

## 동북아 연합급전소 구상

윤갑구

에이스기술단, 한국전력기술인협회

### Integrated Control Center on the drawing board for the Northeast Asia Region Interconnected Power System

YOON Kap Koo

ACE Engineering, Inc., Korea Electric Engineers Association

**Abstract** - This paper introduces the latest discussions on the Integrated Dispatch Center (IDC, or Integrated Control Center: ICC) for the Northeast Asia Region Interconnected Power System (NEAR-IPS).

The IDC is for the safety and economical operation of the NEAR-IPS. The status and plans of the EPSs and the control systems (or dispatch centers) to be interconnected shall be reviewed and the consideration on the IDC to be built in the future shall be discussed.

#### 1. 서 론

연합급전소(IDC 일명 통합제어소: ICC)는 NEAR-IPS 을 안전하고 경제적으로 운영하는 것이다

동북아연계전력계통(NEAR-IPS)은 기술적으로 가능하고 에너지안보와 지속가능한 발전에 기여한다.

미래에 설립될 IDC의 운영주체 간에 원활한 협력을 위해, 전력계통(EPSs)의 구조와, 급전소의 위치, 조직, 제어계통구조, 시설, 기능의 현상과 미래 계획을 조사하고 장차 설립할 IDC의 설계고려사항을 검토한다.<sup>1)</sup>

#### 2. 동북아전력계통 연계대안

전기 전문가들이 북한, 한국, 극동러시아간 전력계통 연계를 제안하고 있다. 장기적 관점에서의 초점은 중국 국가망의 범국가적 연계(SGCC-IPS)이며, 시베리아 연계 전력계통(S-IPS), 한반도 연계전력계통(K-IPS), 몽골전력망(M-PG)을 통한 국경을 넘는 EPSs 및 일본 연계전력망(J-IPS)이다.

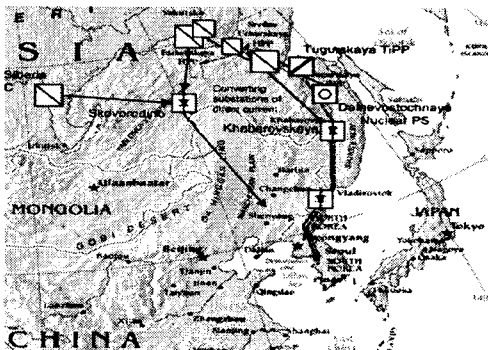


그림 2.1 장래 러시아 전력소와 동북아전력계통연계 고압 송전선로 루트

Fig. 2.1 Future Russian power stations and HVDC routes in NEAREST framework

#### 2.1 남한-북한 200백만kW 전력공급 제안

한국정부는 북한이 6차회담에서 핵 포기에 합의할 시 북한으로 200백만 kW의 전력을 직접송전해줄겠다는 중대제안을 했다.<sup>2)</sup>

#### 2.2 러시아-한반도 500kV 송전선로 건설 제안

러시아 통합에너지공사(RAO UES)의 극동에너지공사(VOSTOKENERGO)는 블라디보스톡에서 크라스키노를 경유해서 북한청진까지 50만kW를 공급할 송전선로 건설을 제안 했다.<sup>3)</sup> 장차는 그림 2.1과 같이 남한까지의 500kV 직류송전선(HVDC) 건설에 관련한 장래 러시아 전력소와 동북아전력계통연계 고압송전선로 루트를 제안 하고 있다.<sup>4)</sup>

#### 2.3 동북아연계전력계통 구상

NEAR-IPS 구상은 1996년 필자가 제안한 평화망(PEACE Network)<sup>5)</sup>과 1997년 아라까와 후미오가 제안한 실크로드모델(SRM: Silk Road Model)<sup>8)</sup> 및 2001년부터 한국전기연구원 주관으로 연구하고 있는 동북아 전력계통 연계(NEAREST: Northeast Asia Region Electrical System Ties)로 부르는 대안들이 있다. 여기서 평화망은 전력 경제와 청정 환경 / 경제 번영과 생태계 보전(Power Economy And Clean Environment/ Prosperity of Economy And Conservation of Ecosystem)의 첫 글자를 인용하여 그 의미를 부각시키고 있다.

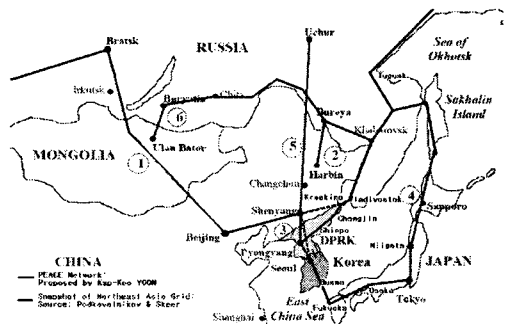


그림 2.2 동북아연계전력계통 구상  
Fig. 2.2 Scheme of possible NEAR-IPS

#### 3. 동북아연계전력계통 효과

##### 3.1 에너지/전력 투자비 예상

동북아 에너지투자비는 세계 에너지투자비 16조(trillion)달러의 26%(\$4.3 trillion), 전력투자비는 에너지 투자비의 72%인 3.1조 달러, 그중 중국 1조 9,130억 달러, OECD 태평양(한국과 일본 포함) 8,090억 달러, 러시아 3,770억 달러로 예상된다.<sup>9)</sup>

### 3.2 동북아 전력계통 연계이득 시산예

#### 3.2.1 러시아극동-북한-남한 전력계통 연계이득<sup>10)</sup>

##### 1-1) 연계 대안

하바롭스크 변환소 ↔(500kV, 700km, 2GW)↔

RFE 변환소 ↔(±500, 900km, 4GW)↔

DPRK 변환소 ↔(±500, 250km, 8GW)↔

ROK 변환소

##### 1-2) 연계 용통전력량(kWh/년)

RFE ↔(88)↔DPRK ↔(160)↔ ROK

RFE ↔(4)↔DPRK ↔(67)↔ ROK

##### 1-3) 연계시 신규발전용량 증감

- RFE: 800MW 증가
- DPRK: 700MW 경감
- ROK: 790MW 경감

##### 1-4) 연계시 투자비 절감

- 연계 없을 시 투자비: 533억 달러
- 연계 시 투자비: 410억 달러
- 연계 시 투자비 절감: 123억 달러
- 연계시 절감금액: 19억 달러/년

##### 1-5) 연계설비 투자비

- 투자비: 2십억 달러
- 송전선로 건설비: 8억 달러
- 변환소 건설비: 12억 달러
- 유지보수비: 1억3천만 달러
- 송전선로 유지보수비: 3천만 달러/년
- 변환소 유지보수비: 1억2천만 달러/년

##### 1-6) 경제적 이득: 23억 달러/년

- RFE: 2억4,000만 달러/년
- DPRK: 2억7,500만 달러/년
- ROK: 17억8,500만 달러/년

### 3.2.2 러시아극동-중국북부 전력계통 연계이득

#### 1-1) 연계 대안

RFE(브레야) ↔(±400kV, 700km, 1GW,

3TWh/년) ↔ 중국북부(하얼빈)

#### 1-2) 연계 투자비: 21억 달러

- 연계설비 건설비: 3억 달러
- 발전소 건설비: 18억 달러(브레야 수력발전소)

#### 1-3) 경제적 이득: 1억2,000만 달러/년

### 3.2.3 러시아극동-일본 전력계통 연계이득

#### 1-1) 연계 대안

↔ RFE(사할린) (±600kV, 1,800km, 4GW,

23TWh/년) ↔ 일본

#### 1-2) 연계 투자비: 96억 달러

- 연계설비 건설비: 55억 달러
- 발전소 건설비: 41억 달러(사할린 가스발전소)

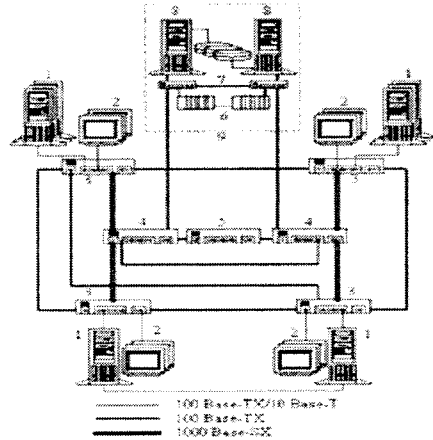
#### 1-3) 경제적 이득: 6억 달러/년

## 4. 급전소 현황

### 4.1 러시아급전소

#### 4.1.1 급전소 구조

중앙급전 시스템과 지역급전소의 운영정보를 종합하고 통합하는 소프트웨어와 하드웨어를 완성하고 있다.<sup>11)</sup>



(1), (2) tools of operative control complex; (3) switches IE 460; (4) switches NS 470; (5) switcher Cisco 6500; (6) Compact PCI controller; (7) switch RS/2; (8) servers cluster; (9) coordinative system

그림 4.1 중앙급전 시스템 구조

Fig. 4.1 Structural scheme of coordinative system

#### 4.1.2 극동전력망의 통신개요

중앙급전 시스템은 하바롭스크 시에 있고, 지방급전소는 블라고베첸스크 시와 블라디보스톡 시에 있으며, 통신구조는 그림4.2와 같다.<sup>10)</sup>

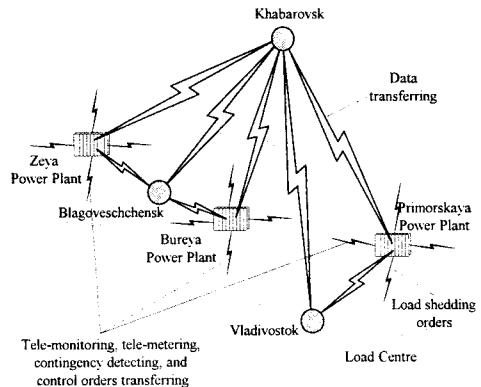


그림 4.2 극동전력망 통신 개요

Fig. 4.2 Communication concept of the Far East Power Grid

## 4.2 북한급전소

### 4.2.1 중앙급전소

DF8000 SCADA/EMS(Supervisory Control and Data Acquisition/Energy Management System) 설치하여 전력계통을 원방감시제어 한다.<sup>12)</sup>

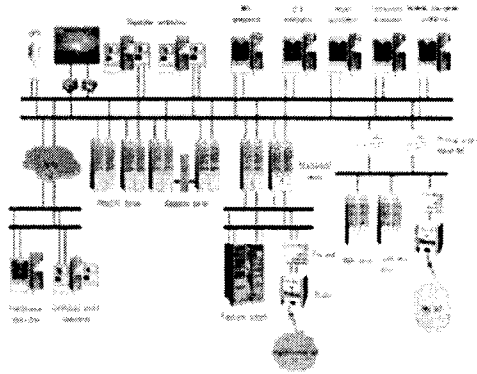


그림 4.3 DF8000 SCADA/EMS  
Fig.4.3 DF8000 SCADA/EMS

4.3 한국 전력거래소

4.3.1 중앙급전소

전력거래소의 중앙급전소에 뉴 EMS를 도입하여 다음 기능들을 수행 한다.

- SCADA
- AGC & ED(Automatic Generation Control and Economic Dispatch)
- 발전계획
- 네트워크 해석
- 기동정지 계획
- 정보저장과 재생
- 급전원 훈련 시뮬레이터

4.3.2 뉴 EMS

그림 4.4와 같이 뉴 EMS를 운용하며, 시장운영시스템(MOS: Market Operation System)을 구축하고 있다.<sup>13)</sup>

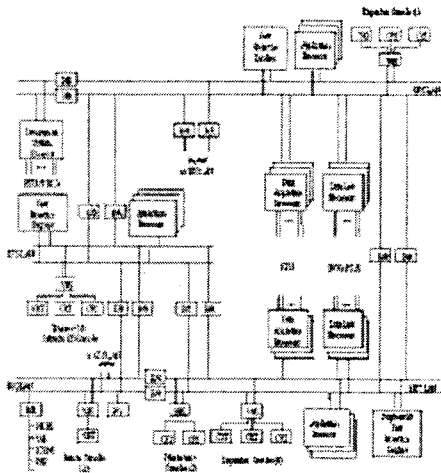


그림 4.4 NEMS 구성도  
Fig.4.4 NEMS Configuration

4.4 중국 중앙급전소

4.4.1 계층구조적 제어소

중국의 계통제어와 시장 구조는 3개의 시장 시스템을 포함하여 5단계(중앙, 지역, 성, 시, 구) 계층적 제어소로 구성되었다.

- 1) 중앙(국가): 가격과 비용에 근거한 지역계통 거래계

획

- 2) 지역: 발전과 수요를 위한 주요 시장, 단독 구매자 또는 경쟁 시장

- 3) 시: 독점적 배전 계통, 소매자와 같은 행위, 엔드유저에 대한 선택은 없음

4.4.2 동북중국 급전계통

1) 급전계통은 요녕성과 지역급전소를 포함. 요녕성에는 13개소의 지역급전소가 있으며 CC-2000 자동급전시스템을 적용, 데이터 수집 모니터링, 제어를 한다.

2) 요녕성 급전소는 안전성, 안정도, 경제성 및 시장을 위한 소프트웨어가 적용되었으며, 이는 상태추정, 전력조류계산, 정태안정분석, 제약급전, 부하예측, 발전계획, 전압안정분석, 과도안정도분석, 급전모의 시뮬레이터, 최적조류, 자동발전제어를 포함하고 있다.

4.4.2 혼합제어시스템

복잡화되고 대규모화되는 동적전력계통의 대규모정전 등에 대한 대응과 대책으로 혼합제어시스템(HCS: Hybrid Control Systems)을 구축한다.<sup>14)</sup>

- 1) HCS

- HAVC: Hybrid Automatic Voltage Control System
- HAGC: Hybrid Automatic Generator Control System

2) 급전소 슈퍼-EMS: 여자제어기, 조속기, FACTS 장치, HVDC 등을 포함하는 동적전력계통을 혼합제어방식으로 다목적제어하는 시스템을 적용한다.

4.5 일본 전력정보센터

4.4.1 중앙급전소

해의 전력조사회(JEPIC: Japan Electric Power Information Center)의 중앙급전소가 일본 동경에서 전역의 조류를 제어한다.

4.4.2 국제협력

JEPIC의 국제협력센터(ICC: International Cooperation Center)에서 해외 개발국들의 전력산업에 관한 협력 프로젝트와 엔지니어링 교류활동을 개발하고 자리 잡게 한다.

5. 연합급전소 고려사항

5.1 연합급전소 위치

5.1.1 기존 제어소의 업그레이드

- 1) 경제적 관점에 기초한 선정
- 2) 기능에 기초한 위치 선정
- 3) 근무자의 교통편이, 거리, 출입국, 생활비용, 환경

5.1.2 신규 건설

- 1) 정치적, 지리적, 경제적 입장을 고려한 제어 운영체간 합의에 기초한 위치 선정

예를 들어

- 극동러, NEC, 두만강지역개발계획(TRADP)과 관련한 북한 북부

- 한반도 비무장지대(DMZ) 내 평화공원

- 북한제안<sup>15)</sup>:

“나는 이 지역 연계 전력계통에서 직-교류 변환소를 우리측의 가장 합리적인 지점에 놓아야 한다고 생각합니다. 우리나라는 이 지역 연계 전력계통 안에서도 주파수 조절에 용이한 수력자원이 많은 나라이기 때문에 반드시 우리의 합리적인 위치에 놓는 것이 옳다고 생각하며 이 지역 연계 전력계통 운영을 위한 연합급전센터도 우리 측에 놓을 것을 주장합니다.”

5.1.3 백업 급전소 구축

- 1단계: 백업 급전소 없이, 기존 급전소에 연합급전소

의 기능을 부가한 1차 급전소를 운영한다.<sup>16) 25)</sup>

- 2단계: "자매(Sisrer)"급전소 백업 또는 "콜드(Cold)" 백업: 새로운 진보된 연합급전소를 1차급전소로 구축하고, 기존 연합급전소는 '콜드' 백업 급전소가 된다.
- 3단계: "웜" 백업 또는 "핫" 백업: 또 다른 진보된 연합급전소가 구축되고 동일한 백업 급전소가 1차 급전소로 역할 한다.

### 5.2 연합급전소 조직

- 1) 관련급전운영 주체의 조직에 따른 연합급전 구조
- 2) 정부기구에 의해 규제를 받는 민간 조직
- 3) 한국전력거래소의 조직 참고: 동북아에서 먼저 전력산업 구조조정을 시작하였고 운영경험이 있는 조직이다.

### 5.2 연합급전소 설비와 기능

#### 5.2.1 제어계통 구조

- 1) 중앙집중 구조
- 2) 분산 구조
- 3) 계층 구조
- 4) 계층적 분산 구조: 연합급전소로 권고

#### 5.2.2 에너지인프라 안보

- 1) 사이버 보안: 해킹, 바이러스와 웜(Worms: Write Once Read Many), 스니핑(Sniffing)
- 2) 접근이 용이하지 않은 급전소
- 3) 급전소의 파괴 & 복구
- 4) 망의 취약성으로부터 생존력 장애 등을 고려한다.

### 5.3 연합급전소 통신 수단

오늘날, 대부분의 이러한 네트워크는 아날로그와 디지털 마이크로웨이브 기술에 기초를 둔다, 광파이버가 전력산업에서 점점 더 이름이 알려지기 시작하고 있기는 하지만 다른 통신 수단들로 임대회선, 전력선 반송, 위성, 스프레드-스펙트럼(Spread-spectrum) 및 양방향 무선 등을 활용 한다.

## 6. 결 론

연합급전소는 NEAR-IPS을 안전하고 경제적으로 운전하기 위한 것이다.

그리한 협력을 위해 가장 관심 깊은 대상은 러시아극동과 북한, 한국, 중국동부 및 일본 전력망의 운영주체들이다.

위 관련국과 북미 및 유럽의 전력정보기술(Power-IT)과 전력계통운영 분야에서의 높은 기술력을 감안하면, 이러한 나라들을 이 프로젝트 수행의 경제적 동반자로 참여토록 하는 것이 바람직하겠다.

### [참 고 문 헌]

[1] Kap-Koo Yoon, Young-Suk Han, Andrew K. Kang, Kyung-Sik Kim, Studies on the Integrated Control Center for the Northeast Asia Region Interconnected Power System, The 4<sup>th</sup> International Conference AEC-2004, pp 84-106, September 2004

[2] 통일부, 중대제안관련 참고자료, pp 1-13, 2005년 7월

[3] 카라프코, 러시아 극동지역과 북한(DPRK)의 정진을 연결하는 국경간 500kV 송전선 건설 프로젝트, 남북러 삼각협력을 통한 동북아 평화번영, 제4회 동북아 경제포럼, pp. 55-79, 2005년 7월 18일

[4] Victor N. Minakov, Power System Interconnection in Northeast Asia-Vision of Russia, 2<sup>nd</sup> International Symposium on NEAREST, pp 259-268, October 2005

[5] 윤갑구, 두만강지역개발계획(TRADP)에 관련된 동북아시아 지역 전력계통의 연계 및 안전성 강화방안, 제26회 한일기술사 합동 SYMPOSIUM 자료, pp 123-177, 1996년 11월

[6] Kap Koo Yoon, Il Koo Kang, Roy U.T.Kim, The Implementation of the PEACE Network Project for Power Economy And Clean Environment, Perspectives for North-East Asian Energy and

Electricity Sector Integration in North-Eastern Asia Region, Energy Expert Meeting, pp 1-24, October 2001

[7] Yoon, Kap Koo, Kim Kyung Sik, Design Considerations on the Integrated Control Center for the Northeast Asia Region Interconnected Power System, The 34<sup>th</sup> Korean and Japanese P.E. Symposium, pp.102-109, November 2004

[8] ARAKAWA Fumio, Power Systems Interconnection in the Future, 2<sup>nd</sup> International Symposium on NEAREST, pp 229-241, October 2005

[9] Noé Van Hulst, Opening Address, International Symposium on NEAREST, pp. 8-11 May 2004

[10] Sergei Podkoyalnikov, "RFE-DPRK-RK" POWER GRID INTERCONNECTION, 2nd Workshop on Power Grid Interconnection in NEA, May 6-8, 2002, Shenzhen, China

[11] A.A. Grobovov, V. I. Kosterin, N. N. Lizalek, and Y.A. Vorobyov, Impact of Perspective Technologies upon Control Structure of the Russian Far East Interconnected Power System, The 3rd International Conference ECNEA-2002 Energy Cooperation in Northeast Asia, pp. 409-420, September 2002

[12] <http://www.dongfang-china.com/en/shownews.asp?id=382>

[13] New Energy Management System (NEMS) Specification, Korea Electric Power Corporation, April 1998, Seoul, Korea

[14] Qiang LU, Power Grid's Hybrid Control Systems: Super-EMS for Power System, 2<sup>nd</sup> International Symposium on NEAREST, pp.245-255, October 2005

[15] Pak Song Hi, Country Report: Electricity Sector Development Plans in the Democratic Peoples Republic of Korea and Perspectives for Cooperation with Countries, by representatives of Ministry of Electric Power of DPR Korea, North-East Asia Expert Group Meeting on Inter-Country Cooperation in Electric Power Sector Development, pp.1-6, October 2001

[16] Kap-Koo Yoon, On-line Real Time Computer Systems for Power System Control, Communications of the Korea Information Science Society, April 1977

[17] Tark Hwang, Kap-Koo Yoon, Process Control Computer and Data Acquisition Communications Systems for Power System Control, Power System Engineering Society of the Korean Institute of Electrical Engineers, July 1978

[18] Kap-Koo Yoon, Young-Suk Han, Design of Water Resources and Energy Management Systems (WEMS), ACE Engineering, Inc., and Korea Water Resources Corporation, July 1991

[19] Kap-Koo Yoon, Young-Suk Han, Detailed Design of SCADA/ KTX system of Electric power system for Korea Train Express (KTX), September 1996

[20] Kap-Koo Yoon, Young-Suk Han, Detailed Design of SCADA/ KNR System of Electric Power System For Establishing Integrated Control Center, ACE Engineering, Inc., and Korean Rail Road, December 2001

[21] Kap-Koo Yoon, Young-Suk Han, Detailed Design & Consultants of SCADA/ LNG System of Gas Pipe Line, ACE Engineering, Inc., and Korea Gas Corporation, June 2002

[22] Alstom, "Impediments to Achieving Survivable Systems", Threats to Survivability of the Power Grid, ISW-2001/2002, March 2002

[23] Anjan Bose, Power Systems Engineering Research Center, PSERC Background Paper, Monitoring and Control of Power Grids: Looking Beyond Reliability Standards, College of Engineering and Architecture, 2003 Washington State University, Pullman, Washington, U.S.A.

[24] National Security Telecommunications Advisory Committee Information Assurance Task Force Electric Power Risk Assessment, <http://www.aci.net/kalliste/electric.htm>

[25] Boris DYNKIN, Comments on the Regional Railroad Network and Power Grid Interconnection, ar Eastern State Transport University, June 2002