계산	2	배전기술계산, GIS이용기술계산
배전설계	6	배전설계, 영배제원관리, 지중선설계, 인입선설계, 220V승압설계, GIS이용배전설계
공사관리	2	배전공사관리, GIS이용 공사관리
설비이력	3	배전정기보고, 지중설비이력, 보호기기이력
선로관리	3	정휴전관리, 배전선로운전실태관리, 배전선로이력 및 순시
부하관리	2	저압부하관리, GIS이용 저압부하관리
배전통계	4	설비통계, 배전공사통계, 정전통계, GIS이용설비통계
합 계	24종	-

1990년대 후반에는 정부 공기업의 민 따라서 독자적으로 도입된 GIS(Geographic Information System), DMS(Document Management System), WFM(Work Flow Management), HHP(Hand Held Personal Computer)와 같은 첨단 정보기술(Information Technology)을 종합하여 처리하는 새로운 배전업무 처리시스템의 개발 필요성이 대두되었다. 이에 따라 영업분야는 신고객정보시스템(New Custom Infomation System), 배전분야는 신배전정보시스템(New Distribution Information System)으로 재편하여 새로운 시스템으로 개발되었고, 개발된 두개의 시스템을 하나의 시스템으로 통합 개발한 “판매관리 통합(System Integration)시스템”은 2005년 3월부터 전국 판매사업소에 확대 보급함으로써 배전업무분야는 신배전정보시스템(NDIS)에 의해 업무처리가 이루어지고 있다.

또한 정부의 지하매설 설비정보 디지털화 정책에 부응하고 NDIS DB 정확도를 향상시키기 위하여 최초로 배전 지하시설물의 위치를 모두 측량하여 데이터베이스에 입력·관리하여 정부기관에 정확한 지하매설물 정보를 제공함으로써 국내 지하시설물의 안정적, 효과적 관리가 가능하게 되었고 공공부문에서 적극 협조함으로써 우리 회사의 이미지 개선에 크게 기여하고 있다.

표 3-6 | 판매SI시스템 효과

구 분	기존 시스템	판매SI시스템
설비 정보 DB	· 변압기, 저압선, 저압고객정보 및 설비통계	· 주요 배전설비 및 공사설비 제원, 시공 및 이력의 정보화 · 변전소, 고·저압계통, 고·저압고객정보 제공 · GIS 용 NDIS 도면 DB화
업무 지원 시스템	· 배전설계, 공사관리, 저압부하관리, 정전통계로 단위업무별 전산처리 중심	· 배전계획, 설계, 공사, 운영, 기술계산 등 전반적인 배전업무 통합처리 · 영업, 재무, 자재, 공사업체와 연계하여 자료제공

2. 판매SI시스템(전산업무 통합시스템) 추진 경위

배전업무 전산화 변천사에서 간략하게 언급한 바와 같이 1997년 이전에 개발되어 사용 중인 시스템은 실무자 및 단위업무 중심으로 되어 있었다. 관리자 검토 기능이 부족하여 정보처리에 장시간이 소요되고 전산업무에 필요한 데이터를 반복 입력하게 되어 데이터 입력 시 착오가 많이 발생하는 등 다양한 고객센터 지원이 곤란한 측면이 있었다. 이뿐만 아니라 전산시스템간 연계가 효과적으로 이루어지지 않았고 문자정보 위주의 시스템 운영만 관심을 가지면서 정확하고 다양한 배전업무 처리가 어려운 실정이었다. 기존에 구축된 시스템이 Life Cycle 경과로 소프트웨어가 노후화되어 유지보수에 어려움을 겪고 새로운 정보기술(IT)을 접목하기가 곤란하였다. 전산설비 운영체계가 중앙 집중형 시스템이므로 장애발생은 광역화되고 단말기 사용자가 시스템에 접속하기 어려운 불편은 물론 단말기 간에 통신이 가능하지 않았다. 이러한 문제점을 극복하기 위해서 21세기를 대비하여 BPR(Business Process Reengineering)를 수행하고, 고객의 다양한 요구에 적극 대응한 최신기술을 접목시킨 시스템 개발을 위하여 “판매SI시스템”개발을 추진하게 되었다.

3. 판매SI시스템 추진방법

판매SI시스템은 1996년 11월 판매분야 비전-21 기본계획(안)을 수립한 T/F 및 정책토론회 등을 거쳐 최종 판매SI 기본계획으로 진화(進化) 확정되었다. 이것은 앞에서 언급한 최신의 업무처리 시스템 개발을 위한 것이었으며 이 기본계획에 따라 필요한 시스템을 1, 2단계로 나누어 개발하였고 시스템 운영에 가장 기본적인 DB구축은 판매SI 확대보급 일정에 맞추어 주요 지역별로 단계적으로 시스템을 도입하고 시행하였다.

4. 판매SI시스템 효과

판매SI시스템을 개발하여 운영함에 따라 얻을 수 있는 주요한 효과는 다음과 같이 정리할 수 있다.

첫째, 배전업무 전반에 대한 체계적인 통합관리와 단위업무 진행현황 및 업무관리를 편리하게 할 수 있는 기능이 있고 단위업무에 수반되는 각종 문서입력 등의 부수적 업무가 불필요하게 되었으며 배전 정보시스템의 구축으로 배전업무 관리체계의 혁신을 가져 왔다.

둘째, 고객정보와 예산추산, 자산취득 등 재무관련 정보의 자동 연계와 자재청구, 취소, 환입 등 자재시스템과의 정보 연계, DAS, SCADA 등의 부하 및 선로운전 정보 연계를 통해 효율적인 업무환경을 제공하는 등 타 시스템 연계에 의한 업무의 효율성이 증대되었다.

셋째, 배전분야에서 필요한 기술계산, 계통분석 등 다양한 기술지원 기능을 강화하고 체계적인 기술적 검토기능 지원을 함으로써 그 정확도를 향상시켰다.

넷째, 설비이력 및 계통정보를 활용한 과학적인 설비운영의 효율 극대화와 구축 정보를 바탕으로 설비의 적정 보수, 교체시기 산출이 가능하게 되었으며 경제적인 투자 계획, 효율적인 유지보수 등을 위한 장기적 관점의 경영정보 인프라 확보가 이루어졌다.

각 분야에 대한 비교 및 세부적 효과는 아래와 같다.

표 3-7 | 단위업무별 효과

구분	기존 시스템	판매SI시스템	
업무 처리 비교	배전 계획	· 각종배전자료를 수집 분석하여 수작업으로 처리	· DB화된 기초자료를 근거로 정확한 부하예측을 통하여 경제적인 최적의 투자계획수립
	배전 설계	· 배전설계 입력방식이 코드로 되어있어 불편함 · 기술계산기능이 없어 수작업 처리	· 시스템을 통한 항목선택 입력으로 편리 · 다양한 부하분석 및 기술계산이 용이하여 최적의 선로구성 및 공사비 산출
	공사 관리	· 공사관리에 대한 제반사항을 수작업 처리	· 공사진행사항에 대한 일체의 내용을 수시로 확인 할 수 있고 준공내역대로 자산집계
	설비 운영	· 배전감독자의 경험에 의한 배전설비 유지보수	· 설비이력을 활용한 과학적 통계로 효율적인 유지보수 업무수행

표 3-8 | 시스템 연계로 인한 효과

타시스템 연계	자료처리 내용	효과
공가설비관리 시스템	설비관리 일원화	공가설비 정확한 관리 및 공가요금 적기수납
배전자동화 시스템	배전계통도 정보 제공 및 실무하전류 공유	고압계통도관련 배전설비정보 중복관리 방지 및 부하평형유지로 전력손실 감소
자재시스템	자재 재고 및 구매 정보공유	자재의 원활한 수급조절로 자재 적기조치가 가능하여 물류비용 절감
신재무시스템	예산사용실적 및 자산취득 정보 제공	배전선로별 예산 적정 집행 및 정확한 자산 취득
PDA 이용 현장조사 시스템	배전설비 갱신내용을 PDA를 이용하여 자동전송입력	현장입력시간 단축 및 입력작업 용이
지자체 도시 정보시스템 연계	지하매설물 정보 공유	지중선로 굴착 적정 위치파악으로 유관기관 지하시설물 피해방지

표 3-9 | 시스템 도입으로 인한 생산성 향상

구분	시행 전	시행 후	업무 효율 향상도
저압공사 설계	건당 310분	건당 10분	96.8%
고압공사 설계	건당 310분	건당 130분	58.1%
운영통계 보고	건당 70분	자동생성	100%
배전투자 계획	평균 15일	1일	93.3%

제6절 스마트 그리드 추진

1. 개념

스마트 그리드란 기존의 전력망에 정보통신기술을 접목하여 전력 공급자와 소비자가 양방향으로 실시간 정보를 교환함으로써 에너지 효율을 최적화하는 차세대 지능형 전력망이다. 즉, 정보통신기술을 활용하여 발전 혹은 송배전 전력수송 과정에서 일련의 데이터를 실시간으로 취득하여 이를 활용해 전력의 생산, 수송 및 사용을 보다 효율적으로 가능하게 할 수 있도록 전력망을 지능화하는 것이다.

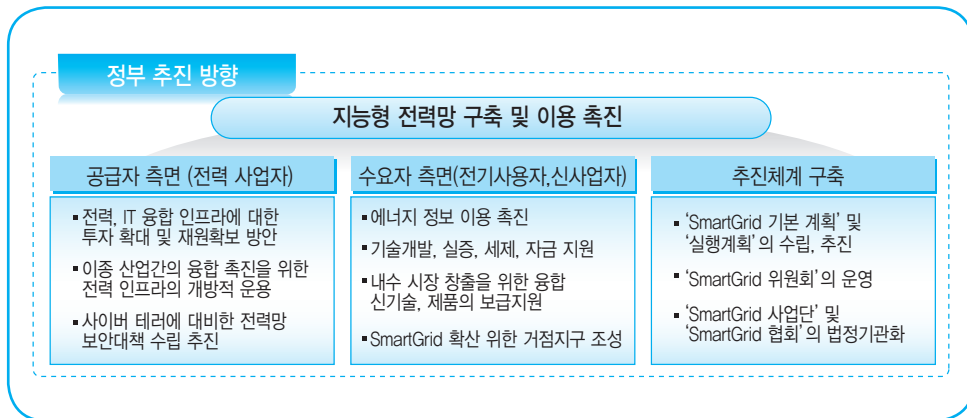
2. 추진 배경

과거 고도 성장기에 비해 2000년대에 들어서면서 한국 경제의 성장률은 점차 둔화되기 시작했고 이에 따라 전력수요 증가 추세에도 변화가 나타났다. 이러한 분위기 속에서 대한민국 정부는 한국 경제의 신성장 동력을 찾고 특히 전력분야에서 글로벌 경쟁력을 갖추기 위해서 그리고 화석연료로 인해서 야기되는 기후 변화에 대응을 위하여 녹색 성장 분야에 대한 정책을 수립하여 추진해 나갔다. 그리고 전력 소비자들의 에너지 향상과 환경에 대한 관심과 참여가 확대됨에 따라, 이에 대비하기 위해 전력분야에서 추진된 것이 전기 및 정보통신 기술을 활용하여 전력망을 지능화하고 고품질의 전력서비스를 제공함과 동시에 에너지 이용률을 극대화 하는 전력망, 즉 스마트 그리드였다.

3. 추진 경과

대한민국 정부는 2030년까지 에너지 수요관리를 통해 국가의 에너지 효율을 46% 개선하고 신재생 에너지와 원자력 발전의 비중을 당시 17%에서 2030년 40% 이상으로 확대하는 등의 내용을 담은 2010년 1월 스마트 그리드 국가 로드맵을 수립하고 또한 같은 해 8월 전력산업구조 발전방안 등을 포함한 스마트 그리드 촉진법을 제정하였다. 이것은 스마트 그리드 추진을 제도적으로 뒷받침하기 위한 것이었고 대한민국 정부가 추진하는 주요 방향은 [그림 3-2]와 같다.

그림 3-2 | 스마트 그리드 추진방향



4. 로드맵 주요내용

가. 핵심기술 개발 및 표준화

신재생 에너지를 전력망에 연계하는 기술, 에너지를 저장하는 기술, 전력망 IT 등 핵심기술 개발과 이중 기술간에 호환성 확보를 위한 표준 가이드를 마련하는 것을 목표로 하였다.

나. 인프라 구축 및 신제품 시장진출 지원

2020년까지 전국의 모든 가구에 스마트 전력계량기를 보급하고 전기자동차를 활성화하기 위한 인프라(충전소) 구축을 완료하며 스마트 그리드관련 제품 인증제도를 도입하고 제품의 시장 진입 기반을 마련하기 위해 구매관련 인센티브 제고를 마련하기로 하였다.

다. 요금 체계 개편

스마트 전력량계 설치와 스마트 그리드 도입을 활성화하기 위해서 전력생산 원기반의 요금 체계로 전환하고 다양한 요금제를 개발하여 고객에게 에너지 선택권을 부여하기로 하였다.

라. 법·제도적 기반 정비

스마트 그리드 추진을 위한 장기 투자 재원을 확보하고 인센티브 등의 지원 근거를 마련하기 위한 법과 제도적 기반을 정비하기로 하였다. 또한 스마트 그리드와 관련하여 설치될 전기차 충전소, 신재생에너지 설치의무 등을 반영한 법을 제정하기로 하였다.

5. 기대 효과

스마트 그리드를 도입함으로써 부품소재, 하드웨어, 소프트웨어와 시스템 등과 관련된 통합 기술개발이 활발하게 진행될 것으로 예상되며, 이를 통해서 한국 경제의 신성장 동력으로서 역할을 해 나갈 것이다. 또한 이 기반 기술을 이용하여 해외 수출을 도모할 수 있을 것이다. 스마트 그리드 사업은 전력, 통신, 가전 및 에너지 등 모든 산업이 융합된 인프라 구축 프로젝트로서 산업 발전의 중추적인 역할을 수행할 수 있을 것으로 기대된다.

2011 경제발전경험모듈화사업
안정적 전력공급을 위한 전력망 구축사업

제4장

성과 및 시사점

제1절 사업의 성과

제2절 시사점

성과 및 시사점

제1절 사업의 성과

우리나라에 전력사업이 시작된 지 100여년의 세월이 흘렀다. 경북공에 최초 점등으로 시작된 전력사업은 구한말, 일제점령기, 해방과 한국전쟁을 거치는 동안 군소 지역 전력회사에서 출발하여 전기 3사 체제로 운영되어 오다가 1961년 통합이후 한국전력으로 출범하게 되었다. 이후 국가 경제발전과 함께 성장해오는 동안 한국의 전력산업은 안정적인 전력공급을 위한 노력을 기울인 결과 눈부신 성장을 이루어 냈다. 1898년 한성전기를 설립하여 전력사업이 시작된 이래 우리나라의 송전, 변전, 및 배전설비는 많은 난관과 어려움 속에서도 꾸준한 성장을 하여 왔으며, 특히 식민지배 및 한국전쟁 이후 폐허에 가까웠던 전력설비를 2010년 말까지 송전설비는 약 3만km, 변전용량 약 19만MVA, 배전설비는 약 40만km 규모의 전력 계통으로 발전시켰다. 이는 한국전력 발전의 역사이자 우리나라의 근대화, 산업화의 역사였다. 전 국토를 아우르는 다중 환상계통 송전계통, 345kV에 이은 765kV 전압 격상, 제주-육지 간 HVDC 전력계통 연계, 원방감시 및 제어시스템을 통한 변전소의 무인 자동화운전, 배전설비의 지중화, 22.9kV 전압 승압 및 단일화 등의 사업을 훌륭하게 마무리 지으면서 우리나라의 송배전 기술력 및 전기 품질은 이미 세계적인 수준에 도달하게 되었다. 이러한 성장에 발맞추어 한국전력은 2000년대부터 국가전력망 구축관련 기술과 경험을 해외에 전수하는 사업을 진행하고 있으며, 리비아, 필리핀, 베트남, 이집트, 파라과이 등 전 세계에 한국의 전력망 구축기술을 전파하고 있다.

1. 안정적 전력공급을 위한 전력망 적기 확충

전력산업은 1960년 이후로 괄목할 만한 성장을 이루어 왔다. 1961년 6,232c-km에 불과하던 회선 길이가 2010년에는 30,676c-km로 증가하였으며, 변전소 수는 1961년 291개소에서 2010년에는 711개로 증가하였다. 그 증가된 수는 약 3배에 불과하지만, 대용량 변전소의 비중이 크게 늘어나 그 총 공급용량이 249,040MVA에 이르게 되었다. 우리나라의 배전설비도 발전량의 증가에

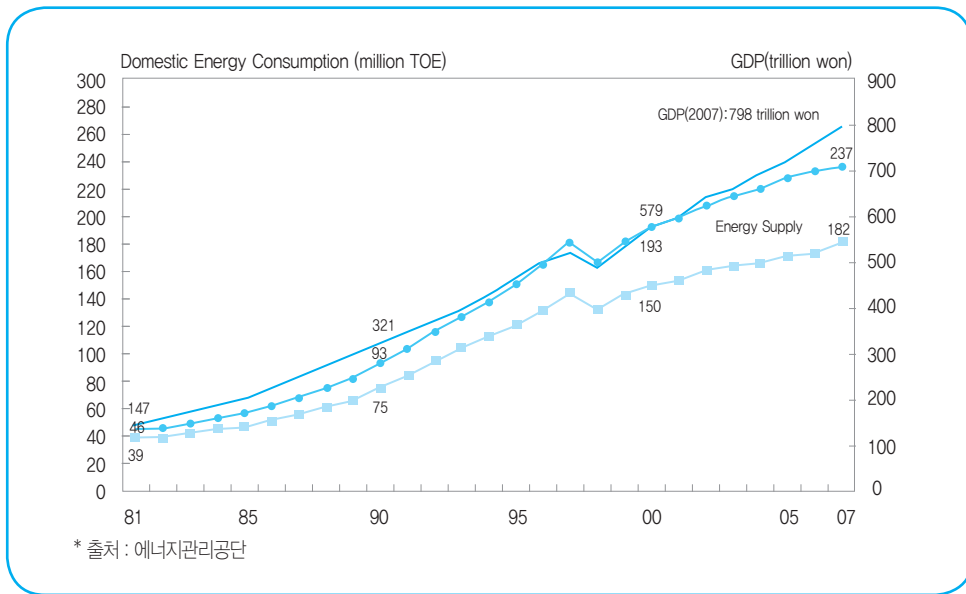
따라서 급격히 증가하였다. 1961년 9,171c-km에 불과하던 선로 길이가 2010년에는 428,259c-km로 증가하였다. 이러한 전력산업의 양적인 팽창과 더불어 질적인 측면에서도 개선이 이루어지고 있다. 전력산업 송전 및 배전의 효율성을 나타내는 지표 중 하나인 송배전 손실률은 1961년 29%였지만 꾸준히 개선되어 1980년에는 7%, 1990년에는 6%, 2000년에는 5%이었던 것이 2008년 이후에는 4%대로 개선되었다. 이는 주요 선진국과 송배전 손실률을 비교해 보더라도 우리나라의 송배전 손실률은 경쟁국가에 비해서 매우 낮은 수준임을 보여주는 것이다. 2007년 기준으로 일본의 송배전 손실률 5%, 미국 7%, 중국 7%에 비해서도 낮다. 한편, 전력판매단가도 원자력발전의 도입과 더불어 획기적으로 개선되어 일반용의 경우 1981년 최고가를 기록한 후 꾸준히 내려가고 있다. 이러한 전력가격은 2000년대 중반 이후 고유가 시대에도 소폭 증가하였으나, 석유가격의 상승률에 는 훨씬 못 미치는 수준에서 안정된 수준을 나타내고 있다.

2. 국가 경제발전의 버팀목

전력사업은 해방 후 큰 위기를 맞았다. 전기를 생산하는 발전설비의 약 90%가 북한에 있었기 때문이다. 한국전쟁을 거치면서 그 전쟁의 피해로 인해 전력난은 더 심각했다. 공장을 돌리기도 차 어려웠다. 민간 가정에서 전깃불은 켜다는 것은 상상할 수 없었다. 당시 남한에는 조선전업 등 전력 3사가 있었으나 만성적인 적자운영으로 전력난을 해소하지 못했다. 이런 상황을 해결하기 위해서 1961년 7월 한국전력이 설립되었다. 이에 한전은 1964년 4월 역사적인 ‘무제한 송전’을 실시하며 해방 후 되풀이됐던 전력난을 해소시켰다. 또한, 1965년 12월부터 농어촌전화(電化)사업에 매진 하여 마침내 1979년 98%의 전기보급률을 달성하며 전기가 거의 모든 일반 가정으로까지 보급되었다. 아울러 한국전력은 국가경제 발전의 원동력인 전기를 안정적으로 공급해 오면서 끊임없는 경영 혁신과 기술개발로 성장과 발전을 거듭해 왔다.

우리나라의 경제성장은 전력과 밀접한 관계를 가지고 있다. 1960년대 이후 산업화를 추구하면서 농업사회에서 산업사회로의 전환이 이루어짐에 따라 에너지 수요가 급격히 증가하였다. 증가하는 에너지 수요를 감당하기 위하여 4차에 걸친 전원개발 5개년 계획을 시행하면서 발전량을 확대 하였다. 아래의 그림은 국내 에너지소비와 GDP 성장과의 관계를 보여준다. 에너지소비량이 증가함에 따라 GDP도 함께 성장하는 것을 볼 수 있으며, 이는 전력을 안정적으로 공급하는 것이 경제 발전의 버팀목이 된다는 것을 의미한다. 양질의 전력공급은 고도 기술사회의 기본요소이며, 경제적 에너지 공급은 국가 경쟁력 제고의 중요한 인자이다.

그림 4-1 | 국내 에너지소비 및 GDP 성장 추이



3. 세계적 수준으로 성장한 전력산업

가. 전력망 기술 해외 진출

이 땅에 전등이 밝혀진 이후 100년간 우리나라의 전력산업은 비약적인 발전을 이뤘다. 경제성장의 버팀목이었던 한국전력은 세계가 인정하는 전력회사로 성장했다. 글로벌 종합에너지 그룹으로 비상하려는 노력도 게을리 하지 않고 있다. 한국전력의 전기품질은 세계 최고 수준이다. 호당 정전(停電)시간은 2006년 18.8분, 타이완(30분), 미국(122분), 프랑스(51분)보다 훨씬 짧다. 규정전압 유지율은 99.9%, 주파수 유지율은 99.7%로 세계 최고 수준이다. 이를 바탕으로 발전부분에서 시작된 해외진출은 송배전 분야에도 그 영역을 확대하게 되었다. 2002년 9월 ‘필리핀 송배전계통 타당성 조사’ 사업을 시작으로 2003년 ‘리비아 송배전계통 공급신뢰도 및 운영 수준 향상을 위한 타당성 조사’ 사업을 성공적으로 추진하였으며, 단일 기술 컨설팅 사업으로 800만불 규모의 ‘리비아 송배전 계통 성능개선 사업’을 수주하여 한국의 전력 계통기술을 첫 수출하는 계기를 마련하였다. 국가전력망을 구축하고 운영하면서 얻은 기술과 노하우를 바탕으로 ‘우크라이나 전력손실 감소 및 전기품질 향상 타당성조사’ 사업을 수행하고 나아가서 전력계통 분야의 자동화 기술을 인도네시아와 이집트, 파라과이에 수출하였다.

나. 전력산업분야 동반성장

2000년대 들어서면서 국내 전력 기자재 시장은 포화단계로 신규시장 개척이 절실한 실정이었다. 그러나 전력 기자재제조 중소기업은 해외시장에 대한 정보가 부족할 뿐만 아니라 해외 인적 네트워크가 부족하여 해외 전력회사와 직접 접촉이 어렵고 중소기업의 영세성과 낮은 인지도로 해외 진출이 취약한 실정이었다. 우리나라의 중소기업 육성을 위해 노력하고 있는 한국전력은 중소기업의 판로 개척을 위하여 해외사업을 통해 형성된 Korea Brand 가치를 적극 활용했으며 국내 중진 기기 업계의 수출촉진을 지원하기 위하여 송배전 해외사업의 출발점인 ‘필리핀 배전계통 개선 타당성 조사’ 사업 수행 중 2003년 7월 한국 전기산업 진흥회와 공동으로 전력 기자재 수출 촉진단 행사를 주최하였다. 변압기, 전자식 전력량계 등 15개의 전력 기자재 업체들은 필리핀 전력회사와 자재공급업체 관계자 150명을 대상으로 한국 기자재의 우수성을 알리고 수출 상담을 벌임으로써 여러 건의 계약을 성사시켜 전력기자재 업체의 필리핀 진출 교두보를 확보하였다. 또한 한국 전기산업 진흥회는 리비아 현지 KOTRA의 협조 아래 리비아 트리폴리에서 수출시장 개척단 활동을 전개하였다. 한편, 한국전력은 송배전 해외사업 수행 시에 국내 전력 기자재를 적극 활용하여 기자재 업체의 동반 해외진출을 활발하게 돕고 있다.

다. 주요 전력망 운영통계 국가별 비교

전력망 운영 기술수준을 나타내는 전력 손실률, 평균 정전시간 및 부하율 등을 선진국과 비교하면 아래의 표와 같다.

표 4-1 | 주요 전력망 운영통계 국가별 비교

손실률 ¹⁾					
국가	미국	일본	프랑스	영국	한국
손실률(%)	6.8	5.2	6.8	8.0	3.9
평균 정전시간 ²⁾					
손실률(%)	6.8	5.2	6.8	8.0	3.9
부하율 (전력망 설비의 최적 이용 정도를 나타내는 수치) ³⁾					
손실률(%)	6.8	5.2	6.8	8.0	3.9

1) 해외전력통계 (한국전력공사)

2) 해외전력통계 (한국전력공사), 재해발생으로 인한 정전 제외

3) 해외전력통계 (한국전력공사)

제2절 시사점

1. 개요

대한민국은 1961년부터 국가전력망 구축사업을 추진해 오면서 시대별로 여러 가지 과제를 해결해 왔다. 최초 전력 생산량 자체가 부족하여 체계적인 전원 개발과 전력망 건설을 위해 국가전력망에 대한 청사진 마련이 필요했고 전력손실을 대폭 감소시키면서 경제발전에 따른 전력을 공급하기 위해서 전력망 확대 건설이 절실했다. 이후, 1970년대에 접어들면서 석유파동 등으로 인해 전력 생산에 필요한 에너지원을 다변화 할 필요성이 제기되었고, 수입에 의존하던 전력기자재를 보다 경제적으로 조달하기 위해서 국내 전력산업의 기반을 마련해야 했었다. 또한 단순히 전력 공급 지역의 확대보다 신뢰성이 한 차원 높은 전력공급을 위한 노력이 필요했다. 1980년대 이후는 경제발전에 따라 이전 시대에 비해서 대폭 증가된 전력망 설비를 보다 효율적으로 관리하기 위한 노력 역시 전개되었다. 본 장에서는 이러한 시대적 과제를 해결해 나가는데 있어서 나타난 시사점과 향후 개발도상국에 적용할 수 있는 가능성에 대해서 살펴본다.

2. 시사점 및 적용가능성

전원 개발사업과 국가전력망 구축사업은 소규모의 사업을 단속적으로 이어나가면서 추진할 수 있지만, 보다 효과적으로 경제와 산업발전에 기여하고 안정적인 전력을 공급하기 위해서 국가적 차원에서 기본 청사진을 마련하여 추진해 나가는 것이 바람직하다. 한국은 일제강점기와 한국전쟁을 겪으면서 경제발전에 필요한 자원과 인력뿐만 아니라 산업시설 자체가 전무한 상태였고 전력산업의 전력생산 및 수송 여건은 매우 열악한 상황이었다. 이러한 상황에서 한국은 좌절하거나 포기하지 않았다. 1962년에 대한민국 정부가 수립한 경제개발 5개년계획을 기초로 경제 및 산업 각 분야에서 마스터플랜을 수립하였고, 전력분야에서도 전원개발과 국가전력망 건설을 위한 기본계획이 마련되었다.

전력망 계통 구축 사업의 마스터플랜을 위해 한국정부는 미국의 전력분야 컨설팅 회사에 기본 계획 수립을 의뢰하였다. 미국의 EBASCO와 Burns & Roe를 통해 두 번의 컨설팅을 실시하였고, 그 컨설팅 결과에 따라 한국의 전력망 구축정책이 결정되었다. 현재 전력망의 근간이 되고 있는 345kV, 154kV, 22.9kV 설비에 대한 계획이 그 당시 이루어졌고 이 계획에 따라 산업단지 전력공급, 농어촌 전화사업 및 발전소와 수도권 간 전력망 연계 등 국가전력망 구축이 이루어졌다.

마스터플랜을 시행하기 위한 자금은 미국과 국제기구의 차관과 무상원조를 통해 마련하였다. 한국은 전원개발과 국가전력망 구축을 위해서 막대한 전력설비 건설비용이 필요하였고, 한국의 자본만으로는 이러한 비용을 충당하는데 어려움이 있었다. 그래서 한전은 고리 원자력 발전소 건설, 감천 화력발전소 건설, 삼천포 화력발전소 건설, 전국적인 송배전망 건설 등을 위해 미국, 영국, 세계은행(IBRD) 등에서 여러 번에 걸친 차관과 원조를 받으면서 전력설비를 건설하여 왔으며 건설된 전력설비를 활용하여 경제성장의 발판을 마련하였다.

대한민국의 전력산업 초기단계에서는 숙련된 기술을 가진 인력이 부족하였다. 전력설비의 적절한 건설 및 유지보수를 위해서는 뛰어난 기능역량을 가진 인력이 많이 필요하였지만, 초기 단계에는 전력분야 인력이 많이 부족하였다. 그리하여 국가 소유 전력회사인 한전에서는 1961년 사원연수원을 설립하고 1965년도부터 한전과 협력업체 종사자들을 지속적으로 교육하여 국가 전력망 구축사업과 관련한 기술 인력을 양성하였다.

또한 한전은 전력연구원, 고장 실증단지 등을 설치하여 기술 개발을 위해 다양한 노력을 하였다. 송배전망 건설을 위한 다양한 신기술을 개발하고 송배전 과정에서 발생하는 전력손실을 줄이기 위한 기술도 개발하였다. 그리하여 765kV 전력망 건설 사업에서도 알 수 있듯이 단기간 내에 외국으로부터 도입된 기술을 바탕으로 점차 자체적으로 기술을 국산화하여 독자적으로 전력망 구축 사업을 추진해 나갈 수 있는 수준에 이르렀다. 전력손실 감소를 위해서는 송배전 전압 승압, 역률 개선, 노후 설비 교체, 선로의 3상화, 도전 방지 등 다양한 활동을 하여 송배전 손실률을 1961년 29.3%에서 2010년에는 3.99%로 획기적으로 줄였으며 이는 발전소 몇 기를 건설해야 얻을 수 있는 정도의 전력을 추가로 사용할 수 있게 되어 에너지 효율 향상에 큰 기여를 하였다.

한전의 안정적인 전력공급은 한국 경제발전과 밀접한 관계를 가지고 있다. 반도체, 조선, 철강, 자동차, 전자부품 등과 같은 첨단산업의 전략적인 육성의 밑바탕에는 안정적인 전력공급이 반드시 전제되어야 한다. 산업화, 공업화뿐만 아니라 한 사회의 문명화에도 전기의 역할은 이루 말할 수 없을 것이다. 이처럼 한국의 경제발전 속도에 비례하여 전력수요가 꾸준히 증가하면서 많은 발전소, 변전소, 송배전 전력망이 새로 건설되어 전력공급설비가 크게 확대되었다.

이처럼 확대된 전력공급설비를 안정적이고 효율적으로 운영, 관리하기 위해서는 종래의 운전방식인 설비 운영자의 판단과 상호연락에 의한 설비운영은 사고처리 능력과 속도에 한계가 있었다. 계통 전체의 종합판단과 제어를 신속하고 정확하게 할 수 있는 집중화된 자동화가 필요하였기 때문이다. 당시 국내에는 전자공업의 급속한 발달에 따라 전자계산기, 정보처리기술 활용능력 등이 대폭 향상되었으며 그 보급도 늘어나게 되면서 신뢰성이 한층 높은 원방 감시 제어장치의 자동운전에 대한 필요성이 더욱 부각되어 배전자동화 등의 기술을 선진국으로부터 도입하게 되었다.

이렇게 도입된 기술은 전력과 통신의 융합기술을 활용하여 전력설비의 효율적인 제어, 관리를 통해 전력손실을 줄이고 전력 수요관리를 정확하게 예측함으로써 불필요한 발전비용을 줄일 수 있다. 한국의 2010년 전력설비 현황을 기준으로 전력손실 1%를 감소하면 약 2,000억 원의 발전비용을 줄일 수 있는데, 이는 전력설비의 효율적인 관리가 매우 중요함을 의미한다. 또한 오늘날에는 전력공급의 중단은 곧 국가안보의 붕괴로도 이어질 수 있을 만큼 영향력이 크기 때문에 전력설비를 건전하게 유지관리 하는 데에도 힘을 쏟아야 한다.

이후, 한전은 자동화 기술의 벤치마킹의 과정을 거치면서 점차 자체기술을 개발하여 한국의 전력설비 환경에 적합한 시스템을 구축하였고, 현재 중국, 사우디, 베트남, 이집트 등 해외 여러 나라에 자동화 기술을 수출하는 수준에 이르렀다.

이러한 점에서 개발도상국에 시사하는 바는 한국은 많은 개발도상국과 마찬가지로 식민지배와 전쟁을 겪어 경제적으로 커다란 어려움에 빠진 적이 있으며, 현재 개발도상국의 국가 전력망에

■ 제 4 장

서 나타나는 많은 문제점들은 이미 한국이 1960년대 혹은 1970년대에 해결하려고 노력했던 문제와 상당한 유사성을 가지고 있고 있다. 개발도상국이 전력산업에 있어서 경험하고 있는 문제점들은 공급되는 전력 자체가 부족하거나, 큰 전력망 손실률로 인해서 전력회사의 경영에 상당한 악영향을 주고 있거나, 전력공급의 신뢰도가 낮아 정전이 빈발하고 정전이 발생한 경우 그 복구 시간이 오래 지속되는 점 등을 들 수 있다. 그러나 이러한 문제점 혹은 과제 들은 한국의 국가 전력망 구축사업에서 얻은 경험에 비추어보면 적합한 기본 계획과 자원확보, 인력양성, 기술개발 그리고 사업 추진의 의지가 있다면 해결 방안은 얼마든지 마련될 수 있음을 보여준다. 한국에서 추진했던 국가전력망 구축사업을 롤 모델로 적용했을 때 그 성공가능성은 매우 높을 것이다.

- 전기연감, 대한전기협회 2009
- 위기극복과 경제도약을 위한 신산업정책 연구, 산업연구원 2009
- 전력수급정책 연구, 에너지경제연구원 1992
- 송변전백서, 한국전력 2006
- 배전백서(1961~1994), 한국전력 1995
- 배전백서(1995~2008), 한국전력 2008
- 배전승압백서, 한국전력 2006
- 한국전력 10년사, 한국전력 1971
- 한국전력 20년사, 한국전력 1981
- 한국전력 40년사, 한국전력 2001
- 전원개발계획기법에 관한 설명서, 한국전력 1989
- 한국경제 60년사, 한국개발연구원 2010
- 스마트 그리드 국가로드맵, 지식경제부 2010
- 스마트 그리드 기술로드맵 및 추진전략 수립에 관한 연구, 대한전기학회 2009

www.ksp.go.kr

기획재정부

427-725, 경기도 과천시 관문로 88번지 정부 과천청사

Tel. 02-2150-7732 www.mosf.go.kr

KDI국제정책대학원

130-868, 서울시 동대문구 청량리동 207-43(회기로87)

Tel. 02-3299-1114 www.kdischool.ac.kr



9 788993 695144
ISBN 978-89-93695-14-4

2011 경제발전경험모듈화사업

KDI국제정책대학원 개발교육연구실

- 130-868, 서울시 동대문구 청량리동 207-43(회기로87)
- Tel. 02-3299-1071
- www.kdischool.ac.kr