

남북전력협력을 위한 전력계통 연계방안의 전압안정도 분석

신중린, 김병섭, 최열준
건국대학교 전기공학과

Voltage Stability Analysis for Power System Interconnection between North and South in Korea Peninsula

Joong-Rin Shin, Byung-Seop Kim, Yeol-Jun Choi
Dept. of Electrical Eng. Konkuk Univ..

Abstract - This paper presents a proposal for the power system interconnection alternative between the South and North Korea. The characteristics of bus voltage and power flow are analyzed to see the feasibility of the proposed and to evaluate the voltage stability. We collect and estimate various data of the South and North Korea power network, and the various case studies using the PowerWorld simulator were made to find the acceptable interconnection alternative.

1. 서 론

최근 남북한 경제협력을 위한 다각적인 방안이 모색되고 있으며, 이에 따른 가장 시급한 현안으로서 대북 전력지원에 대한 남북한 협력체제가 가시화 되고 있다. 남북간 전력협력은 북한의 경제를 회복시키기 위한 가장 시급한 대북 지원 방안일 뿐만 아니라, 북한을 포함한 미래의 동북아권 에너지 연계 등을 고려하여 한반도의 미래와 통일을 내다보는 안목에서 종합적으로 검토되어야 할 문제이다. 더불어 1995년에 발족한 한반도 에너지 개발기구(Korea Energy Development Organization : KEDO)가 신포에 건설 중인 원자력발전의 본 공사 착수에 즈음하여 원전 준공 이전과 이후에 북한 전력계통의 안정화 방안에 대해서도 적극 강구해야 한다.

현재 북한의 발전능력이나 송전능력(송전설비용량)이 심히 부족한 것으로 전망되며, 단계적 전력지원과 KEDO 원전의 준공이후의 2000MW의 출력을 충분히 받아내기 위해서는 대용량 송전이 요구되기 때문에 북한 내 기존선로의 이용은 기대하기 어려운 것으로 판단된다. 이에 따라 높은 전압, 대용량의 송전선로를 새로이 건설하여 충분한 송전용량을 확보하는 것이 바람직하다고 볼 수 있다.

본 논문에서는 이러한 시각으로 향후 대용량 송전을 대비하며, 남북한 통합계통의 구조를 고려하여 765kV의 계통 연계대안을 제시하였다. 현재 남한에서 건설되고 있는 765kV 선로 건설기술 및 확보된 장비 등을 적절히 사용한다면, 추가 투자비용을 최소화할 수 있으며, 북한의 중추계통(back bone network)를 구축하여 향후 양측의 상호간 이익을 극대화할 수 있을 것으로 생각된다. 이에 본 논문에서는 765kV를 전제조건으로 계통 연계의 실효성을 검토하기 위하여, KEDO 준공 이전과 이후를 구분하여 다양한 계통연계 대안을 제시하였으며, 대규모 계통의 신뢰성을 향상시키기 위하여 시뮬레이터 기반 사례연구를 수행하였다. 특히 본 논문에서는 남북한 통합계통의 융통전력 교환으로 파급되는 상호계통의 다양한 안정도문제 중에서도 우선적으로 전압 안정도(voltage stability) 문제를 검토하여 향후 남북한 통합계통 운영에 기여할 수 있는 기초 자료를 제시하고자 한다.

2. 남북한 표본계통 구성을 위한 기초 자료의 수집 및 선정

남북한 전력계통 연계의 표본계통을 구성하기 위하여 본 논문에서는 다음과 같은 항목에 관한 세부적인 자료의 수집과 분석을 선행하였다.

- 1) 설비용량 추정을 위한 발전소 용량 및 위치 자료 수집
- 2) 계통연계 전력조류해석을 위한 자료 수집: 전원구성, 발전량, 발전설비용량, 송전용량, 계통구성 현황, 송전선로의 선로정수

- 3) 남북 계통 비교 및 양 계통의 고유 특성 분석
- 4) 남북한 연결 가능 지점 탐색
- 5) 남북한 연계 전압 및 한반도 전압체계 검토

• 남북한 계통 특성의 간략 비교

비교항목	남한	북한
주파수 [Hz]	60	60
계통전압 [kV]	345/154/66	220/154/110/66/33/22
배전전압 [kV]	22.9/11.4/6.6	11/6.6/3.3
가정전압 [kV]	220/110	220/110
수요특성	하계피크형	동계피크형
전력공급	무제한공급	제한공급

2.1. 북한측 계통 자료의 선정

표본계통의 구성에 가장 절실한 문제로 인식되고 있는 부분은 사회주의 체제를 고수하는 북한의 전력계통 현황을 파악하는 것이다. 현실적으로 북한의 에너지 수요를 예측하는데는 상당한 어려움을 수반한다. 이는 북한의 전력 수요를 예측할 만한 자료가 부족하며, 기존의 각종 문헌에서 제시하고 있는 북한 에너지 통계자료가 상당히 상이하며 신뢰도도 크게 떨어지고 있다는 점이다. 그러므로 이러한 자료를 기반으로 발전량과 수요량을 예측하기 위해서는 신중한 자료의 선정이 요구된다. 본 논문에서는 비록 한정적이지만 각종 자료를 토대로 타당한 계통을 구성하여 이를 통한 계통의 전압 안정성에 대한 전반적인 추이를 판별하고자 하였다. 본 연구에서 구성된 북한계통의 예측 자료를 열거하면 다음과 같다.

- 발전소 설비 현황 및 발전소의 지역적 위치 자료
- 부하모선의 수요량 현황 및 지역적 위치 자료
- 송전선로의 선로정수 자료(선종, 규격 등 포함)
- 발전모선과 부하모선의 자료를 기반으로 하는 계통도

북한의 발전설비는 앞서 언급한 대부분의 자료에서 9000[MW] (1990년 기준)근방으로 제시하고 있다. 본 논문에서는 여러 문헌들의 자료를 종합하여 약 9451[MW](수력:5000[MW], 화력:4451 [MW])로 산정하였으며, 북한의 낙후된 경제사정을 감안하여 이후로 설비용량의 증설이 후행되지 않은 것으로 선정하였다. 실제 북한은 기술적인 문제와 설비의 노후화로 인하여 발전설비의 이용률이 현저히 낮은 것으로 관측되고 있다. 북한의 정밀한 수요량 예측을 위해서는 북한의 경제성장 시나리오를 기반으로 하는 회귀분석 모형 등을 사용해야 하지만, 북한 경제의 폐쇄성을 감안할 때 의미가 없다고 판단되어 문헌[9]에서 GNP 기반으로 추정된 수요량 예측 자료를 인용하였다. 특히 북한계통의 선로정수 추정은 가장 난해한 부분에 해당되며, 동일한 연구문헌의 자료를 인용하였다. 본 논문에서는 북한의 전력계통을 구성하기 위하여 주로 220/110kV 모선을 기준으로 51모선(발전모선: 27, 부하모선: 40)규모로 구성하였다. 표본계통을 위해 선정된 자료는 지면 관계로 다음의 항목만을 표로 나타내었다.

- 1) 북한계통의 수급전망 예측 자료

년도	발전설비	최대수요	설비이용률(%)
2001	9451.2	5361.1	56.7%
2002	9451.2	5527.8	58.5%
2003	9451.2	5694.4	60.3%
2004	9451.2	5888.9	62.3%
2005	9451.2	6083.3	64.4%
2006	9451.2	6500.0	68.8%
2007	9451.2	7055.6	74.7%
2008	9451.2	7638.9	80.8%
2009	9451.2	8305.6	87.9%
2010	9451.2	9027.8	95.5%

2) 북한의 표본계통 구성 / 전력조류계산의 결과 요약

단위[MW]	총 계	Number of Devices
Buses	-	51
Generators	$\sum P_G$	6432.4
	$\sum Q_G$	4917.1
Loads	$\sum P_D$	6084.0
	$\sum Q_D$	4558.5
Switchable shunt	$\sum P_{sh}$	0.0
	$\sum Q_{sh}$	0.0
Losses	$\sum P_{Loss}$	350.21
	$\sum Q_{Loss}$	358.57
Lines / Transformer	-	60
Slack Bus	-	#1 북창

3) 남한계통 수급전망 예측 자료

단위[MW]	총 계	Num. of Devices
Buses	-	941
Generators	$\sum P_G$	53573.5
	$\sum Q_G$	18422.5
Loads	$\sum P_D$	52812.4
	$\sum Q_D$	24363.8
Switchable shunt	$\sum P_{sh}$	0.0
	$\sum Q_{sh}$	-8484.3
Losses	$\sum P_{Loss}$	761.11
	$\sum Q_{Loss}$	2542.71
Lines / Transformer	-	1929
Slack Bus	-	#30156 삼천포

4) 남한계통의 수급전망 예측 자료

년도	발전설비	최대수요	예비율(%)
2001	50471	41880	20.5
2002	53498	44764	19.5
2003	55933	47492	17.8
2004	59083	50114	17.9
2005	61821	52479	17.8
2006	64523	54767	17.8
2007	66735	56889	17.3
2008	68923	58825	17.2
2009	71080	60521	17.4
2010	72936	62191	17.3

2.2. 남한측 계통 자료의 선정

남한측 계통자료의 구성은 북한측의 자료 구성과 유사하게 수행되었다. 특히 남한의 표본계통 선정의 경우에는 북측으로의 전력유통에 따른 각 모선별 전압 현황을 파악하기 위하여 비교적 상세한 계통을 구성하였다. 본 논문에서는 북한의 중추 계통의 형성, KEDO원전의 전력공급, 동북아 연계, 765kV의 건설공기 등을 감안하여 남북한 계통 연계 시점을 2005년으로 제안하였다. 이는 현재 KEDO 원전의 준공시점이 당초 예상되었던 2003년에서 2005년 이후로 연기되고 있는 상황과도 부합될 수 있다. 본 논문에서 사용된 남한의 표본 계통자료는 한국전력공사에서 장기전력 수급계획(7)을 기반으로 구성된 2005년 계통자료를 사용하였다. 표본계통의 구성모선은

941모선(발전모선: 239, 부하모선: 745) 규모이며, 선로정수 등의 상세한 자료를 포함하고 있다. 남한 표본계통에 대한 자료는 지면관계로 상기의 항목만을 표현하였다.

3. 남북한 전력계통의 연계

3.1. 단기적 전력지원을 위한 계통 연계 방안

북한의 전력부족을 지원하기 위한 단기적 연계방안은 기술적으로 문제가 없는 범위에서 두 계통간의 접속이 용이하고 접속공기가 짧은 방법이 필요할 것이다. 여러 문헌을 통하여 현재 추정할 수 있는 북한의 계통구성을 고려한다면, 남한의 강원 북부 지역과 북한의 금강산 지역, 그리고 문산 지역과 개성지역을 우선 154 또는 345 kV 선로로 연계할 수 있을 것이다. 현재 북한에서 지원을 요구하고 있는 전력량 규모를 감안할 때 345 kV 급 선로가 더 필요할 것이며 개성 부근이나 금강산 부근에서 북한의 220 kV 선로와 접속이 가능할 것이다. 다음 표는 대북 연계예상 구간을 정리한 것이다.

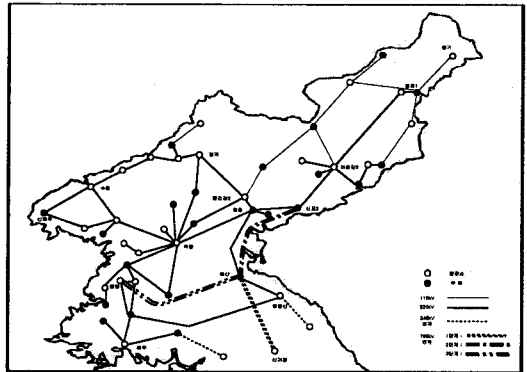
1) 단기적 전력지원을 위한 대북 연계예상 구간

연계예상구간	거리(Km)	예상공급규모(MW)	연계전압(KV)
문산-개성	30	100	154 또는 345
간성-금강산	60	200	345
양주-평양	200	1,000	345
문산-해주	150	200	345

3.2. 장기적 북한 전력계통의 간선계통 구축을 위한 연계방안

남북한의 전력계통 연계를 전제한다면 통일 이후의 한반도 전력계통을 염두에 두어 계통전압 구성을 우선 생각해 보아야 할 것이다. 남한 계통은 154/345/765kV의 공급전압체계로 구성되어 있는 반면, 북한 계통은 현재 110/220kV의 전압단계로 구성되어 있다. 북한은 러시아의 도움을 받아 한때 500kV 전압 격상 계획을 검토한 것으로 알려져 있으나 그 시행여부는 재정난으로 인하여 당분간 어려울 것으로 전망된다. 만에 하나 앞으로 북한의 간선계통이 500 kV로 구축되고 거기에 남한계통과의 연계가 이루어진다면, 미래 한반도내의 전압공급체계는 110/ 154/ 220/ 345/ 500/ 765kV의 복잡한 다단계 구성을 갖게 될 것이며, 그만큼 통합된 계통운용의 효율향상을 기대할 수 없게 된다.

본 논문에서는 전력유통을 대비하고, 장기적인 대처 방안에 따른 사례연구를 수행하기 위하여 다음과 같은 연계 방안을 제안하였다. 아래 그림은 제안된 연계방안을 고려하여 구성된 북한의 계통도이다.



1) 제 1 단계 연계대안(2005년)

연계구간	·남한의 신가평 ↔ 북한의 원산, 2회선 건설
운용방안	·북한의 수전능력을 고려하여 당분간 1회선 운용 ·KEDO 원전의 준공이전 북한으로 전력 유통

2) 제 2 단계 연계대안(2007년)

연계구간	·북한의 원산 ↔ 북한의 신포, 2회선 건설
운용방안	·신가평 ↔ 원산 연계선로의 1회선 운용 추가 ·KEDO 준공이후의 출력배분 선로로 운용

2) 제 3 단계(2007년)

연계구간	•북한의 원산 ↔ 북한의 평양, 2회선 건설
운용방안	•“1”자형 북한 중추 계통의 구성 •북한 밀집지역인 평양의 장기적 공급 방안 • KEDO 원전의 출력배분에 기여

상기와 같은 3가지 연계 대안 중에서 제 3 단계 대안은 당초 2010년을 기준으로 하였으나, 북한의 전원설비 예측 자료의 신뢰성이 결여되어 2007년에 평양을 연계하는 것으로 수정하였다. 제 3 단계 대안의 결과를 토대로 북한내의 KEDO 출력 배분의 결과를 제 2 단계와 비교하도록 하였다.

3.3 남북한 연계선로의 선로정수 결정

남한에서는 90년대부터 345kV의 기존 송전전압을 765kV로 격상하는 계획을 추진하였다. 이에 제 1 단계 사업으로 98년~2000년에 총 중장 668km에 달하는 765kV 건설사업계획을 착수하였으며, 2001년 정상 운전을 계획하고 있다. 아래의 표는 본 논문에서 추정된 2005년 남한 표준계통의 765kV 선로의 선로정수를 PSS/E 시뮬레이터에서 출력하여 구한 것이다. 표에서 Z_U 는 km 당 환산 임피던스[p.u.]의 평균값을 나타내며, α 는 한전의 장기 송변전 설비계획(9)을 참조한 실제 공사거리[km]를 나타낸다.

1) 남한의 765kV 선로의 선로정수 분석

	S. Bus - R. Bus	R[p.u]	X[p.u]	C[p.u]	α
PSS/E 선로 정수	신가평-신태백	3.20E-04	8.39E-03	4.70E+00	162
	신안성-신서산	2.90E-04	7.41E-03	4.15E+00	137
	당진-신서산	8.00E-05	2.11E-03	1.18E+00	40
환산 정수 [km]	신가평-신태백	1.98E-06	5.18E-05	2.90E-02	
	신안성-신서산	2.12E-06	5.41E-05	3.03E-02	
	당진-신서산	2.00E-06	5.28E-05	2.96E-02	
Z_U		2.03E-06	5.29E-05	2.96E-02	

본 논문에서 제안된 남북한 계통 연계 시나리오에 사용된 765kV선로는 남한의 기술력과 장비를 활용하는 것으로 볼 수 있다. 이러한 점을 감안하여 현재 남한에서 건설되는 765kV의 선로정수는 다음 수식을 토대로 아래의 표와 같이 선정하였다. 연계선로의 송전용량은 동일한 특성 임피던스(SIL: Surge Impedance Loading)를 갖는 765kV이므로 1회선 기준으로 4000(MW)를 설정하였다.

$$Z_{SN} = Z_U \cdot \beta \cdot \gamma$$

여기서, Z_{SN} : 남북연계 선로의 선로정수(p.u)

β : 지도상에서 직선으로 실측된 거리(km)

γ : 실제 공사시 공사거리를 고려한 우회율(1.5)

2) 남북한 연계선로의 선로정수

S. Bus - R. Bus	R[p.u]	X[p.u]	C[p.u]	β
신가평-원산	4.478E-04	1.166E-02	6.533E+00	147.0
원산-신포	4.606E-04	1.199E-02	6.719E+00	151.2
원산-평양	4.478E-04	1.166E-02	6.533E+00	147.0

4. 시뮬레이터 기반 사례연구

제안된 연계방안의 타당성 검토를 수행하기 위하여 각 단계별로 다양한 항목에 대한 사례연구를 수행하였다. 제안된 연계방안에 따른 전압안정도 평가는 남한측에서 북한측으로 전송되는 최대 유효전력에 대한 PV곡선(유효전력 대비 전압특성곡선)으로 평가하였다. 또한 선로조류 변화 분석을 위해서는 각 대안별 계통 연계 전후, 전력전송의 증가 전후의 유효전력 송전용량 변화량을 평가하였으며, 아울러 선로조류 차에 의한 계통 손실의 변화량을 평가하였다. 실제로 연계 선로의 송전용량 한계(ATC: Available Transfer Capability)를 결정하기 위해서는 연계선로의 정밀한 특성임피던스(SIL)의 산정과 상정사고 등에 관한 연구를 수행하여야 하겠으나, 본 논문에서는 예측 계통의 불확실성을 감안하여 ATC의 연구는 각 연계선로의 유효전력 조류량 변화의 편차(ΔP_{flow})에 한정하여 연구를 수행하는 것으로 하였다. 남북한 통합계통의 조류변화는 향후 통합계통의 혼잡예상 선로에 대한 자료를 제시할 수 있

을 것으로 판단된다. 제안된 계통연계 시나리오에 대한 안정도 평가 항목은 다음과 같다.

- PV 곡선을 통한 전압안정도 평가
- 선로의 유효전력 조류의 변화분석
- 계통 손실의 유효전력 변화량 분석

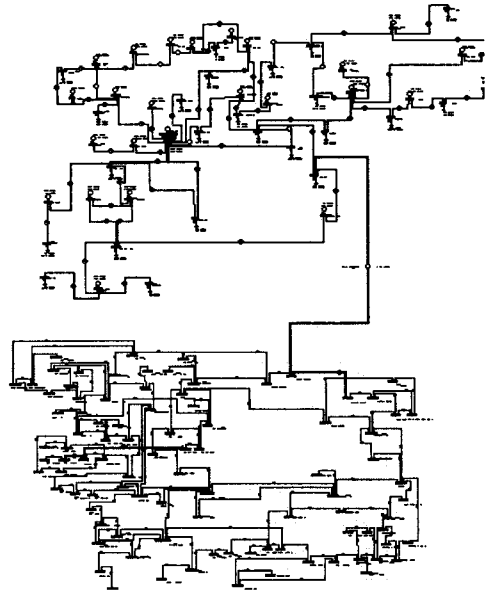
본 논문에서는 대규모 계통의 효과적인 사례연구를 수행하기 위하여 PowerWorld simulator를 이용하였다. 이 프로그램은 강력한 GUI(graphical user interface)환경을 기반으로 약60,000 Bus 규모의 전력시스템의 조류계산, 전압안정도, 최적조류계산, 상정사고 등의 해석을 수행할 수 있다. 2000년 11월 현재 세계적으로 FERC(Federal Energy Regulatory Commission), BPA(Bonneville Power Administration)를 포함한 170여개 회사가 사용하고 있으며, 미국 공정거래 위원회, 전력 거래소 대학 등에서 광범위하게 이용되고 있다.

시뮬레이터를 이용하여 구성된 남북한 통합계통에 대한 계통 구성도는 다음과 같다. 다음에 표현된 계통도는 신가평과 원산을 연계하는 계통도이며, 약 1000모선 가량으로 구성되는 계통을 지면관계상 남한의 345kV 이상과 북한의 110/220kV이상의 모선만을 도식적으로 표현하여 약 150여 개 모선으로 나타낸 것이다.

4.1 제 1 단계 남북한 연계 대안의 사례연구

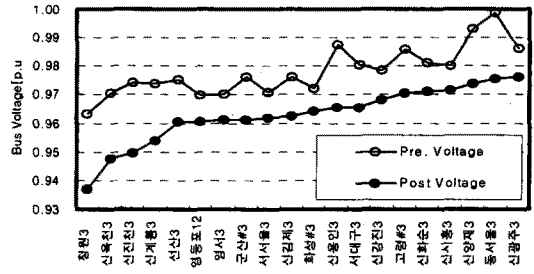
본 단계에서는 2005년(대략, 남한: 52,000[MW], 북한: 6,000[MW]) 시점을 기준으로 신가평과 원산을 765kV로 연계하여 통합계통의 전압안정도를 평가하였다. 분석표에 사용된 수식의 의미는 다음과 같으며, 남한계통의 분석결과는 345kV 이상의 모선에 한정하여 모의 결과를 정리하였다.

- V_{pre} : 초기 상태의 모선 전압(p.u)
- V_{post} : 전력전송 후 모선 전압(p.u)
- $\sum P_T$: 전송된 전력의 총 용량(MW)
- $\sum P_{loss}^{pre}$: 초기 상태의 계통 유효전력 손실(MW)
- $\sum P_{loss}^{post}$: 전력전송 후 계통 유효전력 손실(MW)
- $\sum \Delta P_{loss}$: 계통의 유효전력 손실의 변화량(MW)
- P_{flow}^{pre} : 초기 상태의 선로 유효전력 조류(MW)
- P_{flow}^{post} : 전력전송 후 선로의 유효전력 조류(MW)
- ΔP_{flow} : 선로의 유효전력 조류의 변화량(MW)



1) 남북한 통합계통의 조류계산 결과 요약

단위[MW]		총 계	Num. of Devices
Buses		-	992
Generators	$\sum P_G$	60001.9	266
	$\sum Q_G$	22653.5	
Loads	$\sum P_D$	58896.3	785
	$\sum Q_D$	28922.3	
Switchable shunt	$\sum P_{sh}$	0.0	319
	$\sum Q_{sh}$	-8291.2	
Losses	$\sum P_{Loss}$	1105.63	-
	$\sum Q_{Loss}$	2022.40	
Lines / Transformer		-	1990
Slack Bus		#30156 삼천포	

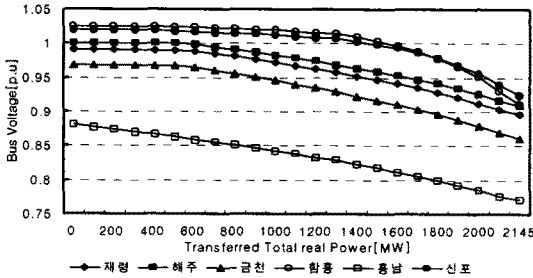


2) 계통 운용상태 요약

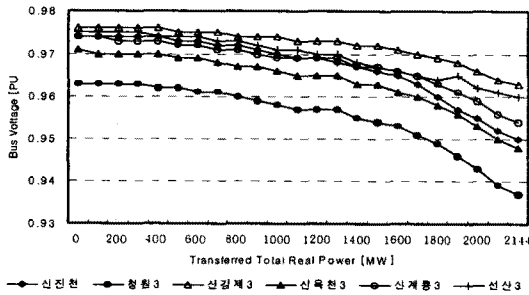
Source	Sink	$\sum P_T$	$\sum P_{loss}^{pre}$	$\sum P_{loss}^{post}$	$\sum \Delta P_{loss}$
남한측	북한측	2145.7	1105.6	1849.2	743.6

3) 전력전송에 따른 PV곡선

a. Sink 측 PV곡선

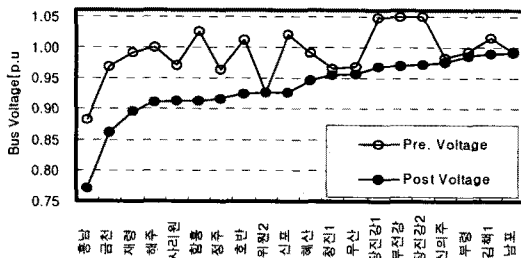


b. Source 측 PV곡선



4) 전력전송에 따른 전압변화 특성(저전압 모선 20개 표현)

a. Sink 측 전압변화 특성



b. Source 측 전압변화 특성

5) 전력전송에 따른 선로의 유효전력 변화량

a. Sink 측 유효전력 변화량

S. Bus	R. Bus	P_{flow}^{pre}	P_{flow}^{post}	ΔP_{flow}		
27	원산	43	함흥	-177.1	1516.3	1693
26	금강산	27	원산	3.6	-855.1	859
42	장진강2	43	함흥	710.2	-137	847
18	사리원	26	금강산	-8.4	-701.9	694
43	함흥	45	신포	263.2	734.9	472
42	장진강2	46	영원	-315.6	79.5	395
1	북창	46	영원	378.9	-13.1	392
45	신포	47	허천강2	81.4	463.4	382
39	강계	42	장진강2	498.8	167.6	331
17	동평양	18	사리원	360.6	128.2	232

b. Source 측 유효전력 변화량

S. Bus	R. Bus	P_{flow}^{pre}	P_{flow}^{post}	ΔP_{flow}		
27	원산	1020	신가평12	1.5	-2699.1	2700.6
1020	신가평12	1200	신가평12	805.4	155.8	649.6
1200	신가평12	1700	미금345	700.7	121.1	579.6
1700	미금345	2500	동서울3	-190.9	-693.6	502.7
1200	신가평12	1500	의정부3	507.4	112.5	394.9
1020	신가평12	5010	신태백12	-1207.5	-1600.9	393.4
5150	율진NP#1	5151	율진NP#2	556.3	229.5	326.8
1400	양주3	3350	서인천CC	-660.1	-960.5	300.4
1400	양주3	1500	의정부3	-10.1	367.5	377.6
5500	신영주3	8950	신영일3	-270.0	-538.5	268.5
5010	신태백12	5100	신태백12	-808.0	-1073.0	265.0

6) 전력전송에 따른 선로손실의 변화량

a. Source 측

S. Bus	R. Bus	$P_{flow,1}^{pre}$	$P_{flow,1}^{post}$	$\Delta P_{flow, loss}$		
27	원산	120	신가평12	0.18	35.25	35.07
6600	신옥천3	7100	신남원3	15.81	22.69	6.88
5500	신영주3	8500	신포함3	2.03	7.00	4.97
1400	양주3	3351	서인천CC	7.71	12.35	4.64
1020	신가평12	5010	신태백12	4.50	8.59	4.09
4900	청원3	6600	신옥천3	6.75	10.83	4.08
1400	양주3	3350	서인천CC	3.18	6.91	3.73
4600	서서울3	6801	창양3S	4.37	8.03	3.66
5500	신영주3	8950	신영일3	1.12	4.57	3.45
10150	삼천포TP	10700	신마산3	4.31	7.62	3.31
8800	고령#3	10301	의령#31	8.42	11.33	2.91

4.2 제 2 단계 및 3 단계 남북한 연계 대안의 사례연구

본 단계에서는 2007년을 기준으로 KEDO원전의 출력 배분에 따른 남북한 통합 계통의 전압안정도를 분석하였다. 정밀한 사례연구를 위하여 필요한 2007년의 지역별 선로중설계획, 지역별 전원개발계획 등의 자료가 미비한 관계로 본 사례연구는 신포를 슬랙모선으로 지정하고, 개략적인 모의를 시행하였다. 특히 남한측은 2007년도 수급전당 자료(7)를 기반으로 부하량과 발전설비용량(부하량: 56889(MW), 설비용량: 66735(MW))을 갖는 1기 무한대 모선으로 처리하였으며, 또한 북한측은 선로중설이 없다는 가정으로 앞서 예측한 2007년의 최대수요(7055(MW))를 설정하여 오픈 계통을 선정하였다.

다음의 계통 분석에서 원산과 평양의 연계이전은 "B" 로 지정하였으며, 연계이후는 "A"로 지정하였다.

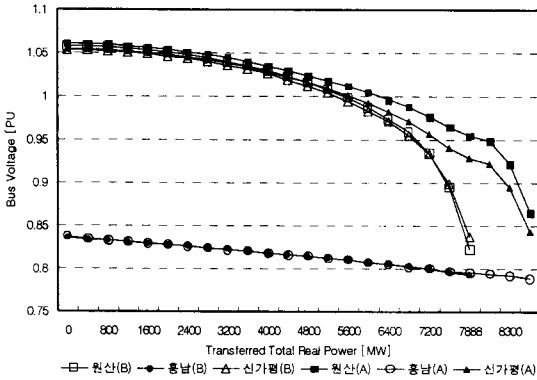
1) 계통 운용상태의 요약

	$\sum P_T$	$\sum P_{loss}^{pre}$	$\sum P_{loss}^{post}$	$\Delta \sum P_{loss}$
A	8493.5	453.7	1212.6	758.8
B	7887.5	450.0	1180.7	730.7

2) 전력전송에 따른 PV곡선

A				B			
Bus	Name	V_{pre}	V_{post}	Bus	Name	V_{pre}	V_{post}
44	홍남	0.8365	0.7890	44	홍남	0.8358	0.7925
52	신가평	1.0544	0.8428	27	원산	1.0580	0.8234
25	금천	0.9637	0.8548	52	신가평	1.0531	0.8368
27	원산	1.0609	0.8662	15	위원2	0.9021	0.9021
23	재령	0.9894	0.8890	25	금천	0.9554	0.9039

3) 전력전송에 따른 전압변화 특성



5. 결 론

본 논문에서는 최근 남북한 전력협력력을 위한 논의가 가시화 되고 있는 점을 감안하여 남북한 계통을 직접적으로 연계하여 통합 운영하는 방안을 제시하였으며, 제안된 연계 대안별 사례 연구를 수행하여 전력전송에 따른 전압안정도와 선로 조류변화, 손실변화량 등의 항목을 분석하였다. 그간 남북한 계통 연계의 필요성이 여러 차례 지적된 바 있었으며, 통합계통의 구체적인 조류해석을 위한 관련 자료의 부족 등으로 인하여 상당한 어려움이 있었다.

본 논문에서 수행된 연구실적은 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 1) 다양한 연구문헌과 국내외 자료에서 제시된 남북한 계통 자료에 대한 종합적인 수집과 분석
- 2) 수집된 정보와 적절한 가정을 기반으로 남북한 통합계통의 선정
- 3) 현실적으로 수용 가능한 적절한 연계방안의 제시와 연계 선로의 구체적 선정
- 4) 제안된 연계 방안에 대한 구체적인 전력조류해석을 수행하고 각 대안별 전압안정도와 전력 조류변화를 분석.

본 논문의 모의 결과는 개략적으로나마 향후 남북 전력협력력을 위한 계통 연계방안의 효과적인 검토 수단이 될 수 있을 것이며, 남북한 통합계통의 운용을 위한 기초 자료로 사용될 수 있을 것으로 판단된다. 또한 현재 선정된 북한의 표본 계통은 어디까지나 현재 공개된 자료를 기반으로 선정된 것이므로, 실제와 다를 수 있음을 밝히며, 향후 남북전력연계를 위한 실질적인 연구와 정밀한 조류해석 결과를 제시하기 위해서는 남북 양 계통에 대한 정밀 조사를 실시하여 좀더 정확한 계통자료를 수집하여야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 해외전력, 「북한의 에너지, 전력동향」, 1993, 10
- [2] 한국전력공사, 미국 동서문화센터(EWC), 「한반도 전력사업의 장기 전망 및 투자부문 협력 방안(중간보고서)」, 1997.12
- [3] 한국전력공사, 「韓國電氣百年史」, 1989
- [4] 통일원, 「북한 산업 지도도」, 1991.
- [5] 통일부, 「남북한 경제지표」, 1992
- [6] UN, 「1990 Energy Statistics Yearbook」, 1993
- [7] 한국전력공사, 「98年 長期 送變電 設備計劃」, 1998.11
- [8] 한국전력공사, 「남북한 전력계통 구성방향에 관한 연구(중간보고서)」, 1997.7
- [9] 한국전력공사, 「남북한 전력계통 구성방향에 관한 연구(II단계 최종보고서)」, 1998.11
- [10] 대한 전기학회 기술조사 보고(제13호), 「남북 전력 현황과 전망」, 1998.10
- [11] 에너지경제연구원, 「남북한 에너지산업체계 분석 및 협력방안 연구」, 1993
- [12] 국토통일원, 「北韓概要」, 1991
- [13] 김병섭 신중린 외, 「남북 전력협력력을 위한 계통 연계 및 대처방안」, 대한전기학회 전력계통연구회 학술대회 논문집, pp. 109-111, 2000. 5. 20