

한반도와 일본의 전력연계 시나리오 및 조류 계산

*이상성 **장광수 **박준근 ***Toshihisa Honma
*기초전력공학공동연구소 **서울대학교 ***일본 북해도대학교

Scenario and Power Flow Analysis for Interconnection between Korean Peninsula

*Sang-Seung Lee **Gwang-Soo Jang **Jong-Keun Park ***Toshihisa Honma
*EESRI **Seoul National University ***Hokkaido University

Abstract - 본 논문에서는 먼저 영남지역의 장기적인 전력부족을 해결하기 위하여 일본의 규슈지역과 남한의 부산지역을 HVDC로 계통연계를 위한 시나리오 및 전력 조류의 분포도를 분석하는 것을 목적으로 한다. 특히 경인지역과 영남지역은 부하의 중심지라고 할 수 있으며, 영남지역은 현재의 경우에도 발전량보다 부하량이 많은 것으로 나타나 있다. 이러한 추세는 향후 계속적인 전력 수요의 증가로 인해 더욱 문제가 될 것이며, 이런 증가하는 발전력의 부족을 해결할 만한 마땅한 대책이 없으리라 여겨진다. 본 논문의 시나리오에서는 영남지역에 전력을 공급할 목적으로 되어있기 때문에 일본측을 컨버터로 한국측을 인버터로 하여 일본에서 한반도 방향으로 전력을 흘려보내도록 하였다. 양국의 HVDC 전력 계통연계는 가상으로 시나리오를 작성한 후, PSS/E Tool을 사용하여 조류 계산을 시행하여 전력 분포도를 살펴보았다.

본의 규슈지역의 Genkai 500kV 모선과 남한의 부산지역인 남부산 154kV 변전소 모선을 계통연계를 위한 시나리오 및 전력조류계산을 하여 전력조류의 분포도를 분석한다.

특히 현재 일본의 전력수요증가 추이를 살펴보면 지나친 증가율은 없으리라고 보여지기 때문에 일본과의 HVDC 전력연계를 시도하는 것도 가능한 대안이 될 수 있다. 양국의 HVDC 전력 계통연계는 먼저 가상으로 시나리오를 작성한 후, 그 다음에 PSS/E Tool을 사용하여 조류 계산을 시행하여 전력 분포도를 분석하는 것이다.

한반도와 일본의 전력계통연계를 위한 첫 번째 단계로서는 우선 남한 계통과 일본 규슈 계통을 HVDC로 연결하지 않은 상태에서 조류분포도를 거시적으로 분석하고 파악하는 것을 목적으로 한다.

그 다음 단계에서 남한과 규슈지역 계통을 HVDC로 연계한 이후에 양국의 각지역에 대한 조류분포도를 분석한다. 부하의 조정은 각각 50, 100, 200MW의 3단계로 나누어서 검토하였다.

1. 서 론

동북아시아의 전력계통연계는 계속적으로 거론되고 있지만 국가간 복잡한 상황으로 인해 아직 풀리지 못하는 부분들이 많이 남아 있다.

동북아시아의 연계를 위해 우선 가까운 북한이나 일본과의 연계상황을 파악한 후 중국과 러시아도 조사 연구가 계속되어야 할 것이다[1],[2],[3].

남한과 북한의 송전 계통의 연계는 북한 계통 단선도와 송전선로 임피던스, 길이, 연결 변전소 및 송전용 변압기 자료로 구성된 한전자료 (남북연계 검토 자료)를 토대로 하여 구성한 현황을 파악한 다음 시나리오로 구성하여 조류계산 한 논문을 이미 발표한 바 있다[4],[5].

일본의 경우 9개 전력회사중의 하나인 규슈전력을 중심으로 연계에 관한 자료를 수집하고 구성하였다. 연구에 필요한 자료들은 규슈전력회사를 방문하여 직접 입수하고, PSS/E 데이터를 작성하여 조류계산을 실시하였다.

남한과 일본의 규슈 지역의 연결방법은 해저를 통하여 선로를 구성해야 하므로 HVDC를 사용하여야 한다. 규슈지역에서 남한의 부산지역으로 전력을 흐르도록 하여야 하기 때문에 규슈측을 컨버터로 부산측을 인버터로 사용하여 구성하였다. 규슈지역의 송전망을 구성하여 발전량과 부하량을 조사하여 송전계통에 필요한 입력자료를 만들었다.

본 논문에서는 미국 PTI사의 PSS/E 상용 프로그램을 이용하여 조류계산을 실시하였다. 부하량의 변화는 3단계로 나누어서 일본 규슈측에서 한반도 부산지역으로 흘러 들어오도록 하였다. 이 3가지 시나리오의 경우에 대하여 조류흐름의 분포도를 작성하여 분석하였다. 분석지역은 일본의 규슈지역과 한반도 남한의 전지역의 조류흐름도를 분석하였다.

2. 본 론

한반도 남한의 장기 전력 부족을 해결하기 위하여 일

2.1 남한의 전력계통 구성현황

남한지역의 전체 계통은 상당히 큰 시스템이므로 지역을 크게 전력관리처에 의한 지역과 행정구역에 의한 지역을 고려하여 크게 표1에서와 같이 6개의 영역으로 분류하였다.

표 1. 남한 계통의 지역분할

지역 구분	경인 지역	영동 지역	중부 지역	호남 지역	영남 지역	제주 지역
전력 관리처 (area)	서울북부 서울강남 인천지역 경인남부	영동 제천	중부 대전	호남 광주	영남 대구 부산 창원	제주

한반도 남한의 경우 주요 송전선 모선전압은 345kV, 154kV, 66kV로 구성되어 있으며, 66kV로는 점차 철거되어지는 추세에 있다. 경인 지역과 영남지역은 부하 밀도가 높은 지역에 속한다. 특히 경인지역은 상당히 많은 량의 전력이 호남-중부와 영동으로부터 유입되는 복잡 조류 현상이 나타난다.

제주지역은 HVDC를 이용해 호남지역에 속하는 해남과 연결이 되어 있다. 해남-제주 HVDC계통은 12필스, ±180kV, 300MW용량이며, 길이는 96 km이고, 쌍극 1회선의 해저케이블로 되어있다.

2.2 일본의 전력계통 구성현황

그림1에서 보인 같이 일본은 북해도전력, 동북전력, 동경전력, 중부전력, 북육전력, 관서전력, 중국전력, 서국전력, 규슈전력의 총 9개의 전력회사로 구성되어 있다.

송전전압은 500kV, 220kV, 110kV와 DC250kV로 구성

되어 있으며, 주파수는 서부가 60Hz이고 동부가 50Hz로 되어 있다. 해외전력통계 '01에서 2000년 기준으로 볼때, 9개 전력사의 발전소출력은 수력이 33,765MW, 화력이 118,112MW, 원자력이 42,300MW로 총 194,177MW이다. 송전선비는 가공선의 경우 110kV 미만이 46,692km, 110kV 이상이 16,048km, 187kV 이상이 19,324km로 총 82,065km 이고, 지중선의 경우 110kV 미만이 9,333km, 110kV 이상이 909km, 187kV 이상이 624km로 총 10,865km 이다.

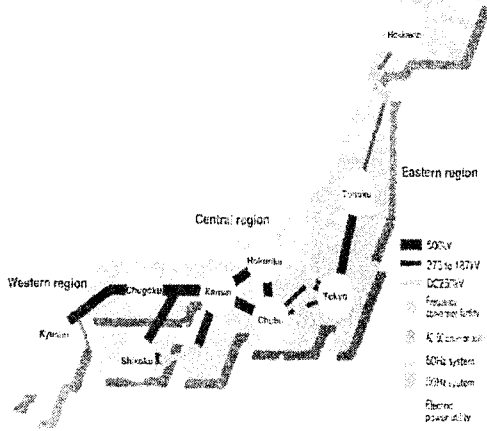


그림 1. 일본의 9개 전력회사와 연계선도.

표2는 일본 9개 전력회사의 최대출력을 나타내고 있다. 최대출력 크기의 순위는 동경전력, 판서전력, 중부전력, 규슈전력, 동북전력, 중국전력, 북육전력, 서국전력, 북해도전력이다.

표 2. 일본 계통의 현황 (2001년 3월말 해외전력통계) 단위 : 최대출력(1000kW)

구분	전력회사	수력	화력	원자력	풍력	합계
1	북해도	1,278	3,500	1,158	-	5,936
2	동북	2,442	11,430	1,349	-	15,221
3	동상	8,508	33,026	17,308	1	58,843
4	중부	5,213	22,491	3,617	-	31,771
5	북육	1,806	4,562	540	-	6,909
6	관서	8,129	19,561	9,768	-	37,458
7	중국	2,893	8,015	1,280	-	12,188
8	서국	1,124	3,730	2,022	-	6,876
9	규슈	2,371	11,337	5,258	-	18,966

2.3 규슈지역의 전력계통 구성현황

그림2에서와 같이 규슈지역은 42,163 평방km의 면적을 차지하고 있으며, 일본의 최남단에 위치하고 있다. 규슈 전력의 발전량은 약 30,200MW이다. 그림2에서 송전선로는 주선압이 500kV와 220kV로 일부 110kV로 구성되어 있다. 발전소는 원자력, 화력, 수력 그리고 지열로 구성되어 있다. 원자력발전소는 규슈지역의 남서해안과 북서해안 끝에 위치하고 있다. 화력발전소는 북동해안과 북서해안에 주로 분포되어 있다. 수력발전소는 규슈의 중심하부와 상부 일부지역에 산발적으로 분포되어 있다.

지열발전소는 중앙북부에 일부 중앙남부에 위치하고 있다.

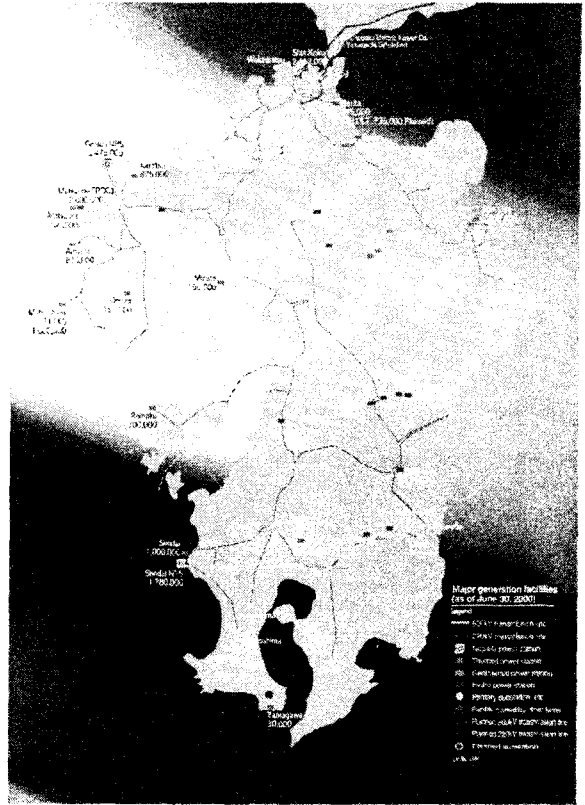


그림 2. 규슈지역의 전력계통도.

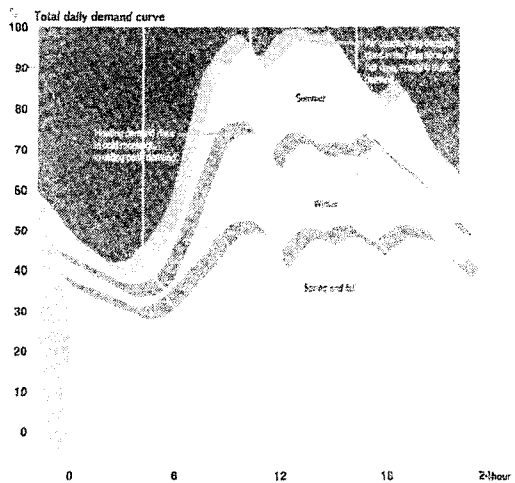


그림 3. 규슈전력의 전력 부하 패턴.

그림3은 규슈전력의 부하곡선을 하계, 동계 및 춘계와 추계곡선을 백분율로 나타낸 것이며, 부하형태는 하계 피크형이며 하계-동계-춘추계 순으로 되어 있다.

2.4 한반도와 일본 규슈지역과의 HVDC 연계

연계하는 방식은 크게 직류 연계(HVDC)와 교류 연계(HVAC) 2가지 방법을 생각할 수 있다. HVDC 연계 방식은 교류연계 방식에 비해 막대한 비용이 필요하지만, 고장 영향 적게 받고, 500km 이상의 장거리 선로에 유리하다. 그러나 한반도와 일본의 연계는 해저를 통과하는 케이블이 되어야 하기 때문에 HVDC 이외는 현재로는 대안이 없을 것이다. 이미 남한의 해남과 제주도를 HVDC로 연계하여 운전하고 있기 때문에 기술적으로는 크게 문제가 되지 않을 것이다.

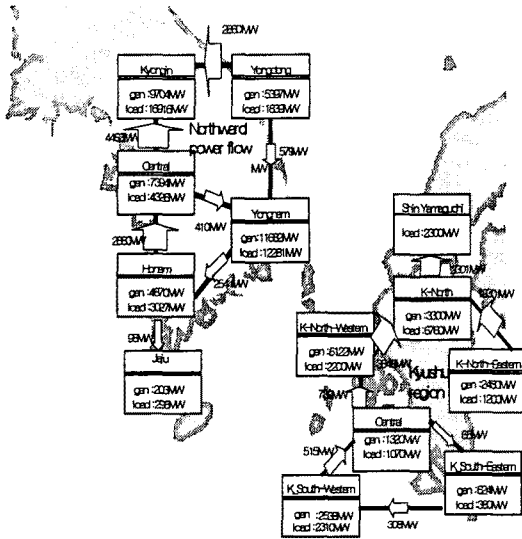


그림 4. 한-일간 연계가 없는 상태.

그림4에서 보인바와 같이 조류계산을 위한 한반도의 남한 부산지역과 일본 규슈지역의 경우 발전량과 부하량은 다음 표3과 표4에서 나타나 있다. 양국의 연계변전소는 남한의 남부산 154kV와 일본의 규슈의 북규슈(Kita Kyushu) 500kV 모선이다.

표 3. 남한지역의 발전량과 부하량

구분	경인	영동	중부	호남	영남	제주	합계
발전량	9,704	5,397	7,394	4,870	11,682	203	39,250
부하량	16,886	1,869	4,326	3,027	12,259	296	38,663

표 4. 규슈지역의 발전량과 부하량

구분	정북	북서	중부	남서	북동	남동	신야마구치	합계
발전량	3,300	6,122	1,320	2,538	2,450	624	0	16,354
부하량	6,760	2,200	1,070	2,310	1,200	380	2,300	16,220

A. 시나리오 1

그림5에서 보인바와 같이 시나리오1에서는 부산지역의

남부산 모선과 일본의 북규슈 모선을 HVDC로 연결한 경우의 조류흐름지도이다. 전력공급의 방향은 일본지역에서 한반도로 흘러 들어오도록 하는 것이다. 규슈지역에서 부산지역으로 50MW가 흘러 들어오는 것으로 모의되었다. 조류계산 시에 기준으로 잡는 슬랙모선은 일본의 경우 규슈지역의 Genkai 1군데로 남한의 경우 영남지역의 삼천포와 제주지역의 한림으로 두개의 슬랙모선을 정하였다.

그림5에서 나타난 바와 같이, 남한 경우의 일부지역의 적은 양을 제외하고는 영남-호남-중부-경인과 영동-경인으로 북상조류형태를 보이고 있다. 역시 일본의 규슈의 경우 대부분이 남쪽에서 북쪽으로 흐르는 북상조류의 형태를 나타내고 있다.

일본 규슈지역의 경우 북서에서 정북쪽으로 3,897MW, 북쪽의 신야마구치로 2,300MW, 북동에서 정북으로 1230MW, 중부에서 북서쪽으로 740MW, 남서에서 중부쪽으로 515MW, 남동에서 동서쪽으로 308MW의 조류가 흐름을 알 수 있다.

한반도의 남한의 경우는 영동에서 경인지역으로 2,882MW, 중부에서 경인지역으로 4,461MW, 영동에서 영남으로 577MW, 호남에서 중부지역으로 1,931MW, 중부에서 영남지역으로 408MW, 영남에서 호남지역으로 251MW, 영동에서 영남지역으로 577MW, 호남에서 제주지역으로 98MW의 전력조류의 분포가 나타난다.

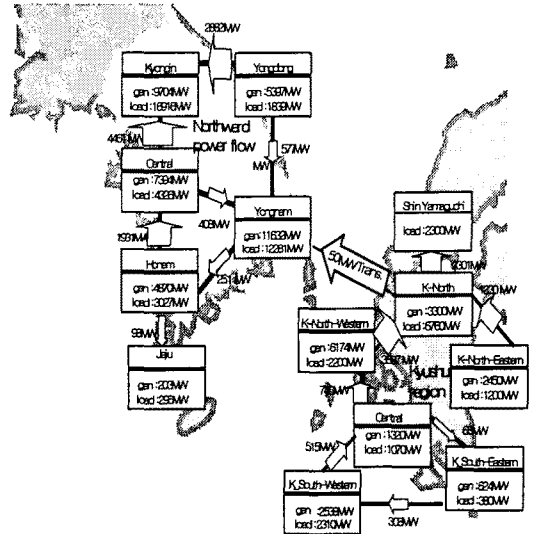


그림 5. 남한-규슈 HVDC연계 (50MW 송전시).

B. 시나리오 2

그림6에서 보인바와 같이 시나리오1에서는 부산지역의 남부산 모선과 일본의 북규슈 모선을 HVDC로 연결한 경우의 조류흐름지도이다. 전력공급의 방향은 일본지역에서 한반도로 흘러 들어오도록 하는 것이다. 규슈지역에서 부산지역으로 100MW가 흘러 들어오는 것으로 모의되었다. 역시 조류계산 시에 기준으로 잡는 슬랙모선은 일본의 경우 규슈지역의 Genkai 1군데로 남한의 경우 영남지역의 삼천포와 제주지역의 한림으로 두개의 슬랙모선을 정하였다.

일본 규슈지역의 경우 북서에서 정북쪽으로 3,947MW, 북쪽의 신야마구치로 2,300MW, 북동에서 정북으로 1230MW, 중부에서 북서쪽으로 742MW, 남서에서 중부쪽으로 515MW, 남동에서 동서쪽으로 308MW의 조류가 흐름을 알 수 있다.

한반도의 남한의 경우는 영동에서 경인지역으로 2,884MW, 중부에서 경인지역으로 4,459MW, 영동에서 영남으로 407MW, 호남에서 중부지역로 1,928MW, 중부에서 영남지역으로 407MW, 영남에서 호남지역으로 247MW, 영동에서 영남지역으로 575MW, 호남에서 제주 지역으로 98MW의 전력조류의 분포가 나타난다.

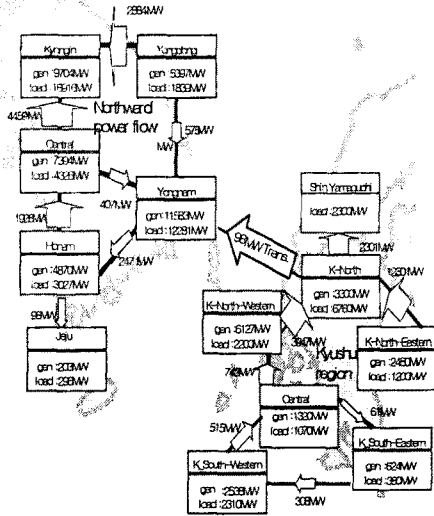


그림 6. 남한-규슈 HVDC연계 (100MW 송전시).

C. 시나리오 3

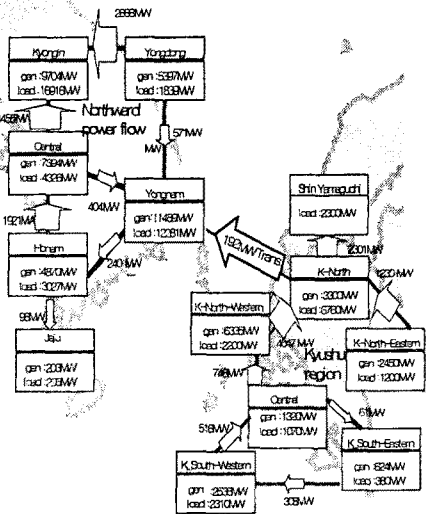


그림 7. 남한-규슈 HVDC연계 (200MW 송전시).

그림7에서 보인바와 같이 시나리오1에서는 부산지역의 남부산 모선과 일본의 규슈지역 모선을 HVDC로 연결한 경우의 조류흐름지도이다. 전력공급의 방향은 일본지역에서 한반도로 흘러 들어오도록 하는 것이다. 규슈지역에서 부산지역으로 200MW가 흘러 들어오는 것으로 모의되었다. 역시 조류계산 시에 기준으로 잡는 슬래모선은 일본의 경우 규슈지역의 Genkai 1군데로 남한의 경우 영남지역의 삼천포와 제주지역의 한림으로 두개의 슬래모선을 정하였다.

일본 규슈지역의 경우 북서에서 정북쪽으로 4,047MW, 북쪽의 신야마구치로 2,300MW, 북동에서 정북으로 1230MW, 중부에서 북서쪽으로 746MW, 남서에서 중부쪽으로 516MW, 남동에서 동서쪽으로 308MW의 조류가 흐름을 알 수 있다.

한반도의 남한의 경우는 영동에서 경인지역으로 2,888MW, 중부에서 경인지역으로 4,455MW, 영동에서 영남으로 404MW, 호남에서 중부지역로 1,921MW, 중부에서 영남지역으로 408MW, 영남에서 호남지역으로 240MW, 영동에서 영남지역으로 575MW, 호남에서 제주 지역으로 98MW의 전력조류의 분포가 나타난다.

3. 시나리오별 조류 흐름 분석

표5는 각 시나리오 별로 조류 계산을 하였을 때, 일본 규슈에서 남한 부산지역으로 용동되는 전력량을 나타낸 것이다. 조류분포도를 분석하여 보면 한반도의 경우 영남지역은 규슈로부터 전력공급에 의해 전력수급에 약간의 변화를 보이고 있다.

표 5. HVDC 연계시나리오에 의한 전력조류

전력공급량 (MW)	50	100	200
조류계산결과 (규슈→부산)	50	98	192

4. 결 론

본 논문에서는 영남지역의 장기 전력 부족을 해결하기 위하여 일본의 규슈지역과 남한의 부산지역을 시나리오에 의한 HVDC 계통연계를 계획하여 영남 일부 지역에 전력을 공급하여 예비율을 증가시키는 것이었다. 제안된 시나리오에서는 일본에서 한반도 방향으로 전력을 흘러 보내도록 하는 것으로서 일본측을 전버터로 한국측을 인버터로 사용하였다. 이 방안은 남한의 영남지역을 중심으로 한 부하집중지역들의 전력 부족을 해결하기 위한 대안으로 제시되었다.

본 연구는 한국 과학 기술 평가원(KISTEP)의 특정 연구 개발 과제로 이루어진 연구입니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 신중린, "남북전력협력에 따른 기술적 논점과 대책", 전력그림기술협력회 워크숍 논문집, 43권호, 38-49페이지, 2000
- [2] "남북한 전력계통 구성방향에 관한 연구", 한국전력공사 전원계획처, 11-57페이지, 1997
- [3] "남북 전력 현황과 전망", 대한 전기학회 기술 조사보고, 제13호, 1998
- [4] J. R. Shin, B. S. Kim and Y. J. Choi, Power System Linkage between South and North in Korean Peninsular A Proposal with Supposed Situation, ICEE, 2001, 7
- [5] Y. J. Jang, S. S. Lee, J. K. Park and K. H. Kim, Scenarios based Power Flow Analysis for the Interconnection of Power Systems between South and North Korea, ICEE, 2001, 7