독일과 유럽의 전력계통연계 사례 및 한반도와 동북아지역 전력계통 연계검토

윤갑구
(주)에이스기술단

The Studies for Interconnection of the Korea / North-Eastern Asia Region Power Systems and Integration of the New Federal Laender into the Interconnected West European Power System

Kap-Koo Yoon
ACE Engineering, Inc

Abstract

Many countries are trying to develope the sustainable energy and environmental protection through a more concrete international cooperation.

In this paper, the necessity and technical & economical feasibility on the interconnection of power systems in the South Korea, North Korea and North East Asia Region are emphasized with reference to the interconnection between the integrated power system according to the reunification of Germany and the Western European Power System. The Germany has a similar experience of separation and disconnection of their power system what happened in the Korean peninsula.

Particularly the Power Economics And Clean Environment Network that could contribute to the PEACE promotion. Through the PEACE NETWORK PROJECT, the interconnection of power systems in North-Eastern Asia should be discussed in serious.

1. 서 론

1.1 연계의 배경

1.1.1 전력사업 국내 확충곤란

(1) 에너지자원 빈곤
(2) 투자비 재원확보 곤난
(3) 전원입지 확보곤난
  ㅇ환경문제 대두
  ㅇ님비(NIMBY) 현상심화

1.1.2 부존 에너지 자원의 지역별 편재

(1) 구소련(FSU) : 가스 1위(38%), 석탄 1위(24%), 경제적 포장수력 2위(19%), 포장수력 1위(38억kW)등 에너지자원 풍부
(2) 중국(CHIN) : 수력 1위(33%), 석탄 3위(16%) 등 에너지 자원풍부
(3) 북한(NKOR), 한국(SKOR), 일본(JAPA) : 에너지 자원 빈곤

<표 1-1> 주요 에너지 매장량[1]

종 류	단 위	FSU	CHIN	NKOR	SKOR	JAPA
석탄('94)	백만톤	241,000	114,500	600	158	873
가스('95)	조m³	56.0	59.0	-	-	0.04
석유('95)	10억bbl	57.0	24.0	-	-	0.05
경제적 포장						
수력 편중도	%	19	33	-	-	-

1.1.3 전력수요의 지역별 불평등

(1) 극동러시아(FER), NKOR : 전력수요 밀도낮고, 수요감소
(2) CHIN, SKOR : 전력수요 밀도 비교적 높고, 수요성장 10% 정도로 상당이 높음
(3) JAPA : 전력 수요밀도 대단히 높고, 수요성장 2~3%로 비교적 낮음.

<표 1-2> 에너지 소비량과 발전량[1][2]

구 분	단위	FSU	CHIN	NKOR	SKOR	JAPA
1차에너지	백만TOE/년	943	833	45	149	490
(년도)		('95)	('95)	('91)	('95)	('95)
1인당('95)	원유환산kg	4,411	632	1,701	2,863	3,642
발전량	백만kWh/년	1,938,000	836,429	23,130	164,993	849.260
		('90)	('93)	('94)	('94)	('94)
1인당	kWh/년	5,068	589	1,008	3,712	7,257
		('93)	('93)	('94)	('94)	('93)

1.1.4 전력수요의 계절별 시간대별 불평등

(1) FER, NEC, NKOR : 겨울 초저녁 첨두부하
(2) SKOR, JAPA : 여름 낮시간 첨두부하

1.1.5 산업경제의 지역별 불평등

(1) FER, NKOR : 산업경제 성장부진
(2) NEC, SKOR, JAPA : 산업경제 성장활발

1.1.6 지역별 전력공급 신뢰도 불평등

(1) NKOR : 전기품질 불량
(2) FER, NEC : 전기품질 보통
(3) SKOR, JAPA : 전기품질 양호

1.1.7 국제정세

(1) UN 기후변화협약 : 온실가스 배출량 감축

(2) 공산권 붕괴 : 세계화(Globalization), 개방화(OSI), 표준화(ISO)

(3) 미국(USA)-NKOR 핵협정 : NKOR 핵시설 폐기 및 개발중지, 한반도에너지 개발기구(KEDO)에 의한 경수로 원자력 발전소건설

(4) NKOR관련국 정세 : USA-NKOR 접근, CHIN-NKOR 혈맹유지, RUSS-CHIN 한반도 유사시 개입, USA-JAPA 신방위지침, USA-CHIN 전략적 협조, JAPA-RUSS APEC 가입지지 및 합동훈련

1.2 연계의 목적

1.2.1 전력사업 경제성 제고

(1) 설비 투자비 절감

(2) 에너지절약, 운전비 절감

1.2.2 전력공급 신뢰성 증진

(1) 비상시 전력융통성 증가

(2) 계통 주파수와 전압 유지율 향상

(3) 에너지원별, 지역별 다변화

1.2.3 환경오염 감소

(1) 공해, 폐기물 발생시설 폐지

(2) 화석연료 발전억제

(3) 저효율 발전억제

(4) 수력, 원자력, 풍력, 신재생 에너지 발전부양

1.2.4 관련기술 향상

(1) 지속가능한 친환경 에너지 개발기술

(2) 장거리 송전기술, 직류초고압(HVDC) 송전기술

(3) 교류/직류 변환기술

(4) 해저 케이블 기술

(5) 송전선 복합가공지선(OPGW) 광통신 기술

1.2.5 국제협력 강화

(1) 기술, 경제, 문화교류 : 통일비용 절감

(2) 이해증진 : 민족화해

(3) 평화증진 : 평화통일

2. 전력사정

2.1 표준 주파수와 전압

2.1.1 표준 주파수

(1) 50Hz 계통

○RUSS, CHIN, JAPA동북부

(2) 60Hz 계통

○NKOR, SKOR, JAPA남서부

2.1.2 표준전압

(1) 송전전압

○RUSS :

- AC : 750/400-500/330/220/154/110/35kV
- DC : ±400kV

○CHIN : 500/220(330)/110(154)/35(66)/10kV

○NKOR : 220/(154)/110/66kV, 500kV 건설중

○SKOR : 345/154/(66)kV, 765kV 건설중

○JAPA : 500/275/220/154/110kV, 1000kV시험중

(2) 고압배전 전압

○NKOR : 3.3kV

○SKOR : 22.9/(6.6)kV

(3) 저압배전 전압

○RUSS : 127/220V

○CHIN : 220/380V(2선/4선)

○NKOR : 220/380V(2선/3선)

○SKOR : 110/220V(2선/3선)
220/380V(2선/4선)

○JAPA : 100/200V(2선/3선)

2.2 발전설비 용량과 발전량

2.2.1 발전설비 용량

(1) 전체화력 발전설비 구성비 높음

(2) NKOR만 수력설비 비중높음

<표 2-1> 발전설비 용량[1][3]~[5] 천kW(MW)

국가별	FSU ('1990)	MON ('1993)	CHIN ('1994)	NKOR ('1994)	SKOR ('1994)	JAPA ('1994)
수력 (H/P)	65,000 (19)	-	49,100 (25)	4,340 (60)	2,493 (7)	40,558 (18)
화력 (T/P)	241,600 (70)	772 (86)	148,700 (74)	2,900 (40)	18,641 (56)	116,763 (53)
원자력 (N/P)	37,400 (11)	-	2,100 (1)	-	7,616 (23)	40,366 (18)
설비계 (Sub Total)	344,000 (100)	772 (86)	199,900 (100)	7,240 (100)	28,750 (86)	197,687 (89)
자가설비 (P/G)	-	129 (14)	-	-	4,563 (14)	23,211 (11)
발전설비총계 (Total)	344,000 (100)	901 (100)	199,900 (100)	7,240 (100)	33,313 (100)	220,898 (100)

( )내는 발전설비 총계에 대한 구성비

2.2.2 발전량

(1) 전체 화력발전량 비중 높음

(2) NKOR수력 발전량 비중 높음

<표 2-2> 발전량[1][3]~[5] 백만kWh(GWh)

국가별	FSU ('1990)	MON ('1993)	CHIN ('1994)	NKOR ('1994)	SKOR ('1994)	JAPA ('1994)
수력 (H/P)	233,000 (12)	-	166,800 (18)	13,830 (60)	4,098 (2)	69,969 (7)
화력 (T/P)	1,493,000 (77)	2,920 (91)	747,100 (81)	9,300 (40)	102,244 (56)	511,127 (53)
원자력 (N/P)	212,000 (11)	-	13,900 (1)	-	58,651 (32)	268,164 (28)
발전량계 (Sub Total)	1,938,000 (100)	2,920 (91)	927,800 (100)	23,130 (100)	164,993 (90)	849,260 (88)
자가설비 (P/G)	-	280 (9)	-	-	18,373 (10)	115,071 (12)
발전량총계 (Total)	1,938,000 (100)	3,200 (100)	927,800 (100)	23,130 (100)	183,366 (100)	964,331 (100)

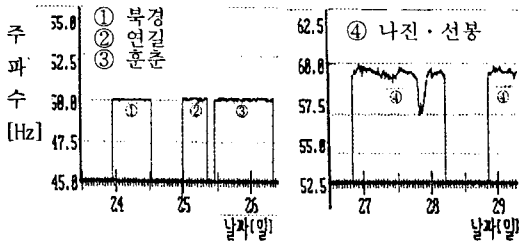
( )내는 발전량 총계에 대한 구성비

2.3 전기품질

2.3.1 주파수 유지현황

(1) NKOR 주파수 유지불량

(2) NKOR 발전력부족[6][7]

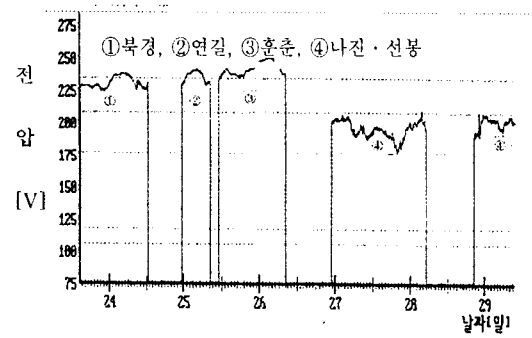


[그림 2-1] 96년 6월 주파수 유지현황[6]

2.3.2 전압유지 현황

(1) NKOR 전압 유지불량

(2) NKOR 송배전선로 불량[6][7]



[그림 2-2] 96년 6월 전압유지 현황[6]

3. 독일과 유럽의 전력계통 연계사례

3.1 베르린의 전력계통 연계

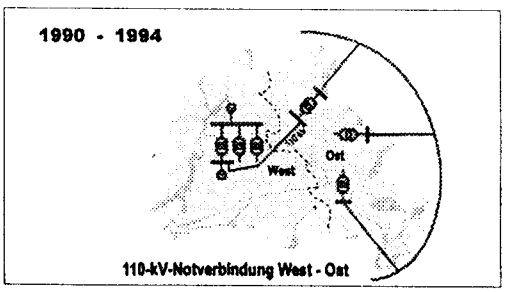
3.1.1 110kV 연계

(1) 연계일자 : 1992. 12. 1

(2) 연계지점 : 서베르린 Bewag의 Reuter West 발전소와 동베르린 EVB의 Malchow 변전소

(3) 연계목적 : Malchow 변전소 2십5만kVA 변압기 공동사용

(4) 연계효과 : Reuter 발전소의 발전기고장('92. 12. 16)시 EVB의 발전력 3십2만kW도움 받음[8]



[그림 3-1] 베르린 전력의 계통합[9]

3.1.2 380kV 연계

(1) 연계예정 : 1994. 12

(2) 연계지점 : Wolmirstedt - Berlin

(3) 연계효과 : 공급신뢰도 증강[10]

3.2 독일과 유럽의 전력계통연계

3.2.1 동·서독의 전력계통 연계

(1) 연계일자 : 1995. 9. 13

(2) 연계지침 :

- Lübeck-Güstrow
- Helmstedt-Wolmirstedt(-Berlin)
- Mecklar-Vieselbach
- Redwitz-Remptendrof

(3) 연계효과

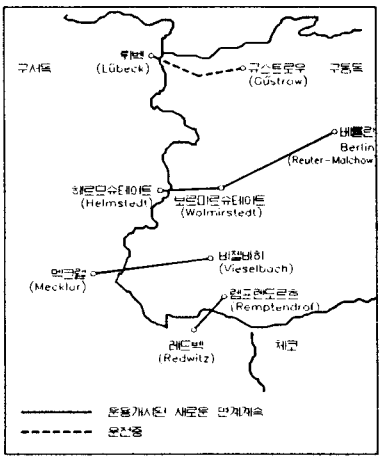
- 신뢰성 증진
- 구동독의 기준미달 원자력 발전소와 구식 갈탄발전소등 5백만kW 폐지[8][11]

3.2.2 유럽의 전력계통연계

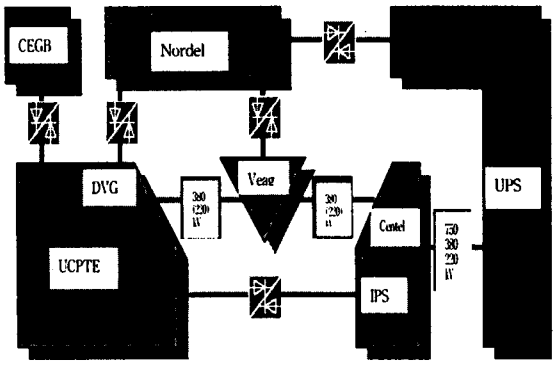
(1) 유럽계통

- NORDEL : The Association for Nordic Cooperation in Electric Energy
- UCPTE : Union for the Coordination of Production and Transmission of Electricity
- IPS/UPS : Interconnected Power System/ Unified Power System[12]

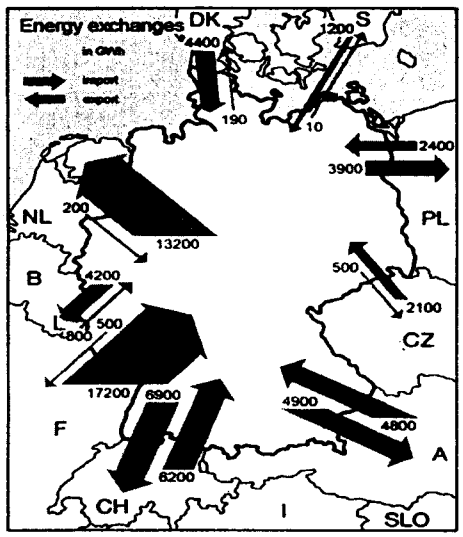
(2) CENTREL : Central Europen Network(체코, 슬로바키아, 폴란드, 항가리 4개국) 1995. 10월 UCPTE에 잠정연계[12]



[그림 3-2] 독일전력계통의 재결합[11]



[그림 3-3] 서유럽의 전력계통[13]



[그림 3-4] '95 독일전력 융통현황[14]

4. 한반도와 동북아 지역 전력계통 연계

4.1 남북한의 전력계통 연계방안

4.1.1 남·북한의 전력계통 연계

(1) 연계방식[15]

ㅇ교류가공 송전선 : 동기운전방식

- 단기 : 154kV 또는 345kV
- 장기 : 765kV

ㅇ초고압 직류 가공송전선 : 비동기 운전방식

- 동북아지역의 50Hz계통 연계시

(2) 연계효과

ㅇ신포 경수로 원자력 안전운전 조건조성

- 안정된 배후전원 확보(기동용, 비상용)
- 상시 안정운전 확보
- 원자력 비상시 전력계통 안전확보
  (정지시 계통주파수와 전압유지 및 수급안정)

ㅇ통신망 구성

- OPGW 건설
- 고속, 고품질, 다량정보 통신가능:2.5Gbps, 32,000Ch/ 2Core, 장차 10Gbps, 30Core(수십만 Ch가능)[7]

4.2 동북아지역 전력계통 연계

4.2.1 FER원자력 개발과 FER-CHIN-SKOR연계[7][16]

(1) 구 성

ㅇ전원개발 : FER 프리모에(Primorye) 원자력 발전소(PNP) 1백3십만kW

ㅇ송전선건설 : 300(RUSS) + 950(CHIN) + 450(NKOR) + 100(SKOR) = 1,800km

- PNP - NEC 심양(SYG) : HVDC±500kV, 1백 5십만 kVA
- SYG - SKOR양주(YJU) : HVDC ±500kV, 3백만kVA

ㅇHVDC 변전설비 건설

- PNP : 1백 5십만 kVA
- SYG : 3백만 kVA
- YJU : 3백만 kVA

(2) 효 과

ㅇ화력발전소 대체용량 : 6백6십만kW

- FER : 5십만 kW
- NEC : 3백 4십만 kW
- SKOR : 2백 7십만 kW

ㅇ경제적 효과 : 건설비 47억불(년간비용 5억 4천만불) 절감

- PNP 건설비 : 43억불(연간비용 5억8천만불)
- 경쟁설비 건설비 : 90억불(연간비용 11억2천만불)

ㅇ환경개선 효과 : 년간 연료 2백6십만톤 감소

- 탄소감소 : 년간 1백 7십만톤
- 이산화탄소 감소 : 년간 6백 2십만톤
- 유황과 이산화질소 감소 : 년간 수만톤

4.2.2 FER 수력과 원자력 개발 및 FER-CHIN-SKOR 연계[6][17]

(1) 구 성

ㅇ전원개발 : FER 우크르스크(Uchursk) 수력발전소(UHP) 3백7십만kW + 원자력발전소 2백5십만kW

ㅇ송전선건설 : 3,500km

- FER-NEC-SKOR : HVDC±500kV, 4~8백만 kVA

(2) 효 과

ㅇ경제적 효과 : 순이익 5~6백만불

- 총사업비용 : 94~104억불
- 대체투자비 : 45~59억불
- 연료절감비 : 5천5백만불

ㅇ환경개선 효과

- 중부유럽 예 : 1백5십억kWh 수력발전으로 대체시 CO_2 ; 2천4백만톤, NO_x ; 4만5천톤, SO_2 ; 1십1만톤 경감

4.2.3 동북아지역 네트워크 구성

(1) 네트워크 방식

ㅇFER-NEC-SKOR-JAPA-FER 연계 환상망 (Loop Network)구성

(2) 건 설

ㅇ아시아 고속도로 건설 사업과 연계

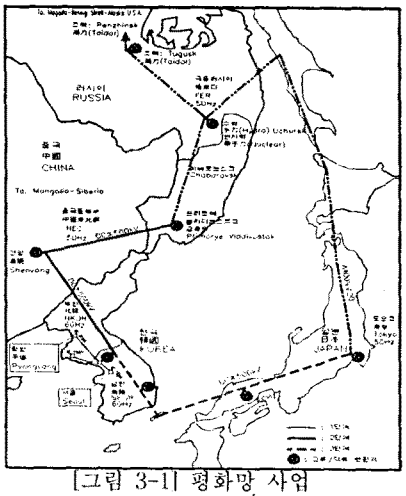
- 아시아·태평양 경제사회 이사회(ESCAP) 추진
- 대한해협 해저터널 공사시 동시건설

(3) 효 과

ㅇ전력계통 신뢰성 증진

ㅇ전력사업 경제성 제고

ㅇ에너지 환경문제 개선[18]



[그림 3-1] 평화망 사업

5. 결 론

(1) 남북한과 동북아지역의 전저력계통 연계

ㅇ전력경제 발전과 청정환경 조성(Power Economics And Clean Environment)

ㅇ평화증진을 위한 평화망(PEACE NETWORK) 구성제안

(2) 평화망 추진위원회 구성

ㅇ제안 : 1996. 11. 14 제26회 한일기술사회, 심포지엄(日本 松江)

ㅇ1997. 7. 24 평화망 국제추진 위원회 협정서 (Minutes of Understanding for The International Task Force of PEACE NETWORK) 조인 : (주) 에이스기술단-시베리아 에너지연구소

(3) 평화망 구축을 위한 국제 심포지엄 추진 :

ㅇ예정일정 : 1998년 4~ 5월

ㅇ개최예정지 : 한국(서울 또는 판문점), 러시아(연해주), 중국(연길), 북한(나진) 중 협의결정

ㅇ남북한 공학기술협력과 연계[19]

(4) 평화망 사업추진 : 타당성 검토, 기본설계, 실시설계, 건설공사 사업화

[참 고 문 헌]

[1] 해외전력통계, 한국전력공사, 1996. 12. 17

[2] World-Population, UNFPA, 1997. 5. 28

[3] 남북한 주요경제지표, 통일원, 한국은행, 통계청 1994. 12. 31 현재

[4] 북한의 전력사업 현황, 일본 해외전력조사의「해외 제국의 전력사업·제2편·1995연」, 1995. 3

[5] 山下弘二,「中國エネルギー白書」の概要 社團法人 海外電力調査會, 1996. 第38卷, 海外電力情報 1996. 5 제9권 4호

[6] Kap-Koo Yoon, Interconnection and Security Enhancement of Power Systems in North-Eastern Asia Region related to the TRADP, The 26th Korean and Japanese P.E. Symposium, November 14, 1996

[7] Chung-il Nahm, Kap-Koo Yoon, Intercon- nection and Security Enhancement of Power System in Korea/North-Eastern Asia Region, KIEE '97 Annual Summer conference

[8] Peter Manos, The Interconnection of Europe's Power Systems, Electrical World, March 1996

[9] Elektrische Wiedervereinigung Berlins, Bewag TNN4-4004, Kap-Koo Yoon, The Studies for Interconnection of the Korea / North-Eastern Asia Region Power Systems and Integration of the New Federal Laender into the Interconnected West European Power System, The 27th Korean and Japanese P.E. Symposium, Octover 27, 1997

[10] The Electric Power Supply of Berlin, Bewag, 1995

[11] 弘山 雅夫, 旧東獨, 東歐諸國の電力系統が西測系統へ連系される, 海外電力(日本), 1995年12月

[12] IEEE Power Engineering Society, East and Central European Policy on Electricity Infrastructure, Interconnections and Electricity Exchanges, 96TP 113-0

[13]Jürgen Stotz, Anbindung des Höchst-spannungsnetzes der neuen Bundesländer an den westdeutschen Verbund(The integration of the high voltage network of the New Federal Laender into the West German interconnected network), Elektrizitäts wirtschaft, 93(1994), H. 13, S. 703-750

[14] DVG, Interconnected electricity industry in Germany 1996

[15] 김인섭, 우리나라 전력계통의 장기전망 및 대책, 월간 전기저널, 1996. 12

[16] S.V. Podkovalnikov, Estimation of Eftects of "Russia-China-South Korea" Interstate Electric Tie International Symposium for Protection of Global Environment-Interconnection of Power Systems in North-Eastern Asia Regium The Korean Professional Engineers Association, 1997. 7. 18

[17] LEV S Belyaev, Gennadi F Kovalev, Ludmila M Lebedeva, Sergei V Podkovalnikov, Ties in North-Eastern Asia, Perspectives in Energy, 1994-1995, volume 3, pages 321-330

[18] 金榮昌, 環境問題를 考慮한 多目的 電源開發計劃에 관한硏究, 科學技術 院, 1993

[19] 권영한, 박종근, 정태호, 한민구, 한송엽, "남북통일 공학기술로 준비한다", 공학기술로 나라 살리자, 한국공학원 정책총서[1], The National Academy of Engineering of Korea 1997. 9. 30