

# 동북아시아의 국가간 전력계통연계 현황과 전망



박 동 옥  
한국전기연구원/선임연구부장

## 1. 서론

최근 국내에서 동북아시아에서의 에너지협력에 대한 관심이 매우 높아지고 있다. 물론 석유, 가스, 석탄 등 1차 에너지원에 초점이 맞추어지고 있지만 전력에 대한 관심도 높은 편이다. 1차 에너지원의 97%를 수입에 의존하고 있고, 1차 에너지의 약 40%가 전력생산에 사용되고 있는 에너지소비구조를 고려할 때 이러한 상황은 당연한 것으로 판단된다.

더욱이 선진화될수록 최종소비단계에서 전기에너지의 비중이 증가, 다시 말하면 전력생산에 소비되는 1차 에너지의 비중이 증가할 수밖에 없는 것으로 판단되고 있는 점을 고려할 때 전력분야에서의 협력이 중요할 수밖에 없다.

이것은 동북아시아에 국한된 특수한 상황이 아니며 범세계적으로 나타나고 있는데, 세계도처에

서 지역내 전력협력방안의 유력한 수단으로써 국가간 전력계통연계가 활발하게 추진되고 있다.

예를 들면, 유럽, 북미, 동남아시아, 남미 및 아프리카 등에서 인접국가간에 전력을 융통하기 위한 전력계통연계망을 구성하고 있다. 특히 유럽에서는 UCTE, NORDEL, CENTREL, IPS/UPS 등과 같은 지역연계망을 구성 및 운영함은 물론, 이 지역연계망들을 다시 연결하여 유럽내의 모든 계통들이 연결되는 거대한 계통을 구성하고 있으며, 동남아시아지역에서는 지역내의 모든 국가들이 참여하는 ASEAN GRID 사업을 추진하고 있다.

이와 같이 인접국가간에 전력계통을 연결하여 전력을 융통하는 사업을 적극적으로 추진하는 이유는 상호보완적, 상호호혜적 협력이 가능하기 때문이다. 궁극적으로 인접국가와 협력하지 않고 독자적으로 전력을 공급하는 것보다 저렴한 비용으로 전력을 공급하거나 동일한 투자로 전력공급의 신뢰도를 높일 수 있다는 것이다.

좀더 구체적으로 언급하면, 전원개발투자비 절감, 운전비용 절감, 인접국가에서 저렴한 비용으로 해외전원 개발, 지구온난화 가스 저감, 발전소 이용률 제고 등을 열거할 수 있다.

이와 같은 기대효과와 세계적인 추세에도 불구하고 동북아시아의 국가들은 실질적으로 서로 독립된 계통을 운영을 하고 있다. 예외적으로 러시아와 몽고, 러시아와 중국의 동북부지역간에 계통이 연계되어 있지만 전력용량은 아주 미미한 수

“ 국가간 전력계통연계란 인접국가간에 전력을 유통하기 위하여 전력계통을 서로 연결하는 것으로 전기를 상품으로써 수출입 할 수 있는 운송수단을 구축하는 것을 의미한다. 1900년대초 미국과 캐나다의 국경지역에 위치하고 있는 나이아가라 폭포에서 수력자원을 공동으로 개발한 것이 최초이며 그 이후 세계 각지역에서 활발하게 진행되고 있다.”

준일 뿐이다.

여기에는 여러 가지 이유가 있겠지만, 90년대 초반까지의 냉전시기, 남북한 관계 등 지역내 정치 및 군사적 갈등과 각국의 서로 다른 전력산업 현황이 장애요인이 되었을 것으로 판단된다.

그러나 (구)공산권의 붕괴와 개방, 남북관계의 개선 등 전력협력에 필요한 분위기가 조성되어 가고 있으며, 세계적으로 에너지에 대한 관심이 높아지고 있는 가운데 국내에서도 동북아시아지역에서의 전력을 포함한 에너지협력에 대한 관심이 고조되고 있는 상태이다.

그렇지만 전력협력은 국가의 기간산업, 산업동력원이라는 전력사업의 특성과 특수한 남북관계 때문에 기술 및 경제외적인 요인의 영향을 받을 수밖에 없는 상황이다. 여기에서는 정치, 군사적 측면 등은 배제하고, 기술 및 경제적 측면에서 동북아시아, 특히 남한-북한-러시아간 계통연계에 대해서 기술하고자 한다.

## 2. 국가간 전력계통연계

국가간 전력계통연계란 인접국가간에 전력을 유통하기 위하여 전력계통을 서로 연결하는 것을 의미하는데, 이것은 전기를 상품으로써 수출입할 수 있는 운송수단(송전망 연결)을 구축하는 것을 의미한다. 역사적으로 국가간의 전력계통연계는 1900년대 초 미국과 캐나다의 국경지역에 위치하고 있는 나이아가라 폭포에서 수력자

원을 공동으로 개발한 것이 최초이며, 그 이후 세계 각 지역에서 국가간 협력이 활발하게 진행되고 있다.

이와 같이 국가간 계통연계에 의하여 전력을 유통하는 협력방안을 적극적으로 도입하는 것은 상호보완적 그리고 상호호혜적 이익이 있기 때문인데, 좀더 상세하게 기술하면 아래와 같다.

첫째, 전력공급비용을 줄일 수 있다. 자국내에서 전원을 개발하고 가동하여 전력을 공급하는 것보다 인접국가에서 저렴한 가격으로 전력을 도입하는 경우에 전력공급비용을 줄일 수 있고, 공급하는 측은 설비이용률을 제고시킴으로써 이득을 취할 수 있다.

둘째, 설비예비력을 줄일 수 있다. 전력계통에서는 예상하지 못한 설비고장 또는 부하 증가를 고려하여, 예측되는 최대부하보다 많은 설비를 건설하게 되며 이것을 설비예비력이라고 한다. 그런데 계통이 연계되면, 사고시에 인접국가로부터 전력을 공급 받을 수 있기 때문에 설비예비력을 줄일 수 있게 된다.

셋째, 운전예비력을 줄일 수 있다. 전력계통을 운전하고 있는 도중에 예상하지 못한 설비고장 또는 부하 증가를 고려하여 수초~수십분 내에 추가로 전력을 생산할 수 있는 발전설비를 공회전 또는 기동준비 상태로 유지하게 되며, 이것을 운전예비력이라 하는데 추가경비가 발생하는 요인이다. 그런데 비상시에 인접국으로부터 전력자원을 받을 수 있기 때문에 운전예비력을 확보하는데 필

요한 추가비용을 줄일 수 있다.

넷째, 국가간 최대부하가 나타나는 시점이 서로 다른 점을 이용하여, 상대방의 최대부하 시점에 필요한 추가 전력을 공급해 주고, 자기측 최대부하 시점에 상대방으로부터 전력을 상환받는 방법으로 운전비용을 줄일 수 있다.

다섯째, 전력공급의 신뢰도를 높일 수 있다. 단기 또는 장기적으로 전력공급에 어려움이 있을 때 인접국으로부터 전력을 지원 받을 수 있기 때문에 신뢰도는 높아진다.

여섯째, 수력자원을 포함한 환경친화적인 에너지원에 의한 전력을 최대한 효율적으로 사용할 수 있기 때문에 전체적으로 환경오염을 감소시킬 수 있다.

위에서 기술한 기대이익의 정량적 효과는 전력용통의 양, 전력용통의 형태, 연계된 계통의 특성과 규모 등에 따라서 달라지기 때문에 세밀한 분석이 필요하다. 그리고 지금까지 기술한 기대이익 외에도, 지역의 특성에 따라서 지역내의 긴장완화 또는 갈등해소와 해외전원개발 투자 확대 등 부대적인 효과를 기대할 수도 있다.

여기서 강조하고 싶은 사항은 계통연계에 의한 전력용통이 다른 상품과 달리, 경쟁이 아닌 상호보완적 협력, 상호호혜적 이득을 취할 수 있는 협력이라는 특성을 가지고 있다는 것이며 유럽, 북미, 동남아시아 등에서 추진하고 있는 사업에서 입증되고 있다는 점이다.

### 3. 남한/북한/러시아의 전력산업 현황과 전망

앞에서 계통연계의 기대효과에 대해서 기술하였는데 동북아시아 지역에서의 필요성 또는 기대효과를 정성적으로나마 검토하기 위해서는 각국의 전력산업 현황과 전망에 대해서 살펴 볼 필요

가 있다.

그런데 일본과 중국은 자국의 전력산업 현황 및 기타 다른 이유 때문에 전력계통연계에 대하여 소극적인 입장을 취하고 있다. 그리고 몽고는 이 사업에 대하여 매우 적극적인 자세를 취하고 있지만, 설비규모가 원자력발전소 1기의 용량에 해당하는 1,000MW 정도로 매우 작고, 중국을 경유하지 않고 남한과 연결될 수 없기 때문에 남한의 입장에서 큰 의미가 없다.

그러나 장기적으로는 중국과 일본도 관심을 가질 것으로 기대하고, 몽고도 지리적으로 동시베리아지역과 중국의 사이에 위치하고 있기 때문에 중요한 의미를 가지게 될 것이다.

이러한 점들을 고려하여 여기에서는 현재 동북아 국가간계통연계에 대하여 상대적으로 적극적인 남한, 북한, 러시아(동시베리아 및 극동러시아 지역)의 전력산업 현황과 전망에 대해서 살펴보고자 한다.

먼저 남한의 전력산업 현황과 전망에 대해서 제1차 전력수급기본계획을 토대로 요약하면 <표 1>과 같다. 현재 제2차 전력수급기본계획을 수립하는 중이고, 발전부문을 한전에서 분리하고 6개의 발전회사로 분할하여 발전회사간의 경쟁을 도입한 상태에서 전력수급기본계획의 수치는 “실행보다는 적정 규모”라는 의미만을 가지고 있지만 남한의 전력산업을 전망하는 기초 자료로서의 충분한 의미를 가지고 있다.

따라서 <표 1>에 나타난 지표, 그리고 여기에 나타나 있지 않지만 잘 알려져 있는 남한 전력산업의 특징을 요약하면 아래와 같다.

- (i) 전체 설비용량은 56GW이며, 원자력과 석탄이 각각 약 28%, LNG가 약 26%를 점유하고 있는데, 이러한 전원구성이 유지되는 가운데 LNG의 비중이 높아질 것으로 예상된다

- (ii) 설비예비율은 15-17%를 목표로 하고 있는데, 설비용량으로 환산하면 현재 약 9GW에서 2010년에는 17.8GW의 설비예비력이 필요하다는 것을 의미한다
- (iii) 부하는 수도권지역에 부하는 밀집되어 있으나 인근에 전원입지를 확보할 수 없는 상태이다. 따라서 충청, 호남지역에 위치한 발전소로부터 수도권 부하를 공급하기 위하여 대용량의 송전선(765kV 선로포함)을 건설해야 하며, 수도권 계통을 안정적으로 유지하는데 어려움을 겪고 있다
- (iv) 증가하는 전력수요를 공급하기 위한 신규발전소의 입지 확보에 어려움이 예상된다

다음으로 러시아 에너지연구소(Energy Systems Institute)와 러시아의 전력회사주회사인 RAO-UES의 극동지역지사인 VOSTOKENERGO가 제시한 전력산업의 현황과 전망은 <표 2-3>과 같다. 먼저 극동러시아지역의 전력산업은 <표 2>에 나타나 있는데, 중요한 사항을 요약하면 아래와 같다.

- (i) 현재 전체설비용량은 약 8GW 정도로 남한 설비용량의 약 15% 수준이다. 현재 화력

이 주종을 이루고 있지만 수력전원을 개발할 계획을 가지고 있다. (참고로 13GW의 잠재수력전원을 가지고 있으며, 러시아는 지역난방을 위하여 열병합화력을 주종으로 하고 있음)

- (ii) 중국(동북지역)으로 전력을 수출하고 있는데 약 350MW 까지 수출을 증대시킬 계획이다. (최근 중국의 전력공사(State Power Co.)자료에 따르면 동북전력은 극동러시아로부터 향후 10년간 0.018\$/kWh의 가격으로 154억kWh를 수입하기로 계약을 체결한 것으로 밝히고 있는데, 이 전력량은 약 175MW의 전력을 지속적으로 도입하는 것과 등가적인 값인, 그런데 이 자료에서는 중국이 러시아로부터 전력을 수입하는 것은 처음이라고 밝히고 있어 ESI의 자료와 차이가 있으므로 추후 확인이 필요함)
- (iii) 그리고 2010년에는 북한으로 500MW의 전력을 수출할 것으로 예측을 하고 있다. (현재 VOSTOKENERGO는 북한에 500MW의 전력을 공급한다는 양해각서를 체결한 상태이지만, 블라디보스톡-청진간 송전선로건설에 필요한 자원 확보에 어

<표 1> 남한의 전력산업 현황과 전망

구분 / 년도		2003	2005	2010	2015	2017
전원설비 [GW]	수력/기타	5.3	6.0	9.4	9.7	9.7
	석탄	15.9	18.0	24.3	22.2	22.2
	LNG	14.5	16.3	19.5	19.6	19.6
	석유	4.6	4.7	4.9	2.3	3.3
	원자력	15.7	17.7	20.7	27.3	27.3
	계	56.0	62.7	78.8	81.1	82.1
최대부하[GW]		47.4	53.0	61.0	67.4	69.7
예비율[%]		18.4	15-17			

<표 2> 극동러시아의 전력산업

구분 / 년도		2001	2005	2010	2015	2020
전원설비 [GW]	수력	1.3	2.2	4.0	5.3	5.3
	화력	5.8	6.0	6.2	6.8	7.0
	원자력	-	-	-	0.6	1.3
	계	7.1	8.2	10.2	12.7	13.6
최대부하 [GW]	지역내	4.7	5.8	6.7	8.0	8.9
	수출	0.04	0.35	0.85	0.85	0.85
	계	4.74	6.15	7.55	8.85	9.75
예비율[%]		48.9	34.0	34.0	44.0	40.0

\* 개발가능 수력 : 13GW

려움이 있어 진척이 없는 상태임)

(iv) 예비율은 일반적인 수준 10-20%를 초과하여 약 40%수준이며 이 수준을 유지할 것으로 예측하고 있다. (이것은 동북아, 특히 남한과의 계통연계에 의한 전력공급을 고려한 예측으로 판단됨)

다음은 동시베리아의 전력산업 현황과 전망에 대해서 살펴보고자 하는데, 동시베리아는 지리적으로 극동러시아로부터 수천 km 떨어진 지점에 있어 남한-북한-러시아의 계통연계 관점에서는 큰 매력을 가지고 있지 않다.

물론 동시베리아 지역이 풍부한 수력전원을 확보하고 있지만, 극동러시아지역으로 전력을 수송할 동시베리아-극동러시아간 송전망이 거의 전무한 상태(중간지점에 전력수요가 거의 없음)이기 때문이다.

그러나 ESI가 제안하고 있는 동시베리아-극동러시아간 대용량송전선로가 실현되거나, 중국이 계통연계사업에 참여하는 경우에 값싼 환경친화적 전력을 공급할 수 있는 공급지로서 중요한 역할을 담당하게 된다.

현재도 동시베리아는 몽고에 약 120MW의 전력을 공급하고 있고, 몇 년전 중국이 동시베리아로부터 전력을 도입하는 방안을 추진하였으나, 당시 중국의 전력수요신장률이 예측치보다 둔화되었고 가격 차이를 좁히지 못하여 협상을 중단한 것으로 알려져 있다.

그러나 최근 중국은 급속한 경제성장과 전력부족, 동북부지역의 석탄발전에 의한 환경오염 등과 같은 문제를 가지고 있기 때문에 중국이 동시베리아 전력을 도입할 가능성을 배제할 수 없다.

만약, 중국이 동시베리아에서 전력을 도입하게 되면 동시베리아-몽고-중국의 계통연계가 이루어지는 상태가 되는데, 중국 동북부지역-북한-남한의 계통이 연결되면, 일본을 제외한 동북아 국가간 전력망이 연결되며 남한 입장에서 동시베리아 지역에 대한 접근이 가능하여 진다.

이것은 남한이 동시베리아에서 생산된 전력을 구입하여 사용할 수 있게 됨을 의미한다. (이것은 기술적으로 동시베리아-남한간에 직접 전력을 수송한다는 것과 의미가 다름) 이러한 점들을 고려하여 <표 3>에 나타난 지표를 토대로 동시베리아의 전력산업에 대한 중요사항을 요약하면 아래

<표 3> 동시베리아지역의 전력산업

구분 / 년도		2001	2005	2010	2015	2020
전원설비 [GW]	수력	21.8	22.2	23.5	23.5	25.3
	화력	12.1	13.1	17.0	19.3	23.7
	계	33.9	35.3	40.0	42.8	49.0
최대부하 [GW]	지역내	18.2	19.0	22.0	24.5	28.0
	수출	1.1	3.2	7.0	8.5	10.0
	계	19.3	22.2	29.0	33.0	38.0
예비율[%]		76.4	59.0	40.0	30.0	29.0

\* 몽고(0.12GW)

와 같다.

- (i) 발전설비용량은 약 35GW로 남한설비의 약 60% 수준이다.
- (ii) 수력발전소 용량이 전체 용량의 약 60% 수준이지만, 향후에는 화력전원개발에 역점을 둘 계획이다.
- (iii) 서시베리아지역과 몽고에 1.1GW의 전력을 공급(수출)하고 있는데, 그 중 0.12GW가 몽고에 공급되고 있다.
- (iv) 현재 약 60% 설비예비율을 확보하고 있으며, 역외로의 공급과 자체 수요신장으로 예비율은 낮아질 전망이다.

마지막으로 북한의 전력산업에 대해서 살펴볼 것지만, 현재 북한의 전력산업을 파악할 수 있는 자료는 확보하고 있지 못한 상태이다. 따라서 관련 연구결과 및 북한 인사들이 각종 회의에서 언급한 내용을 중심으로 유추해 볼 수밖에 없는 상황이다. 물론 언론에 발표되었기 때문에 잘 알려진 사항들이지만 중요한 것들을 요약해 보면 아래와 같다.

- (i) 전체 설비용량은 7-10GW가 될 것으로 분석하고 있으나 문헌 또는 분석가에 따라 다

르고, 실제로 사용이 가능한 가용설비용량은 2-3GW 수준일 것으로 추정한다. (단, 북한이 지역에 대한 전력공급을 목적으로 개발에 주력하고 있으며 용량이 매우 작은 중소수력의 규모를 파악할 수 없는 상태임)

- (ii) 북한은 주요지역에 대한 전력공급을 위하여 계통을 여러 개로 분리하여 운전하고 있는 상태이다.
- (iii) 그리고 최근 북한의 전력수급이 몇 년 전보다 상당히 호전되었다고는 하지만, 북한이 남측에 요청한 전력지원(당장 0.5GW, 장기적으로 2.0GW)과 북측이 러시아에 요청한 전력공급(0.5GW)을 고려할 때 0.5-2.0GW 정도의 전력공급부족이 지속되고 있을 것으로 추정한다.
- (iv) 북측은 잠재수력이 10GW가 된다고 주장하고 있다. 이것은 현재 개발된 수력전원 약 4GW외에 추가로 개발할 수 있는 6GW 정도의 잠재수력을 가지고 있다는 의미인데, 입지와 개발가능 용량에 대한 자료를 공개하지 않고 있어 판단을 할 수 없다.

지금까지 남한, 러시아의 동시베리아 및 극동러시아, 그리고 북한의 전력산업 현황과 전망에 대해서 기술하였는데, 러시아의 풍부한 수력전원, 북한의 전력부족과 잠재수력(확인이 필요함), 남한의 원자력 및 화력에 대한 높은 의존도 및 전원 입지난(특히 수도권), 그리고 여기에서 기술하지는 않았지만 러시아와 한반도의 부하변동특성의 차이 등이 동북아 전력계통연계 관점에서 상호보완적, 상호호혜적 협력을 추구할 수 있는 단서가 되는 것이다.

물론 기본적으로 러시아는 전력공급원, 한반도는 전력수요지의 특성을 나타내고 있지만, 시간대별 및 계절적 부하특성 등에 따라서는 남한이 러시아에 전력을 공급할 수도 있다. 마지막으로 동시베리아의 풍부한 수력전원, 중국의 전력부족과 환경 문제 등 또한 러시아-몽고-중국의 계통연계 필요성과 가능성을 시사하고 있음도 고려하여야 할 것이다.

#### 4. 남한-북한-러시아 계통연계의 기본방안

러시아, 북한, 남한의 계통을 연결하기 위해서는 크게 세 가지를 고려하여야 한다. 첫째는 계통 주파수가 다르다는 것이다. 러시아의 계통주파수는 50Hz인 반면에, 남북한의 계통주파수는 60Hz라는 점이다. 따라서 러시아와 계통을 연결하기 위해서는 주파수를 변환할 수 있는 직교류변환소(High Voltage DC Converter Station)를 설치하여야 한다.

둘째는 러시아의 블라디보스톡으로부터 서울까지의 거리가 약 1,260km라는 점이다. 이것은 블라디보스톡-서울간 전력의 수송수단(송전선)으로 교류 또는 직류중에 어느쪽이 경제적인가를 분

석해야 한다는 점이다.(이 정도 거리에서는 직류가 경제적이지만 자세한 설명은 생략함)

셋째는 블라디보스톡-서울간 전력의 수송수단으로 북한의 기존 송전망(보강 또는 보수 포함) 또는 전용 송전선 건설 중에 택일해야 한다는 것이다. 이와 같은 세 가지 점을 고려하면 대표적으로 다음과 같이 두 가지 계통연계방안을 고려할 수 있다.

- (i) Back-To-Back 직교류변환소(한 변환소에서 교류→직류→교류로 변환하는 것으로 이하 "BTB변환소") 설치 및 북한의 송전망 활용 : 이 방안은 러시아와 북한의 국경지역에 주파수를 일치시키기 위한 BTB 변환소를 설치하고, 전력수송 수단으로 북한의 송전망을 활용하는 것이다.(그림 1 참조) 이때 계통주파수가 같은 남북한간의 계통연계 수단으로 BTB변환소(그림 1.1 참조), 또는 고압교류송전선로(HVAC선로) (그림 1.2 참조)를 고려할 수 있다. 이 방안은 북한의 송전망이 신뢰도와 용량측면에서 적정전력을 수송할 수 있는 능력이 있을 때 가능한 수단이며, 전력유통량은 북한 송전망의 상태에 따라서 제약을 받게된다



그림 1.1. 남한-북한 및 북한-러시아간 BTB형 HVDC 연계



그림 1.2. 남한-북한간 HVAC, 북한-러시아간 BTB형 HVDC 연계

<그림 1> 북한 송전망을 이용하는 계통연계

(ii) 직교류변환소 설치 및 전용 송전선 건설 : 이것은 러시아와 남한 지역에 각각 직교류 변환소를 설치하고, 전력수송수단으로 고압직류송전선(HVDC선로)을 추가로 건설하는 것이다. 여기서 고려해야 할 사항은 러시아-남한간 연계계통에 북한이 어떠한 방법으로 참여할 것인가 하는 문제이다. 북한의 참여 방식에 따라서, 북한이 전용송전선로의 경과지만을 제공하는 경우 (그림 2.1 참조), 남한과 계통주파수가 같은 북한은 남한계통과 HVAC선로로 연결하는 경우 (그림 2.2 참조), 북한 지역내에 별도의 변환소를 설치하는 경우 (그림 2.3 참조), 그리고 북한 지역내에 변환소를 설치하고 이 변환소와 남한계통을 HVAC선로로 연결하는 경우 (그림 2.4 참조) 등을 고려할 수 있다.



그림 2.1. 남한-러시아간 계통연계(북한은 경과지)

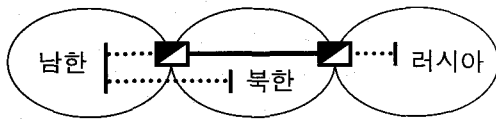


그림 2.2. 남한-러시아간 HVDC 연계, 남한-북한간 HVAC 연계

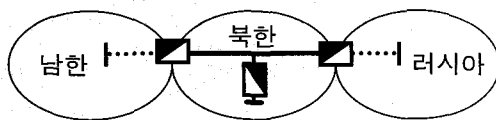


그림 2.3. 남한-북한-러시아간 단단자 HVDC 연계

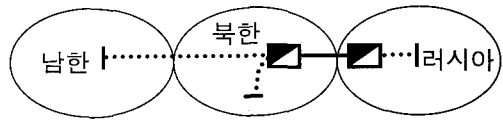


그림 2.4. 북한-러시아간 HVDC 연계, 남한-북한간 HVAC 연계

- : 직교류변환소
- : HVDC 선로
- .... : HVAC 선로

<그림 2> 전용선로를 이용한 계통연계

물론 (그림 1과 2)에 도시된 것 외에 다른 방안도 고려할 수 있다. 그리고 현재 중단상태에 있는 KEDO사업(신포원전)의 속개여부, 북한의 전원과 부하 분포, 남북한간 전력협력 여부와 수준 등 세부적인 사항에 따라서 서로 다른 여러 가지 방안이 있을 수 있지만, 구체적인 설명은 생략하기로 한다.

일반적으로 인접국가간에 계통연계를 실시하는 경우에 일반적으로 국경지역에 인접한 변전소간을 송전선으로 연결(HVAC 또는 HVDC선로)하는 방안 (그림 1)을 택하고 있는데 이것을 Border-To-Border Interconnection(이하 “국경지역연계”) 이라고 부르고 있다. 또한, 대용량 전력의 장거리 전력수송(공급지점과 수요지점이 장거리인 경우), 해저케이블에 의한 전력수송, 또는 계통운전 특성 등을 고려하는 경우에 HVDC 전용선로를 건설하고 있다.

그런데 남한-북한-러시아의 경우에 앞에서 기술한 바와 같이 기본적으로 러시아는 공급원, 남한은 수요지의 특성을 가지고 있다. 곧, 기본적으로 러시아로부터 남한으로 전력이 공급되는 형태인데, (그림 1)에 도시한 국경지역연계를 채택하는 경우에 북한의 송전망이 러시아-남한간 전력을



수송할 수 있는 능력과 신뢰도를 가지고 있는가를 상세하게 검토해야 한다.

참고로 (그림 1)에 대해서 좀더 상세하게 설명하면 기술적으로 러시아에서 생산된 전력이 남한으로 직접 수송되는 것이 아니고 북한지역내의 전력흐름이 달라지는 것을 의미한다. 곧, 러시아로부터 전력이 유입되면, 당초 북한내 북부지역 부하를 공급하던 전력이 중부 및 남부지역으로 유입되면서 일부전력이 남한으로 유입되는 형태이다.

이러한 전력흐름의 변화를 북한의 계통이 안정적으로 수용할 수 있는가의 문제이다. 이것을 세부적으로 검토하기 위해서는 북한의 전력계통에 대한 각종 자료가 필요한데 아직은 충분한 자료가 없는 상태이다. 그러나 이미 잘 알려진 바와 같이 북한의 전력계통은 매우 취약한 상태이며, 남한-러시아간의 전력용통을 지원할 수 없을 것으로 판단된다.

이러한 측면에서 본다면, 초기에는(북한의 송전망이 튼튼해질 때까지) 국경간계통연계에 의하여 소규모로 전력을 용통하고 점진적으로 전력용통을 늘려가는 방법과 계통연계 초기에 적정규모의 전력용통을 할 수 있는 전용송전선로를 건설하는 방법을 검토할 수 있다. 여기에서는 북한의 자료 부족으로 전자에 대해서 검토할 수 없기 때문에 후자에 대해서 기술하고자 한다.

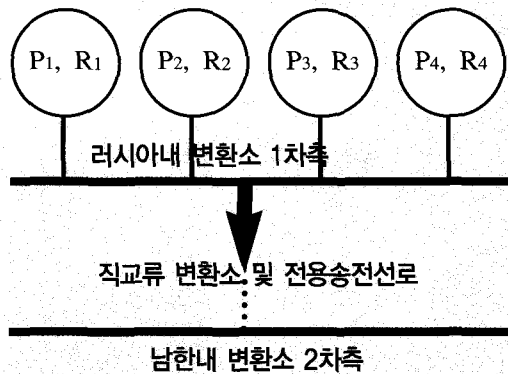
## 5. 남한측면에서 고려할 사항

앞에서 기술한 바와 같이 기본적으로 러시아는 공급원, 남한은 수요지로서 보는 것이 타당하다. 곧, 러시아측이 남한에 전력을 공급한다는 것인데 이 경우에 기술적, 경제적으로 검토해야 하는 몇 가지 사항이 있다.

첫째, 러시아의 계통연계지점(남한계통과 연결된 변전소)에서 러시아가 공급할 수 있는 전력과 그 신뢰도의 수준이다. 이것은 러시아가 확보할 수 있는 잉여전력의 크기, 러시아 내부에서 계통연계지점까지 잉여전력(남한으로 공급하는 전력)을 수송할 수 있는 능력(신뢰도 포함)을 의미한다.

기술적으로 살펴보면 러시아로부터 남측에 공급하는 전력을 러시아내의 계통연계지점에 연결된 가상의 전원으로 나타내면 (그림 3)과 같다. 예를 들면 (그림 3)에서 러시아가 공급할 수 있는 최대 공급 전력을  $P_{max}=4GW$ ,  $P_1=P_2=P_3=P_4=1GW$ ,  $R_1=R_2=R_3=R_4=0.9$  라고 가정한다면, 4GW를 성공적으로 공급할 수 있는 확률은  $0.6561(=0.9^4)$ , 1GW 이상을 성공적으로 공급할 수 있는 확률은  $0.9999(=1.0-0.1^4)$  라는 의미를 가지고 있다.

여기서 잉여전력의 크기가 문제가 되는 것은 러시아-남한간 연계선로의 투자비 대비 경제성을 가지기 위해서는 용통전력의 규모가 경제성을 확



$P_i$  :  $i$  번째 가상전원의 용량  
 $R_i$  :  $i$  번째 가상전원의 신뢰도

<그림 3> 전력공급 모형

보할 수 있는 최소치 이상이 되어야 하기 때문이다. 또한 신뢰도가 중요한 이유는 신뢰도가 낮으면 전원개발투자비 및 운전비용을 절감할 수 있는 경제적 이득 효과가 감소하거나 그 효과를 기대할 수 없기 때문이다.

둘째, 전용연계선로와 직교류변환설비의 건설비, 유지비 및 신뢰도이다. 남한측 변전소에서 보면 유입되는 전력은 러시아의 잉여전력과 연계선로(변환소 포함)용량 중에서 작은 값, 신뢰도는 가상전원의 등가신뢰도와 연계선로(변환소 포함)의 신뢰도를 곱한 값이 된다.

이렇게 구한 값들이 남한내부 계통연계지점(그림 3)의 남한내 변환소 2차측에서의 등가용량과 등가신뢰도를 의미하며, 남한의 전원개발계획 수립 및 경제성 검토의 기초 자료로 활용된다. 그리고 선로와 변환설비의 건설비 및 유지비, 공급지점(러시아내 계통연계지점)에서의 전력공급가격 등은 경제적 관점에서 최소용통전력(손익분기점이 되는 용통전력) 및 경제성 평가의 핵심 요소이다.

셋째, 남한의 입장에서 러시아로부터 전력을 도입하는 경우에 계통운영 측면에서 발생할 수 있는 문제이다. 물론 정상적으로 전력이 공급되는 경우에 계통에서 발생할 수 있는 선로부하(조류) 및 전압 등에 대한 검토가 필요하지만, 가장 중요한 사항은 운전중에 공급되는 전력에 차질이 발생하는 경우(그림 3)에서 가상전원의 일부 또는 전부가 계통에서 분리되거나 연계선로에 문제가 발생하는 경우-에 계통을 안정적으로 유지할 수 있는가 하는 문제이다. 곧, 사고시에도 계통의 안정성을 유지할 수 있는 범위에서 전력을 도입해야 하므로, 최대용통전력을 결정하는 근거가 된다.

이 외에도 몇 가지 의미있는 요소로 북한의 참여 방식(전력용통, 경과지 제공 등)에 따른 경과지

비용, 지구온난화가스를 포함한 대기오염물질 배출저감 효과 등을 예로 들 수 있다. 이러한 요소들을 종합적으로 고려하면 남한 관점에서 최소용통전력과 최대용통전력을 결정하고, 그에 따른 경제성 평가를 할 수 있다.

현재까지 수집된 각종 자료들의 정확성이 확실하지 않고 여러 가지 불확실한 요인들 때문에 구체적인 검토를 할 수 없는 상태이고 단정적으로 얘기할 수 없지만, 남한-러시아의 계통연계에서 손익분기점이 되는 최소용통전력은 2GW, 국내의 2000년 시점의 계통에서 사고 시에도 계통의 안정성을 유지할 수 있는 최대용통전력은 6GW 정도인 것으로 검토되었다. 앞으로 좀더 정확한 자료를 수집하고 세밀한 분석을 통하여 구체적인 검토를 실시해야 할 것이다.

## 6. 추진 현황

국내에서는 정부출연연구기관인 한국전기연구원이 80년대부터 국가간계통연계에 대하여 관심을 가지고 간헐적으로 기본적인 연구를 수행하였지만, 당시 동북아시아의 정치, 군사, 경제, 사회적 환경 때문에 본격적인 연구를 수행할 수는 없었다. 그 후 공산권의 붕괴, 남북한 관계개선 등 국제적 환경이 개선됨에 따라 90년대 중반부터 연구계 및 학계를 중심으로 학문적인 관점에서 논의가 시작되었고 정부도 관심을 가지기 시작하였다.

그리고 해외에서는 러시아 에너지연구소, 미국의 사립기관인 Nautilus 연구소, APEC산하 에너지연구소인 APERC(일본소재 Asia Pacific Energy Research Center), UN기구인 UN-ESCAP 등이 관심을 가지기 시작하였다.

그 후 2000년대에 들어서면서 남한 정부는 동북아시아 지역에서의 에너지협력에 대하여 깊은

“에너지 확보가 최우선적 국가 과제로 판단되는 21세기에  
 자원빈국인 우리나라가 국가이익을 확보할 수 있는 효과적인 방법의 하나가  
 동북아 에너지협력의 촉진자(Facilitator) 역할을 담당하는 것이며,  
 또한 다자간협력의 틀을 주도함으로써 역내 에너지부문에서  
 주도권을 확보해야 할 것으로 생각된다”

관심을 가지게 되었고, 에너지협력의 틀을 마련하고 계통연계를 위한 국제적 기반구축을 위한 프로젝트를 지원하고 있다. 한국전기연구원에서는 산자부의 지원을 받아 “동북아 국가간계통연계 기반구축연구”를 수행하고 있는데, 주요연구 내용은 기본적인 타당성을 검토하는데 필요한 D/B구축(<http://nearest.keri.re.kr>), 기술성 및 경제성 검토, 사업추진에 방해가 되는 장애요인과 대처방안 분석, 전력협력의 틀을 위한 국제적 기반조성을 포함하고 있다.

현재 이 연구에 참여하고 있는 에너지경제연구원, 대한전기학회(한양대), 서울대, 경상대 등 국내의 여러 기관 외에도, 러시아 에너지연구소 및 VOSTOKENERGO, 국제기구인 APERC, 북한의 전력 및 원격제어연구소 등과 공동연구를 위한 양해각서를 체결하여 협력하고 있으며, UN-ESCAP 및 IEA의 지원을 받고 있다. 그러나 일본과 중국으로부터는 기관차원의 협력을 받지 못하고 있는 상태이다.

이 연구와 관련하여 한국전기연구원, VOSTOKENERGO 및 북한(민족에너지기획회 또는 전력및원격제어연구소)은 하바로브스크, 평양 및 창원에서 3차례의 회의를 개최하고, 협력방안에 대하여 논의하였다. 연구진의 입장에서는 좀더 세밀한 분석을 하기 위하여 북한의 자료를 확보하는 것이 필요하지만, 아직 북측으로부터 자료를 제공받지 못하고 있는 상태이다.

지금까지의 3차례 회의에서 북측은 “계통연계

사업을 조기(지금 당장)에 착수하자”, “상호호혜적 입장에서 자료를 공유할 필요가 있다”는 다소 상반된 입장을 가지고 있었으나, 창원에서 개최된 제3차 회의에서 자료를 제공하겠다는 약속을 하였으며, 북측의 약속이행을 기다리고 있는 상태이다.

추가적으로 본 연구와 관련하여 금년 5월 서울에서 산자부 및 UN-ESCAP의 후원아래 APERC, IEA, VOSTOKENERGO와 공동으로 국제심포지엄을 개최하였다. 동북아 6개국은 물론 프랑스, 영국, 인도네시아, 에쿠아도르 등 해외의 전문가 30여명을 포함하여 150여명이 참석하여 깊이 있는 의견들을 교환하였다. 특히 국제기구가 큰 관심을 보여 주었고, 국제사업에서의 자금조달 방안, 타 지역에서의 사업추진 절차 및 경제적 효과 등 우리가 이 연구를 수행하면서 필요한 여러 전문가들의 의견을 들을 수가 있었다.

기술성 및 경제성 평가 이외에 위와 같이 국제협력의 틀을 조성하기 위하여 노력하는 것은 국가간계통연계사업은 대규모 재원이 투입되어야 하는 사업이기 때문이다. 물론 기술성과 경제성에 대한 치밀한 검토가 필요하지만, 사업추진을 저해하는 위험 및 장애 요소를 사전에 제거하는 작업이 필수적이다.

연구단계에서는 이러한 요소들을 찾아내고 대처방안을 제시하겠지만, 관련 문제들은 다각적인 방법으로 해결해 나가야 할 것이다. 곧 연구와 별

도로 민간 및 정부 차원에서 국가간 협력의 틀을 마련해야 하는데 가스, 석유 및 광물자원등과 관련하여 민간 및 정부차원의 움직임들이 진행되고 있기 때문에 국제적인 분위기는 성숙될 것으로 기대하고 있다.

## 7. 맺음말

본고에서는 남한-북한-러시아간 계통연계를 중심으로 기술하였지만, 이러한 사업은 다자간 협상에 의해서 일괄적으로 추진될 수도 있고, 양자간 협의에 의하여 단계적으로 추진되는 경우도 있다. 지금까지의 상황으로 볼 때 중국과 일본은 다자간의 협력보다는 양자간의 협력을 추구하고 있다고 판단이 된다.

물론 일본은 섬나라, 전기요금이 세계에서 가장 높은 나라, 설비에비율이 50%로 과잉설비를 가진 나라라는 자국의 전력산업 환경과 북해5도 반환 문제등 대러시아와의 관계 때문에 다자간 전력 협력에 소극적 또는 부정적 입장을 가지고 있는 것으로 보인다. 그렇지만 구주전력이 남한과의 계통연계에 대하여 관심을 표명한 적이 있는 것으로 볼 때, 필요시 양자간 협력에 대한 논의는 이루어질 것으로 보인다.

또한 중국은 본문에서도 언급한 바와 같이 러시아 극동지역으로부터 전력을 도입하기로 하였으며, 동시베리아로부터의 전력을 도입할 가능성도 있는 상태이다. 이러한 점들을 고려한다면 점진적으로 계통연계는 진행될 것으로 판단된다. 물론, 남북한간의 특수한 상황과 북핵 문제 등 국제적 변수 때문에 남한-북한-러시아간 계통연계의 실현가능시기에 대해서 구체적으로 언급할 수는 없지만, 전력부문에서 추구해야 할 국제적 협력 방안이라는 것에 대해서는 확신하고 있다.

특히, 지금은 중단상태에 있지만 신포원전공사가 속개되어 완성되는 경우에 북한계통이 안정적으로 운전되기 위해서는(안전성과는 다르며, 단일 발전소 용량이 전체 설비용량의 50%가 되는 것은 사고시 대형정전사고를 유발하게 될 가능성이 매우 높음) 인접국가와 계통을 연계시킬 필요가 있다는 것이 기술적 판단이다.

또한 남한의 입장에서 수도권을 포함한 전 지역에서 전원입지를 확보하는데 어려움을 겪고 있음을 고려할 때, 향후에는 북한지역내에 공동으로 전원을 개발하여 활용(계통연계)하는 방안도 대안으로 검토할 필요가 있다. 그리고 북한이 주장하는 것처럼 북한이 10GW의 잠재수력을 가지고 있다면 남한에서 최대부하가 나타나는 여름철 전력수급 관점에서 협력도 가능할 것이다.

마지막으로 국가간 계통연계에 의한 전력운통이 상호보완적 협력이지만, 남한-북한-러시아의 경우에 수조원의 자금이 투입되는 대규모사업이라는 점에서 투자를 저해하는 위험요소를 적극적으로 제거해야 하며, 국제적인 투자가 이루어지도록 환경을 조성할 필요가 있다. 그런데 이러한 사항들은 양자간의 협상보다는 유럽의 에너지헌장 조약(Energy Charter Treaty)의 사례에서 보는 것처럼 다자간의 협상에 의해서 해결하는 것이 좀더 용이한 측면도 있다.

이러한 점에서 에너지확보가 최우선적 국가 과제로 판단되는 21세기에 자원 빈국인 우리나라가 국가이익을 확보할 수 있는 효과적인 방법의 하나가 동북아에너지협력의 촉진자(Facilitator) 역할을 담당하는 것이 아닌가 싶은데 다자간협력의 틀을 주도함으로써 여내 에너지부문에서 주도권을 확보하는 것을 고려할 필요가 있다고 판단한다.