



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

碩士學位論文

신재생에너지 확대 및 안정적 전력공급을 위한
거점변전소 모델연구

濟州大學校 産業大學院

電氣工學科

金 喜 權

2015年 6月

碩士學位論文

신재생 에너지 확대 및 안정적 전력공급을 위한
거점변전소 모델연구

指導教授 金世鎬

濟州大學校 産業大學院

電氣工學科

金喜權

2015年 6月

신재생 에너지 확대 및 안정적 전력공급을 위한 거점변전소 모델연구

指導教授 金世鎬

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

2015 年 6 月 日

濟州大學校 産業大學院

電氣工學科

金喜權

金喜權의 工學 碩士學位 論文을 認准함.

2015 年 6 月 日

委員長 吳性寶



委員 李開明



委員 金世鎬



목 차

그림 목차	ii
표 목차	iv
SUMMARY	v
I. 서 론	1
II. 신재생에너지 거점변전소 모델 필요성	3
2.1. 제주지역 전력설비 현황	3
2.2. 제주지역 신재생에너지 현황	4
2.3. 거점변전소 모델 필요성	6
III. 신재생에너지 확대 및 안정적 전력공급 방안	13
3.1. 신재생에너지 발전단지 연계실정	13
3.2. 거점변전소를 모델을 통한 신재생에너지 확대방안	16
3.3. 거점변전소를 통한 안정적 전력공급 방안	21
IV. 거점변전소 모델연구	23
4.1. 제주 서남부 지역	23
4.2. 제주 서북부 지역	29
4.3. 결과 및 고찰	35
V. 결 론	37
참 고 문 헌	38

그 립 목 차

그림 1	제주지역 전력계통도	3
그림 2	제주지역 신재생에너지 발전단지 분포도	5
그림 3	변전소 인근 전력설비 인출도로 전경	8
그림 4	안덕변전소 인출 전력구 현황	9
그림 5	지중선로 굴착공사 작업현장	9
그림 6	지중선로 건설 절차도	10
그림 7	서부지역 배전선로 계통보강 현황	11
그림 8	성산변전소 신재생에너지 전용선로 현황도	13
그림 9	성산변전소 신재생에너지 연계선로 단선도	14
그림 10	동북부지역 풍력발전단지 구성도	15
그림 11	신재생에너지 거점변전소 모델 개요도	16
그림 12	신재생에너지 거점변전소 모델에 따르는 연계선로 단선도	17
그림 13	신재생 거점 변전소 모델링	19
그림 14	계통 송전선로 분기 방법 예시	20
그림 15	일반 수용가에 대한 신재생 거점변전소 부하공급도	21
그림 16	제주 서남부 지역 거점변전소 설치위치 검토도	23
그림 17	신재생에너지 0MW 전력공급시 제주계통 조류검토	26
그림 18	신재생에너지 100MW 전력공급시 제주계통 조류검토	26
그림 19	신재생에너지 200MW 전력공급시 제주계통 조류검토	27
그림 20	신재생에너지 400MW 전력공급시 제주계통 조류검토	27
그림 21	제주 서북부지역 거점변전소 설치위치 검토도	29
그림 22	신재생에너지 0MW 전력공급시 계통계통 조류검토	32

그림 23	신재생에너지 100MW 전력공급시 제주계통 조류검토	32
그림 24	신재생에너지 200MW 전력공급시 제주계통 조류검토	33
그림 25	신재생에너지 400MW 전력공급시 제주계통 조류검토	33

표 목 차

표 1	제주지역별 풍력단지 운영 및 계획현황	4
표 2	접속전압에 따른 공사비 비교	6
표 3	22.9kV, 154kV 전압방식에 따른 송전손실 계산	10
표 4	모슬포 지역 부하조정 계획표	12
표 5	서남부지역 신재생 거점변전소 위치선정에 대한 종합 검토표	25
표 6	서남부지역 신재생에너지 전력공급량에 따른 제주계통 조류검토	28
표 7	서북부지역 신재생 거점변전소 위치선정에 대한 종합 검토표	31
표 8	서북부 지역 신재생에너지 전력공급량에 따른 제주계통 조류검토	34
표 9	가공송전선로 종류별 연속 허용전류	36

Study on the Base Substation Model for
Renewable Energy Extension and
Stable Electric Power Supply

Hee-Gwon Kim

Department of Electrical Engineering

Graduate School of Industry

Jeju National University

Supervised by professor Se-H0 Kim

Summary

Power generation business for clean and renewable energy which utilize abundant wind and strong sunshine progress well in jeju island along with investment for study of local government units and officials of electric power and installation of verification facilities. However, due to increase in clean and renewable energy park, power

Transmission facilities have become saturated, and limit of interconnection capacity and difficulty in supplying electric energy to some areas has a negative impact on electric power system.

In this paper, I would like to model the base substations that could become the standard in terms of the distance between renewable energy plant parks, the distance between grid substations, capacity to expand renewable energy. After further analyze the distance between the load center, the ease of distribution lines construction for stable power supply in the south-western and north-western Jeju. Finally if distribution diagram is reviewed using pss/e program, I would like to verify effects of renewable energy base substation by presenting the maximum acceptable renewable energy plant park base substation capacity.

I. 서 론

제주지역은 바람, 태양, 바이오 등 신재생에너지를 위해 필요한 자원이 풍부하여 풍력 및 태양광 발전단지가 증가하고, 에너지 저장장치, 전기자동차 등 다양하고 실질적인 연구가 국내에서 가장 활발하게 진행되는 지역이라 할 수 있다[1][2][3].

하지만 신재생에너지 발전단지의 증가는 22.9 kV 연계용량의 부족, 신재생 발전단지와 계통 변전소를 연결하는 전용선로(22.9 kV, 154 kV)의 무분별한 설치로 인한 계통 변전소 인근의 송전선로 혼잡을 초래하고 있다[4][5].

또한 전용선로 공사의 빈번함으로 인하여 주민불편과 함께 자연환경 훼손 문제가 발생하고 이에 따르는 비용 낭비 요인이 상존하고 있다.

계통 변전소와 신재생에너지 발전단지를 연계하는 전용선로를 설치할 때 154 kV 전압으로 전용선로를 설치하면 초기비용이 많이 발생한다. 이 때문에 원거리에 위치한 계통 변전소에 22.9kV급 전용선로를 연계하면서, 연간 선로 손실에 따르는 비용 문제도 지적되고 있다[6].

아울러 관광, 회의, 레저 시설의 신설로 인한 부하는 증가하나, 배전선로 등 전력망 건설의 어려움으로 인하여 일부지역에 대한 전력공급이 원활하게 이루어지고 있지 않은 실정이다.

최근에 건설되고 있는 풍력 발전소가, 인근에 설치되는 풍력 발전소와 공동으로 계통 변전소간 모선과 전용선로를 공동으로 이용한 사례가 있다. 이를 통하여 22.9 kV 연계용량 확보, 환경 및 주민피해 최소화, 선로 손실에 따르는 사회적 비용을 저감하여 신재생에너지 거점 변전소의 건설방향에 대한 일부 발전적인 대안을 제시해 주고 있다.

그러나 공동 이용에 따르는 신재생에너지 발전단지 용량, 사업부지 선정기준, 연계선로 시공절차 등의 기준이 마련되지 않아 제도화 하기에는 아직 부

족한 면이 있다.

본 논문에서는 신재생에너지 22.9 kV 연계용량 확보, 변전소 인출 송전선로 혼잡해소, 중복투자 및 송전 손실비용 최소와 함께 부하공급에 취약한 지역에 안정적으로 전력을 공급할 수 있는 거점 변전소를 모델링 하고자 한다. 또한 모델링한 거점 변전소를 신재생에너지 증가와 부하공급의 필요가 예상되는 제주 서남부 및 서북부 지역에 대하여 적용해 보고, 최적의 위치가 될 수 있는 지역을 선정해 보고자 한다.

선정된 거점 변전소에서 신재생에너지 전력을 공급할 때 제주 계통조류에 미치는 영향을 PSS/E 프로그램을 통하여 분석하고, 수용 가능한 용량을 제시하여 신재생에너지 거점변전소 효과를 검증하고자 한다.

Ⅱ. 신재생에너지 거점변전소 모델 필요성

제주지역의 전력설비 및 신재생에너지 발전단지 현황을 파악하고 그에 따르는 신재생에너지 거점 변전소 모델 필요성에 대하여 살펴보고자 한다.

2.1. 제주지역 전력설비 현황

제주지역 전력계통은 그림 1과 같이 변전소 12개소와 변환소 2개소, 154 kV 급 송전선로 26회선으로, 273기 철탑과 지중선로를 포함하여 426 C-km로 환상망으로 구성되어 있다. 배전선로는 106회선에 공장 7,608 C-km, 지지물 약 166,000기로 제주 전 지역에 전력을 공급하고 있다. 발전원으로는 HVDC 35만 kW, 도내발전소 59만 kW, 신재생에너지 20.4만 kW로 총 114.4만 kW의 전원 공급 설비를 갖추고 있으며, 2014년 최대 수요전력은 하계 68.9만 kW, 동계76.2만kW로서 예비율 11 %를 유지하였다. 해저 연계선로로 육지와 연결되었으나, 독립적인 전력계통이라 할 수 있고 태풍 등 자연재해에 취약한 구조라 할 수 있다.

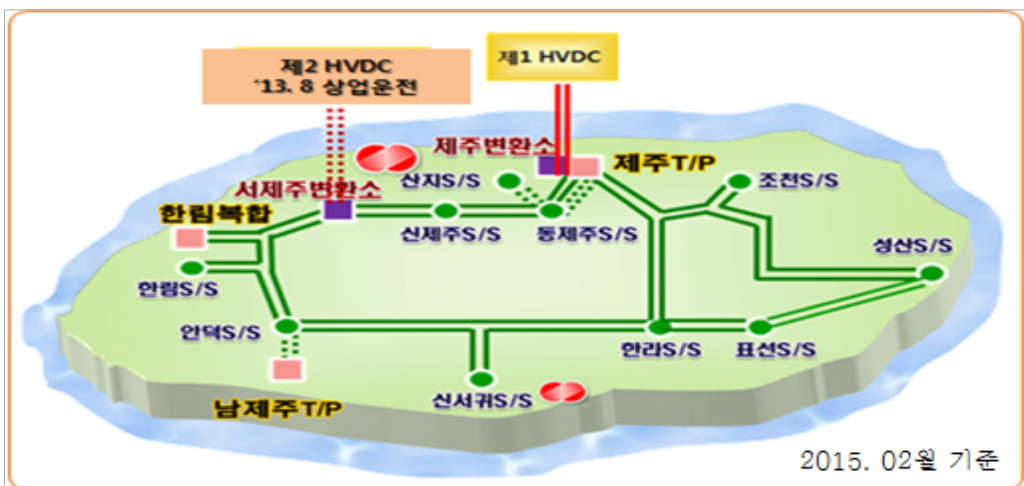


그림 1 제주지역 전력계통도

2.2. 제주지역 신재생에너지 현황

제주지역은 풍력단지 12개소(153.3 MW), 태양광 발전단지 184개소(48.4 MW), 소각장 1개소(2.7 MW), 소수력 1개소(0.6 MW)등 일부 에너지원에 치우치지 않고 다양한 에너지원으로 분포되어 있으며, 표 1은 제주지역에서 대표되는 풍력단지를 나타내었다.

아울러 풍력발전기의 기술발전 및 해상풍력 건립 등으로 인하여 발전단지가 대형화 되고 있고, 100 kW 미만의 소규모 태양광 단지의 설치가 증가하고 있는 추세이다.

표 1 제주지역별 풍력단지 운영 및 계획 현황 (2015. 1월기준)

지 역 별	주 요 단 지	용 량(MW)
제주북부	행원, 김녕, 월정(동북, 김녕, 월정)	34
제주동북부	삼달, 가시, 성산(표선해상)	98
제주서부	월령(상명, 어음)	2.0
제주서북부	한경, 신창	23
제주서남부	(대정해상)	결정안됨

※ 괄호안은 현재 이용계약이 체결이 안되고 검토중인 사업이다.

점유율이 높은 풍력발전소의 경우 풍력단지 구성에 필요한 입지조건 및 풍황 등을 고려하면 그림 2와 같이 지역적으로 행원, 김녕, 월정 풍력단지의 김녕권, 삼달, 가시, 성산 풍력단지의 성산권, 현재 계획되고 있는 상명, 어음 풍력 발전단지의 한림권, 한경, 신창 풍력단지의 한경권과 해상풍력이 계획된 대정 해상 풍력단지의 대정권 등 5개 지역권으로 분류가 가능하다.

제주 지역이 신재생에너지 발전단지는 그림 2와 같이 제주의 동부 및 서부 지역에 편중되어 있어 계통 변전소에 대한 연계용량 부족 및 송전선로 혼잡 등의 문제점이 대두되고 있는 실정이다.



그림 2 제주지역 신재생에너지 발전단지 분포도

2.3. 거점변전소 모델 필요성

거점변전소 모델에 대한 필요를 연계용량 부족, 접속 송전선로의 혼잡, 원거리 송전에 따른 손실비용 발생과 일부 지역의 전력공급 상황이 어려운 점을 들어 살펴보고자 한다.

1) 22.9kV 접속시 계통변전소 연계용량 부족

제주지역은 신재생에너지 발전단지 부지조건과 풍향 및 일사량 등을 고려했을 때, 제주 동부 및 서부지역에 단지가 편중되어 설치되는 양상을 나타낸다.

또한 154 kV 전압으로 연계선로를 건설할 때 표 2와 같이 22.9 kV 건설비용 대비 막대한 초기 비용이 발생한다. 이는 154 kV 전압으로 시설 했을때 변압기의 추가 설치 이외에 케이블 자재 비용이 22.9 kV보다 훨씬 높아 초기 비용 상승의 주요 원인으로 작용하고 있다[7].

표 2 접속전압에 따른 공사비 비교

공종별 / 전 압	154kV	22.9kV
케이블	CNCV 600mm ² (관로)	XLPE 400mm ² (관로)
부대공사	M.TR : 1BANK 170kV GIS : 1식	22.9kV GIS : 1식
비용(단가:km당)	10.8억	5.1억

초기비용 상승은 사업자들에게 용량은 적으나 연계선로 시공비가 저렴한 22.9 kV 전압으로의 발전사업을 선호하게 만들고 있다. 결국 22.9 kV 사업의 증가는 송배전 이용규정에서 정해진 22.9 kV 신재생에너지 접속용량을 포화하게 되고 일부 지역에서 소규모 신재생에너지 발전단지가 계통변전소에 22.9 kV로 접속하지 못하는 결과를 초래하게 되었다.

사업자들은 이러한 어려움을 극복하고자 발전단지와 원거리에 위치한 접속용량에 여유가 있는 계통 변전소에 접속하거나, 거리를 단축시키고 연계용량의 제한을 만족시키기 위해 계통변전소 인근에 신재생에너지용 변전소를 별도 시설하려는 노력을 보이고 있어, 변전소의 난립과 전기품질 저하 등의 우려를 낳고 있는 실정이다.

2014년 8월 변전소당 접속용량을 기존 40MW에서 75MW로 늘리고, 조건이 되는 계통 변전소에 사업자가 변압기를 증설하여 접속시키는 안으로 송배전 이용규정을 개정하였으나, 증가하는 신재생 에너지의 추세로 볼 때 사업자들을 만족시키는 수준에 도달하기에는 어렵다고 볼 수 있다.

2) 계통변전소 인근 접속송전선로 혼잡발생

지자체는 신재생에너지 발전단지용 연계 송전선로 시설시(22.9 kV, 154 kV) 지하로 매설하는 지중화 방식을 요구하고 있다. 그러나 현실적으로 그림 3과 같이 변전소 인출지역 도로에는 전력공급용 송·배전 설비가 관로 및 전력구 형태로 도로 한쪽을 점유하고 있고, 다른 맞은편 도로에는 상하수도관, 통신관로 및 기타 주민 편의를 위한 지중 매설물들이 다수 설치되어 있다. 이로 인해 기설 도로에 추가적인 지중공사를 시행하기에는 어려운 점이 있다.

그림 3.(가)는 한림변전소 인출 도로 전경으로서 한림 발전소가 인접하여 있고, 가공 배전선로 이외에 지중선로가 그림의 우측에 매설 되어있으며 통신, 상하수도, 우수 관로가 그림의 좌측에 설치되어 있다.

그림 3.(나)는 조천변전소 인출도로 전경으로서 그림 좌측에는 154kV 송전선로와 22.9 kV 배전선로가 설치되어 있고 그림 우측에는 배전전주 및 신재생에너지 발전용 연계선로가 매설되어 있다.



(가) 한림변전소 인출 전력설비 현황

(나) 조천변전소 인출 전력설비 현황

그림 3 변전소 인근 전력설비 인출도로 전경

한림변전소와 조천변전소는 제주지역 내에서 태양광, 풍력 등 신재생에너지 발전단지의 전용선로를 가장 많이 수용하고 있는 변전소이다. 한림변전소의 경우 22.9 kV 전용선로 2회선과 6회선의 배전선로, 154kV 송전선로 1회선, 조천변전소는 22.9kV 전용선로 2회선과 5회선의 배전선로, 154 kV 송전선로 2회선이 변전소 인출지역 지하에 매설되어 있다.

이로 인하여 22.9 kV 연계용량 부족과 함께 변전소 인출의 혼잡으로 새롭게 설치되는 신재생에너지 발전단지 전용선로 시설에 어려움으로 작용하고 있다.

혼잡한 변전소 인출 도로에 전용 송전선로를 설치하더라도 제주 전력계통에 연계하기 위한 계통 변전소 구내에서의 접속도 어렵다. 그림 4는 조천변전소 구내 전력구에 설치된 22.9 kV 배전선로와 154kV 송전선로가 설치된 모

습이다. 그림 4와 같이 기존의 설비들이 밀집되고 복잡하게 설치되어 있어 변전소 구내의 전력구 및 관로 이용은 사실상 어려움이 있다.



그림 4 조천변전소 인출 전력구 현황

도로 및 기타 일반 경과지에 신설 연계선로 설치를 위해 기존 설비를 이설하거나 선로를 신설해야 하나, 시공상의 문제 및 비용이 소요되고, 신규 지중공사에 따른 주민불편 및 그림 5와 같은 환경훼손의 문제 발생이 우려되는 실정이다.



그림 5 지중선로 굴착공사 작업현장

3) 중복투자 및 원거리 송전에 따른 손실비용 발생

제주 지역 내에서 신재생에너지 발전단지는 1단지 1전용선로로 시설되고 있다. 아울러 100 kW미만 소규모 발전단지 계획 시 인근에 신재생을 흡수할 배전선로가 없을 경우 사실상 불가하다. 불가피하게 선로를 건설하려면 그림 6과 같이 도로굴착, 관로포설, 되메우기의 과정을 거치면서 기존 경과지 전력설비의 이설이나 조정을 통하여 추가적인 선로를 설치하여야 한다.



그림 6 지중선로 건설절차도

이로 인해 계통변전소의 22.9 kV 연계용량 부족 및 연계선로 혼잡에 따라 신규 사업자들은 원거리에 위치(20 km이상)한 계통변전소에 22.9 kV 전압으로 연계한다. 이는 최초 투자비용을 감소시킬 수는 있으나, 장기적으로 선로손실에 따르는 비용 측면에서 불리할 뿐 아니라, 장거리 연계선로 운영에 따르는 고장발생 위험성, 전압강하 등 많은 문제점 들을 내포하고 있다. 표 3은 22.9 kV급과 154 kV급으로 동일거리에서 송전하였을 경우의 손실량을 나타내고 있다.

표 3 22.9kV, 154kV 전압방식에 따른 송전손실 계산 (1일8시간 운전)

전압	최대전력	평균전력	년간 손실량(kwh)
154kV	33MW	13.2MW	213,113
22.9kV	11MW	4.4MW	7,247,430

4) 부하공급의 어려움

최근 제주지역은 영어교육도시, 신화역사공원, 제주혁신도시 등 관광, 교육, 레저 관련 대규모 단지 시설 계획이 전 지역에 걸쳐 진행되어 빠른 부하증가가 예상되고 있다. 이로 인하여 양어장, 농업시설등 대규모 전력을 소비하는 지역에 대하여 선로 과부하, 전압강하 등의 문제가 나타 날수 있고, 중요 전력 수용가에 대하여 안정적인 2중 전원을 확보 하는데도 문제가 발생하고 있다.

제주지역 여건상 변전소 및 변압기 증설은 부지확보, 배전선로 구성, 공사기간 장기화 등으로 증가하는 부하에 신속히 대응하기 어려워, 배전선로 계통보강을 통하여 이러한 문제들을 해결해 나가고 있으나, 비용과 설치기간이 장기적인 측면을 고려할 때 많은 어려움이 있다.

그림 7은 서부지역 해안가에 대한 부하 공급도를 나타내고 있다. 이 지역은 최대부하가 22,000 kW이고 양어장 등 고압 수용가가 60개소가 있다.

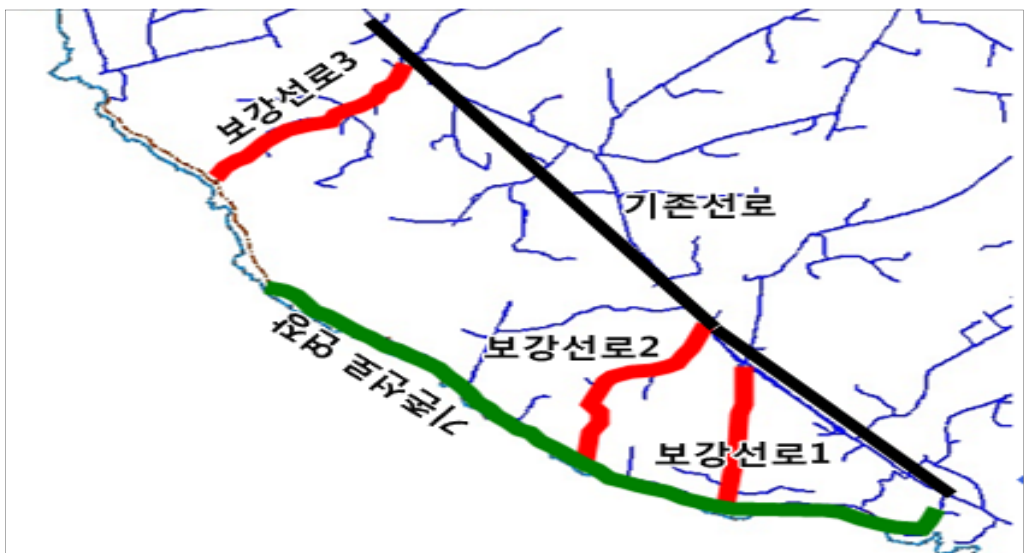


그림 7 서부지역 배전선로 계통보강 현황

기존선로 배전선로 용량이 최대 20,000 kw 임을 감안할 때 선로용량의 110%를 초과하고 있다. 이를 보강하기 위하여 그림 7과 같이 기존 배전선로를 연장하고 보강선로 1, 2, 3 배전선로를 신설하는 한편, 표 4와 같이 부하조정 및 구간개폐기, 배전선로 전압조정기(Step Voltage Regulator)등을 추가 설치하여 과부하 및 전압강하의 문제를 해결하고 있다.

표 4 모슬포 지역 부하조정 계획표 (단위 : MW)

배전선로명	무 령	일 과	영 락	신 평	보 성	합 계
이전 최대부하	7.8	-	8.7	9.0	9.3	34.8
예상 최대부하	7.1	8.2	8.0	6.5	5.0	34.8
양어장 부하공급	6.5	2.7	5.8	4.8	2.4	22.2

추가적인 선로 보강과 함께, 이 지역에 대한 양어장 등의 고압수용가 추가건설 계획이 없어 부하증가는 다소 둔화될 전망이나, 장궁장 및 선로 말단 부하 집중 지역으로서 부하절체 및 순간 부하집중으로 인한 저전압이 발생할 수 있는 문제를 내포하고 있다. 이는 모슬포 지역에 국한 되지 않고 제주의 모든 지역에 나타날 수 있다

Ⅲ. 신재생에너지 확대 및 안정적 전력공급 방안

최근에 제주지역에 시설되는 신재생에너지 발전단지 건설방법에 대한 문제점을 분석하고, 신재생 발전단지 변전소 건설 사례를 통하여 거점변전소를 모델링하며, 제주지역의 전력공급에 대한 제약요인 분석 후 안정적인 전력공급 방안에 대하여 설명하고자 한다.

3.1. 신재생에너지 발전단지 연계실정

1) 제주지역의 현재상황

현재 신재생에너지 발전단지는 그림 8의 성산변전소 예와 같이 대용량, 소용량, 기타의 신재생에너지 발전단지가 각각의 전용 송전선로를 시설하거나, 기존 배전선로에 연계 후 계통변전소에 연결하고 있다. 또한 일반 수용가에 대한 부하는 성산 변전소에서 공급하고 기타의 신재생에너지 발전단지는 수용가에 대한 부하를 공급하지 않는다.



그림 8 성산변전소내 신재생에너지 전용선로 현황도

그림 9는 신재생에너지 연계선로 접속 현황을 나타낸 성산변전소 단선도의 일부를 나타내었다.

154 kV 용량의 삼달풍력 발전단지와 22.9 kV급 용량의 성산풍력#1, #2 발전단지 총 3개의 신재생에너지 전용선로가 개별적으로 계통변전소 모선에 접속하고 있다.

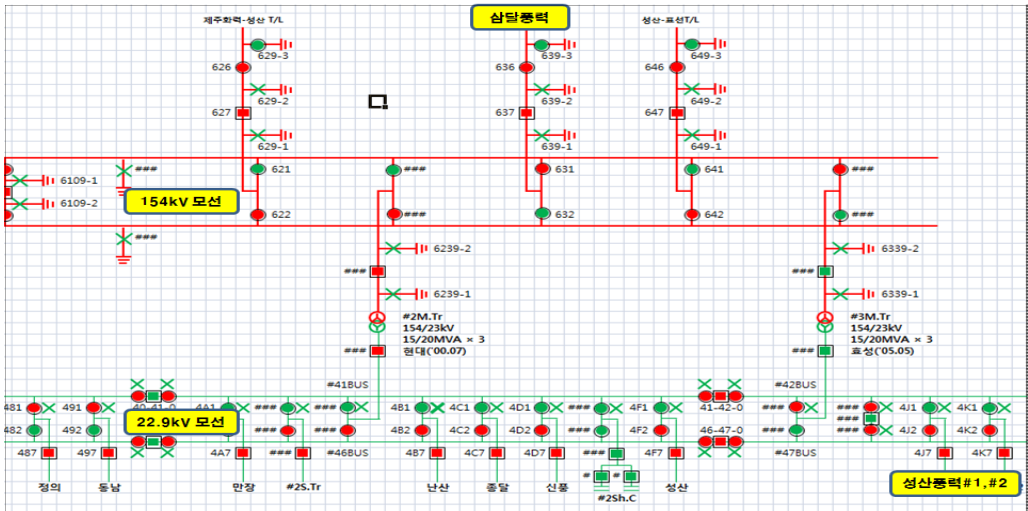


그림 9 성산변전소 신재생에너지 연계선로 단선도

그림 8과 그림 9에서 보는 바와 같이 22.9 kV급, 및 154 kV급 신재생에너지 발전단지용 연계선로가 계통 변전소에 개별 접속하면서, 22.9 kV 연계용량을 초과하고, 계통변전소 모선의 혼잡을 발생시키고 있다. 이는 인출 송전선로의 또 다른 혼잡을 초래하여 신재생에너지 발전단지 신규 설치에 어려움으로 작용한다. 또한 신재생에너지 연계선로에 예기치 않은 고장이 발생할 경우 고장이 모선전체에 파급될 수 있어, 자칫 계통변전소에 접속된 부하공급 선로가 정지되는 위험을 초래할 수 있다.

또한 신재생에너지 발전단지용 연계선로의 혼잡으로 인하여 부하공급용 설비인 변압기와 차단기의 설치공간 부족으로 인하여 부하증가에 따른 전력설비의 적기 설치도 어려워 질 수 있다.

2) 풍력발전단지 건설 사례 검토

제주 동북부 지역 내에서 건설된 풍력 발전단지(60 MW) 2개소는 동일 지역 내에서 2015년 준공을 목표로 각 풍력 발전단지의 계획을 수립하여 개별적으로 추진하였다. 그러나 그림 10과 같이 먼저 설치된 풍력발전단지의 연계 송전선로가 신설 조천-함덕간 우회도로를 사용하여 설치되어 있어, 후발 풍력발전 단지는 기존의 일주도로를 이용하여 송전선로를 연계하여야 하는 상황에서, 일주도로의 전력케이블과 지하매설물 등 송전선로 경과지의 혼잡으로 연계 송전선로 신설이 사실상 불가능한 어려움에 직면하였다.

이에 후발 풍력 발전단지는 22.9 kV 연계선로를 최초 설치된 풍력 발전단지의 22.9 kV 모선에 연결시키고, 계통 변전소와의 연계는 기 설치된 최초의 풍력 발전단지의 154 kV 송전선로 1회선을 공동으로 이용하여 추가적인 154 kV 송전선로 공사를 제외시킬 수 있었다. 154 kV 1,200mm² 송전선로 용량이 200 MW 내외 임을 감안 했을때 예비율은 충분히 확보 시킬 수 있으며, 이 지역에 향후 신설되는 태양광과 같은 소규모 발전 및 20 MW규모의 설비를 동북 풍력 단지에 수용하여 공용으로 이용할 있는 기반시설을 갖추게 되었다.

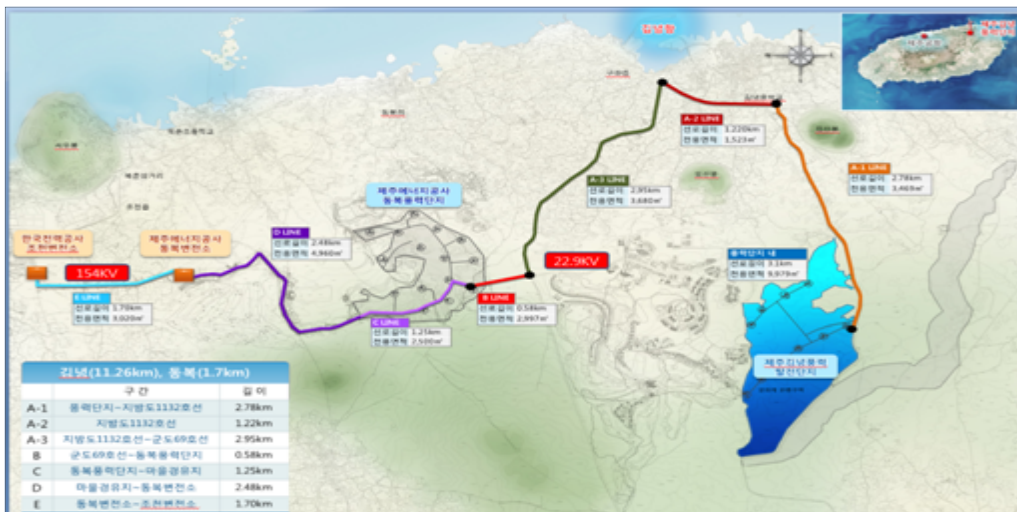


그림 10 동북부지역 풍력발전단지 구성도

3.2. 거점변전소 모델을 통한 신재생에너지 확대방안

22.9 kV 신재생에너지 연계용량 확보, 송전선로 혼잡해소 및 부하취약 지역에 대한 부하공급 변전소 역할 수행을 위한 거점변전소 설치 방안과 신재생에너지 발전단지의 용량에 따른 Case별 거점변전소 모델을 제시하고자 한다.

1) 신재생에너지 거점변전소 설치방안

현재 운영되고 있는 계통변전소의 22.9 kV 연계용량을 증가 시킬수 있는 방법은 사실상 없다. 아울러 송전선로의 혼잡을 해소하기 위하여 기존의 선로들을 재배치 하기에에도 비용 및 시간 측면에서 어렵다고 볼 수 있다.

이를 해결하기 위하여 그림 11과 같은 형태의 신재생에너지 거점변전소를 시설할 필요가 있다. 태양광, 풍력, 지열 등 신재생에너지 발전단지의 모든 연계 송전선로를 지역 내에서 규모가 가장 큰 신재생에너지 발전단지 1곳에서 수용하여 공용송전망 1개의 루트로 계통변전소와 연결시키는 방법이다.

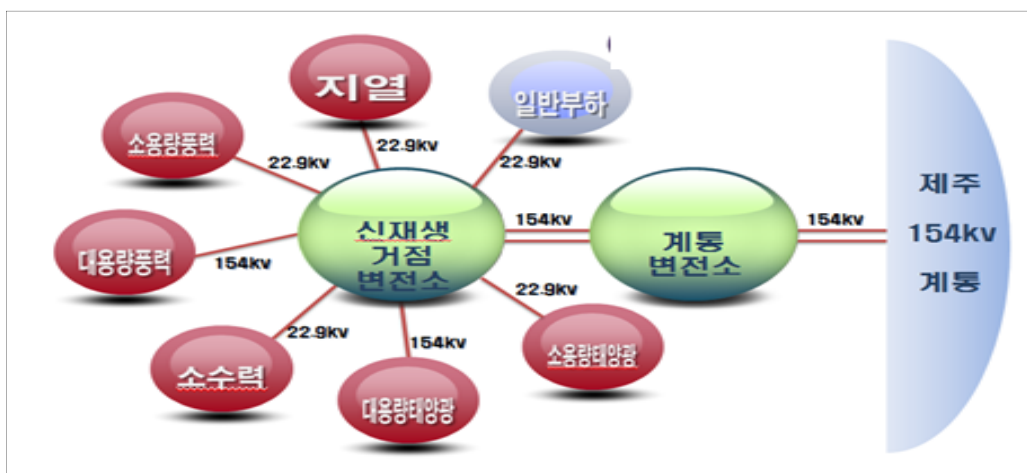


그림 11 신재생에너지 거점변전소 모델 개요도

또한 부하 공급용 변압기 설치 공간을 확보하면, 향후 지역내의 부하증가 시 적기에 부하를 공급할 수 있는 기반을 구축할 수 있다.

그림 12는 A, B, C, D, E, F 단지의 선로를 공용 관로를 사용하여 거점 변전소내의 154 kV, 22.9 kV 모선에 연결하고, 하나의 관로를 통하여 계통 변전소에 연결시킨 구조를 간단하게 나타내었다.

신재생에너지 발전단지 설치 필요에 따라 변압기 및 전력설비를 설치할 수 있어, 22.9 kV 연계용량의 한계에서 벗어날 수 있고, 계통 변전소 인출 혼잡을 피할 수 있다. 또한, 신규 신재생에너지용 연계선로를 추가 수용할 때에도 예비관로를 사용하여 쉽게 연계 시킬 수 있는 장점이 있다.

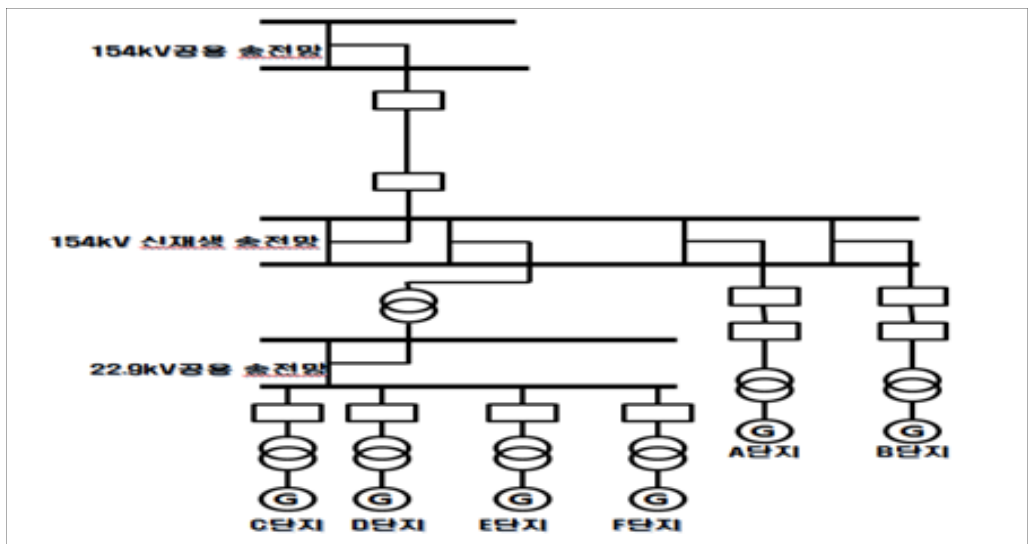


그림 12 신재생에너지 거점변전소 모델에 따르는 연계선로 단선도

아울러 계통 변전소와 신재생에너지 발전단지가 분리되어 있어 신재생 에너지용 선로 고장 시에도 전력계통에 미치는 영향을 최소화 할 수 있다.

이를 위해서 신재생에너지 발전단지를 계획 할 때는 다음과 같은 단계를 거쳐 신재생에너지 거점 변전소를 설치해야 한다[8][9].

첫 번째 단계로서 약 3,000 mm² 면적의 154 kV 변전소 부지규모 및 최대 8회선의 154 kV 송전선로와 26회선의 22.9 kV 배전선로 관로규모를 감안하고, 22.9 kV(18 MW) 및 154 kV(200 MW) 1회선 용량을 고려한 후, 향후 지역내의 신재생에너지 발전단지 총 설비 용량에 맞도록 거점변전소 규모를 정한다.

두 번째 단계로 154 kV, 22.9 kV 전압별 용량범위내의 신재생에너지 발전단지를 그룹핑 하여 발전단지별 연계선로 경과지를 최종 확정한다.

마지막 단계로 연계 송전선로 관로를 통합 시설한다. 수 개의 선로설치로 인한 매설공간 부족시 전력구를 이용하는 방법도 있다. 예비관로를 시설할 때 별도의 굴착공사 없이 새로운 선로를 쉽게 연계 시킬수 있으며, 154 kV 및 22.9 kV 모선 예비 공간을 확보하여, 필요시 기 설치된 모선을 이용하여 신규 송전선로를 접속하면 추가적인 모선시공 공사를 배제할 수 있다.

신재생 거점 변전소와 계통 변전소간 송전선로 연계는 154 kV급으로 접속하고 향후 신재생 부하 증가와 송전선로 1회선 고장시 대체할 수 있는 예비선로 1회선을 추가 설치하면 송전선로 용량 확보 및 계통의 안정도 꺾할 수 있다.

2) 신재생에너지 거점변전소 모델링

앞 절의 거점변전소 건설 방안을 토대로 신재생에너지 발전단지의 지역적 밀집, 용량, 계통 변전소간 거리 등의 조건에 따라 다양한 형태로 나타날 수 있으며, 그림 13과 같이 4개의 기본 Case 를 제시하고자 한다.

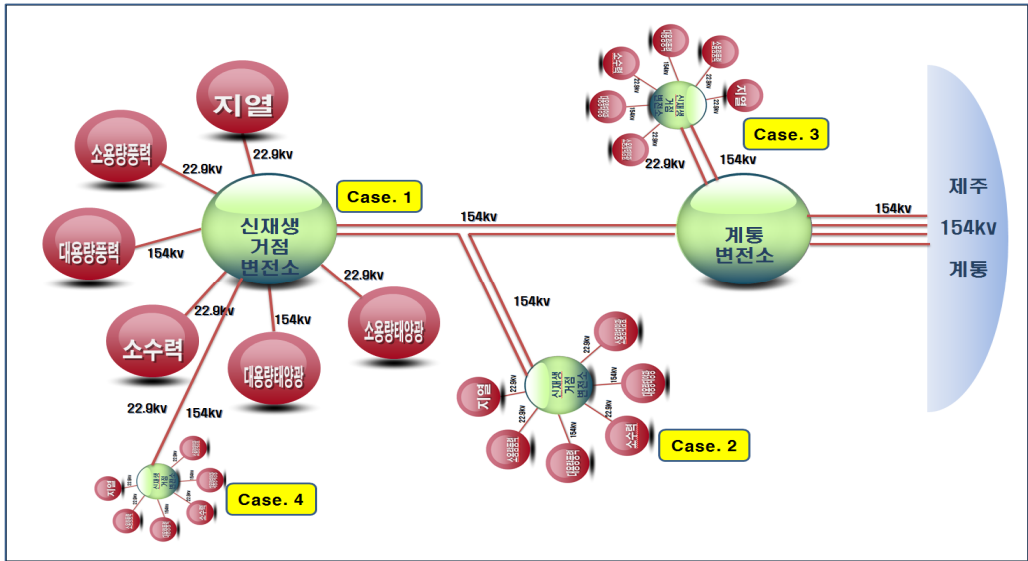


그림 13 신재생 거점변전소 모델링

가) Case 1

Case 1의 경우 신재생 발전단지가 밀집되어 있고, 100 MW 이상의 대용량 발전단지가 설치된 지역에 대하여 적용할 수 있다. 154 kV급 연계 송전선로 계통변전소와 연계되어 있어, 계통 변전소와 원거리(30 km)에 위치하여도 생산된 전력품질 및 손실의 문제는 없다. 또한 인근의 소용량 발전단지(20 MW급)의 거점변전소 전력을 22.9 kV전압으로 수용하기 때문에 지역내 소용량 발전단지의 거점변전소로 사용할 수 있는 장점이 있고, 용량 부족시 거점변전소와 계통 변전소간 회선증설 및 선종변경 등의 선로 보강을 통하여 확보할 수 있다.

나) Case 2

Case 2의 경우 Case 1 경우와 유사하나, 거점 변전소 인근에 계통 송전선로가 경과할 경우 그림 14와 같이 기존 1개의 선로를 분기하여 연결시킬 수 있는 방안이다. 연계 송전선로의 길이를 최소화 할 수 있어 건설비용을 줄일 수 있다. 송전선로 용량 부족 시 2개의 송전선로를 분기하면 계통 안정도 향상 및 선로 회선수에 비례하여 필요 용량을 확보할 수 있다.

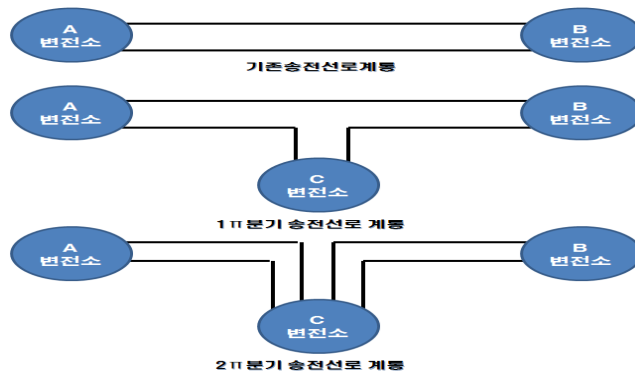


그림 14 계통 송전선로 분기 방법 예시

다) Case 3

Case 3는 소규모(30 MW급) 발전단지 지역의 거점변전소 형태를 나타내었다. 이는 중소 규모의 풍력단지(20MW급)를 중심으로 인근의 태양광, 소수력 등 소규모(100 kw미만)의 신재생에너지 단지를 수용하여 인근의 계통변전소에 접속시키는 방안이다.

라) Case 4

Case 4 또한 30 MW의 소규모 발전단지 지역의 거점변전소의 형태를 나타내었다. 이는 중소규모의 풍력단지(20 MW급)를 중심으로 인근의 태양광, 소수력 등 소규모(100 kw미만)의 신재생 단지를 수용하여 인근의 대규모 신재생용 거점 변전소에 접속시키는 방안이다.

3.3. 거점변전소를 통한 안정적 전력공급 방안

기존의 신재생에너지 변전소의 기능과 일반 수용가에 부하를 공급할 수 있는 기능을 추가하기 위하여 변압기 설치 또는 설치에 필요한 여유 공간을 확보해 두는 방안이다. 이를 위해서는 장기적인 부하 증가 추세에 대한 분석을 바탕으로 설비 시설 계획을 수립하여야 한다.

그림 15는 신재생에너지 거점 변전소와 계통 변전소에서 전력을 공급하는 방안을 나타내었다. 일반부하A는 신재생 거점변전소에서 단독으로 수용가에 부하를 공급하고 있다. 이는 계통 변전소와 장거리에 위치하여 계통 변전소에서 부하공급이 어려울 때 전력을 공급할 수 있는 방법이다. 그림 15의 일반부하 B와 일반부하 C는 신재생 거점 변전소와 계통변전소에서 부하를 분담하여 공급하고 있다. 2중 전원을 확보할 수 있어 1개 선로 고장 발생에도 대체가 가능하고, 특히 대규모 부하단지 및 중요시설에 대하여 특별한 다중 전원확보 대책을 위하여 반드시 필요한 전원공급 방안이다.

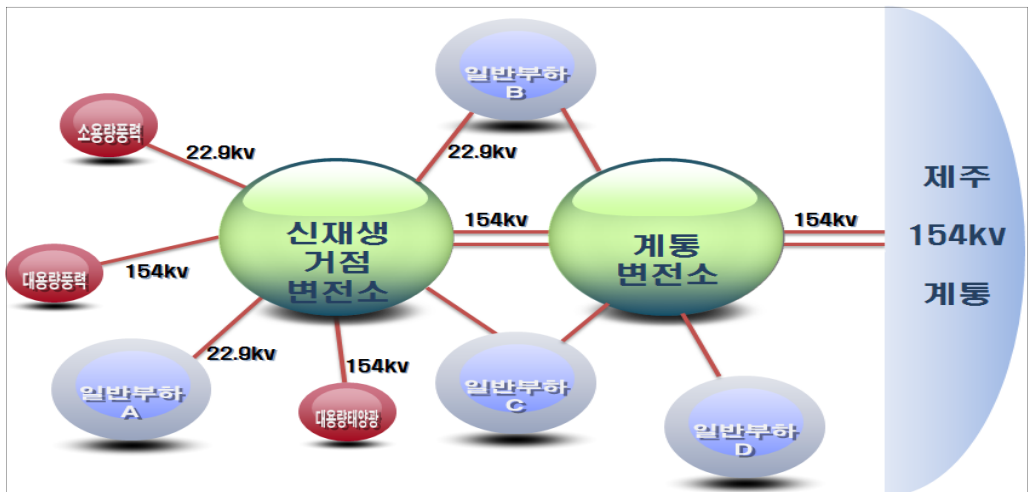


그림 15 일반 수용가에 대한 신재생 거점변전소 부하공급도

거점변전소를 이용하여 일반 수용가에게 전력을 직접 공급할 때 부하증가 및 과부하 발생 여부에 기 설치한 예비 관로를 사용하여 배전선로를 보강할 수 있어 안정적인 전력을 공급할 수 있는 토대를 마련할 수 있다.

이를 위해서는 신재생에너지 발전 사업자들도 전력을 공급한다는 인식전환이 필요하고, 그에 따라 거점 변전소 계획 단계에서 향후 신재생에너지 발전단지의 증가와 아울러 인근 지역에 대한 부하 전망도 고려하여야 한다.

또한 부하 공급을 위해 계통 변압기 설치에 따른 부지확보 비용, 전력설비 설치비용과 함께 시공 주체 지정에 대한 제도적인 뒷받침도 필요하다.

이와 유사한 사례로 증가하는 부하에 대응하기 위하여 기존의 주 변압기용량을 4Bank(240MVA)에서 8Bank(480MVA)로 늘리고 송전선로 8회선, 배전선로 48회선의 전력 공급능력을 극대화시킨 허브변전소를 경기도 시흥시 정왕동에 위치한 시화 국가 산업 단지내에 설치하여 운영하고 있다[10].

IV. 거점변전소 모델연구

본 장에서는 거점변전소 모델링을 통하여 제주 서남부 및 서북부 지역에 대하여 신재생 확대 및 안정적 전력공급을 위한 거점 변전소 설치방안과 함께, 3장에서 제시한 4개의 방안중 Case 1에 대하여 PSS/E 프로그램을 통한 거점변전소의 적정용량을 검토 하였다.

4.1. 제주 서남부 지역

제주 서남부 지역은 그림 16에서와 같이 모슬포 해안을 중심으로 대규모 해상 풍력 발전단지 설치 조건이 양호한 지역이다. 또한 한경면 지역을 중심으로 한 내륙 지역은 목장 및 평지대가 발달되어 있어, 20 MW 규모의 중소형 풍력 단지 및 500 kw 이하의 소규모 태양광 발전단지 시설에 적합한 지역이라 할 수 있다.



그림 16 제주 서남부 지역 거점변전소 설치위치 검토도

이 지역은 신재생에너지 발전 단지에서 생산된 전력을 20km이상의 원거리에 위치한 안덕 변전소 접속해야 하는 어려움이 있다. 또한 계통 변전소가 원거리에 위치하여 신재생 연계선로 구성 문제 외에도, 원거리 지역에 부하를 공급하면서 과부하 및 전압강하의 문제도 나타날 수 있다. 이 지역은 계통 변전소인 안덕 변전소 1개소에서 신재생에너지 발전단지의 전력을 수용하고, 부하 공급을 위한 선로가 다수 있어 변전소 인출 혼잡이 한계에 도달한 상황이라 할 수 있다.

따라서 거점 변전소 위치 선정 시 그림 16에서 나타난 신재생에너지 발전단지 지역과 부하 밀집 지역인 모슬포 지역을 감안하여 안덕 변전소의 중간에 위치한 지역에 2개의 예정 지역을 제시하고, 지리적 위치, 용량, 전력공급의 용이성 등을 종합 분석하여 신재생 에너지 확대와 전력 공급 측면을 고려하여 위치를 도출하고자 한다.

1) 신재생 에너지 확대 측면

해상풍력 발전단지가 100 MW 이상 대용량임을 가정할 때 거점변전소는 해상 풍력 단지내 신재생에너지 변전소로 결정하여 인근의 중소형 신재생 발전단지의 전력을 통합하여야 한다. 154 kV급 연계 송전선로의 거리를 최대한 단축하고, 육상풍력 발전단지의 전력을 수용하기 위한 지점을 고려할 때 그림 16상의 2지역에 설치하면 유리하다.

2) 전력공급 측면

표 5와 같이 계통 변전소와 원거리인 모슬포 인근 해안지역 전력공급을 위하여 1지역에 설치하여야 하나, 한경면 지역에 대한 부하증가 대책과 함께 서남부 지역의 전체적인 전력 공급을 위하여 2지역에 설치하는 것이 유리할 것으로 사료된다.

표 5 서남부 지역 신재생 거점변전소 위치선정에 대한 종합 검토표

검토항목	1지역	2지역
지리적 위치	보통 154kV 송전선로 장공장	양호 154kV 송전선로 단공장
신재생에너지 확대측면	불리 인구밀집지역으로 육상풍력 설치곤란	양호 북부지역 평지대 환경권 신재생 흡수가능
전력공급 용이	보통 모슬포지역 부하공급유리 한경지역 부하공급 불리	양호 모슬포와 한경지역 중간
공사시공성	양호	양호

3) PSSE 프로그램을 통한 거점변전소 적정용량

2지역에 거점변전소 설치시 송전선로 최대 2회선 고장에 따른 과부하개소 발생여부 등 제주지역의 전력계통 변화에 대하여 거점변전소가 100~400MW 전력을 공급할 때 검토를 하고, 그에 따라 거점변전소의 신재생에너지 적정용량을 검토하였다.

가) 신재생 에너지 0MW 전력공급

제주 전력계통부하 750MW 수준에서 풍력발전 0MW, #1,2 HVDC의 수전량을 270MW 가정할 때, 그림 17은 제주 전력계통의 정상시의 조류흐름을 나타낸다.

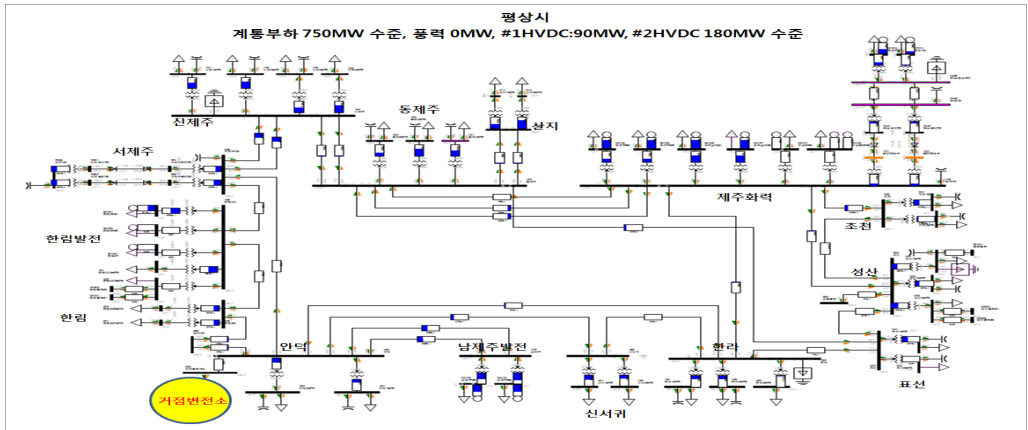


그림 17 신재생에너지 0MW 전력공급시 제주계통 조류검토(정상시)

나) 신재생 에너지 100MW 전력공급

그림 18은 거점변전소 전력 공급량을 100MW 가정하여 송전선로 1회선 및 2회선 고장을 상정하여 검토 하였으며, 100MW 공급시 제주계통에 과부하 선로 지역은 나타나지 않는 것으로 분석되었다.

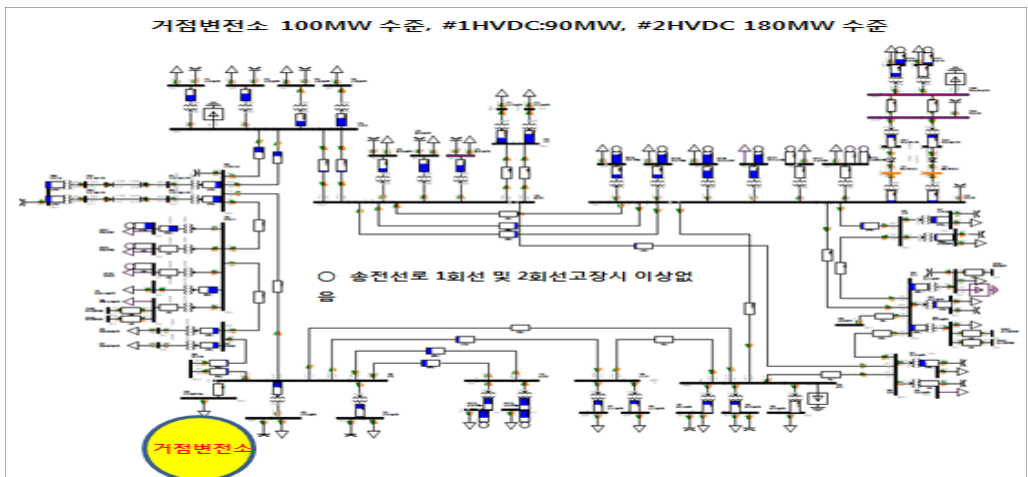


그림 18 신재생에너지 100MW 전력공급시 제주계통 조류검토

다) 신재생에너지 200MW 전력공급

거점변전소에서 200MW의 전력을 공급할 때 그림 19와 같이 안덕-신서귀, 한라-안덕T/L 고장시 신제주-서제주 #1,2T/L이 과부하가 나타남을 알 수 있다.

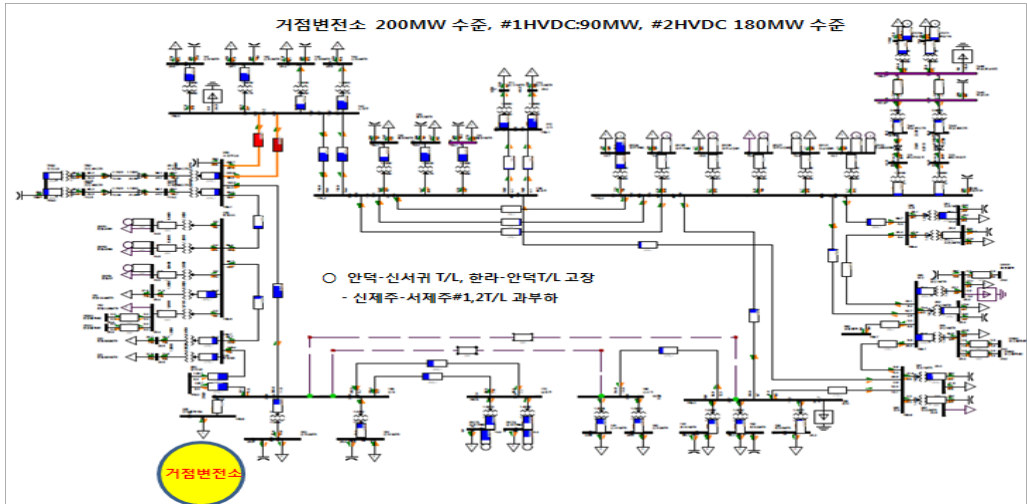


그림 19 신재생에너지 200MW 전력공급시 제주계통 조류검토

라) 신재생에너지 400MW 전력공급

거점변전소에서 400MW 전력을 공급할 때 그림 20과 같이 안덕-금악T/L 고장시 서제주-한림복합 #1,2T/L이 과부하가 나타남을 알 수 있다.

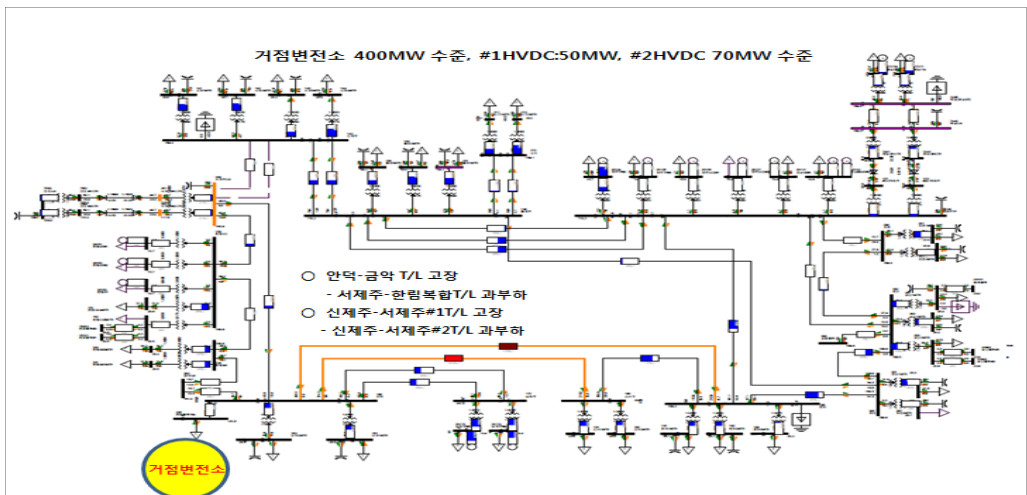


그림 20 신재생에너지 400MW 전력공급시 제주계통 조류검토

서남부지역의 신재생 거점변전소의 전력 공급량 별 연계송전선로 1회선 및 2회선 고장에 따라 발생할 수 있는 전력계통의 과부하 선로를 표 6과 같이 종합할 수 있다.

표 6에서 나타난 것과 같이 신재생에너지 발전단지에서 최대 400MW의 전력을 공급 하였을 때, 고장선로 회선수 만큼 과부하가 발생되었다. 이는 안덕변전소의 인출 송전선로가 6회선으로 고장발생에 따른 전력을 분산할 수 있는 여력을 갖추고 있음을 알 수 있다.

표 6 서남부지역 신재생 에너지 전력공급량에 따른 제주계통 조류검토

공급량 (MW)	고장선로 산정	과부하선로
100	송전선로 2회선	과부하 선로 없음
200	신제주-서제주	신제주-서제주#2
	안덕-신서귀,한라-안덕	신제주-서제주#1,2
300	신제주-서제주	서제주-안덕
	신제주-서제주 #1,2	한라-안덕,안덕-신서귀
	한라-안덕, 안덕-신서귀	서제주-안덕
400	안덕-금악	서제주-한림복합
	신제주-서제주#1	신제주-서제주#2

4.2. 제주 서북부지역

한림 지역은 한경 해안을 중심으로 해상발전 및 한경면, 애월읍, 평화로 인근 목장지대 중심으로 소규모 신재생에너지 발전단지의 증가가 예상된다.

아울러 이 지역은 전력을 공급하는 계통변전소 2개가 인접하여 설치되어 있어 주민 정서상 계통 변전소와 같은 대규모의 추가적인 전력설비 설치가 어려운데 반해, 평화로 인근의 리조트 단지 증가 및 원거리의 한경면 지역 전력공급을 위하여 별도의 대책이 필요한 지역이다. 또한 제주지역의 전력계통과 2회선 단일계통으로 연결되어 있어 계통에도 취약한 지역이라 할 수 있다.

그림 21은 서북부 지역의 계통변전소와 향후 신재생에너지 발전단지가 예상되는 지역을 나타내었다. 한림 및 한경 인근에 대규모 해상 풍력단지 건설이 유리하고, 애월 및 이시돌 목장을 중심으로 넓은 목초 지대가 분포되어 중소규모의 풍력 발전단지 및 소규모 태양광 발전단지 건설이 용이한 지역이다.



그림 21 제주 서북부지역 거점변전소 설치위치 검토도

한림발전소 구내에 부하공급을 위한 변전소가 설치되어 있고, 인근에 계통변전소인 한림 변전소가 위치하고 있다. 신재생에너지 발전 단지가 넓게 분포되어 있고 그 중심에 계통 변전소 위치하여, 중심 지역인 한림변전소에 신재생에너지 연계선로를 접속하여야 하나, 한림 변전소가 소규모 변전소임을 감안할 때, 지역내 신재생에너지 발전단지의 연계선로를 전부 수용하기에는 어렵다고 할 수 있다. 또한 부하 중심 지역에 변전소가 위치하여 있어 한림지역의 부하공급에 따르는 문제점은 없을 것으로 사료되나, 한경면 지역의 부하가 증가할 경우 한림 변전소와 원거리에 위치한 점을 고려하여 별도의 대책이 필요한 실정이다.

따라서 한경면 인근 해상에 대규모 해상 풍력 발전단지가 건설되고 중소규모의 신재생 발전단지가 2-1, 2-2, 2-3 지역에 설치될 것을 예상하여 대규모 발전단지와 계통변전소간 중간위치에 있는 1지역과, 소규모 발전단지가 예상되는 2-1, 2-2, 2-3지역을 예정 거점변전소로 제시하고 지리적 위치, 용량, 전력공급의 용이성 등을 신재생 에너지 확대와 전력 공급 측면에서 고려하여 최종 위치를 도출하고자 한다.

1) 신재생 에너지확대 측면

제주 서남부 지역과 같이, 해상풍력 발전단지가 대용량임을 가정할 때 거점 변전소는 해상 풍력발전 단지내 신재생에너지 변전소로 결정하여 인근의 중소형 신재생에너지 발전단지의 전력을 통합 하여야 한다. 다만 이 지역에 대하여는 대용량 발전소 이외에 중소규모 신재생에너지 발전단지의 광범위한 분포가 예상되어 있어 대용량 및 소규모의 거점변전소가 필요하여 **1지역**에 대규모 거점변전소를 시설하고 **2-2지역**에 소규모 거점변전소를 신설 하는게 유리하다.

2) 전력공급 측면

부하 중심점에 2개의 변전소가 위치하여 현재 전력공급 측면에서 문제점은 없으나, 표 7과 같이 종합 검토한 결과 평화로 인근의 리조트 신설 및 원거리의 한경 및 애월읍 지역의 안정적 전력공급을 위하여는 **2-2지역**을 중심으로 부하를 공급할 수 있는 거점 변전소를 신설 하는게 유리하다.

표 7 서북부 지역 신재생 거점 변전소 위치선정에 대한 종합 검토표

검토항목	1지역	2-1, 2-2, 2-3지역
지리적 위치	보 통 154kV 송전선로 장공장	양 호 154kV 송전선로 단공장
신재생에너지 확대측면	양 호 2-1,2-2,2-3지역 수용가능 대규모 발전단지 수용가능	보 통 대단지 건설 어려움 소규모 단지 수용
전력공급 용이	불 리 한경지역 불리 중산간 지역유리	양 호 부하여력 충분 평화로인근 부하공급가능
공사시공성	양 호	양 호

3) PSSE 프로그램을 통한 거점변전소 적정용량

1지역에 거점변전소를 설치할 경우 송전선로 최대 2회선 고장에 따른 과부하 개소 발생여부 등 제주지역의 전력계통 변화에 대하여, 거점변전소가 100~400MW 전력을 공급할 때 검토를 하고, 그에 따라 거점변전소의 적정용량을 검토하였다.

가) 신재생에너지 0MW 전력공급

제주 전력계통부하 750MW 수준에서 풍력발전 0MW, #1,2 HVDC의 수전량을 270MW 가정할 때 그림 22는 제주 전력계통의 정상시의 조류흐름을 나타낸다.

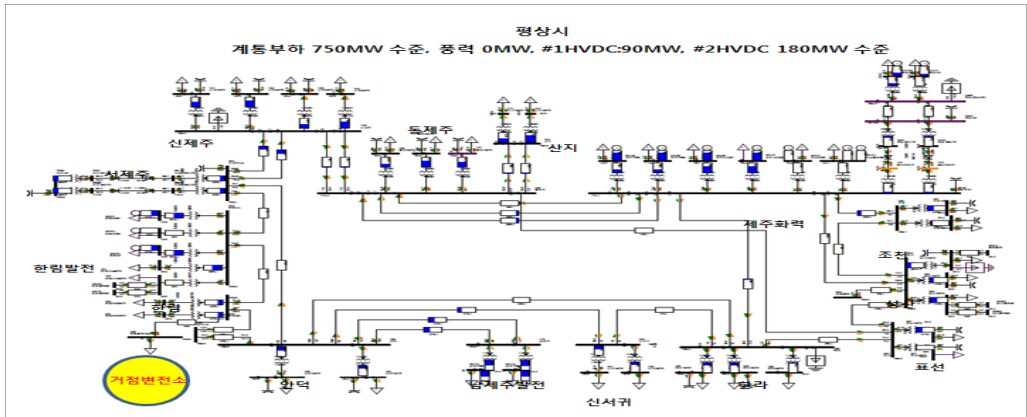


그림 22 신재생에너지 0MW 전력공급시 제주계통 조류검토(정상시)

나) 신재생에너지 100MW 전력공급

그림 23은 한림지역 거점변전소 전력공급량을 100MW 가정하여 송전선로 1회선 및 2회선 고장을 상정하여 검토하였으며 100MW 공급시 제주계통에 과부하 지역은 나타나지 않는 것으로 분석되었다.

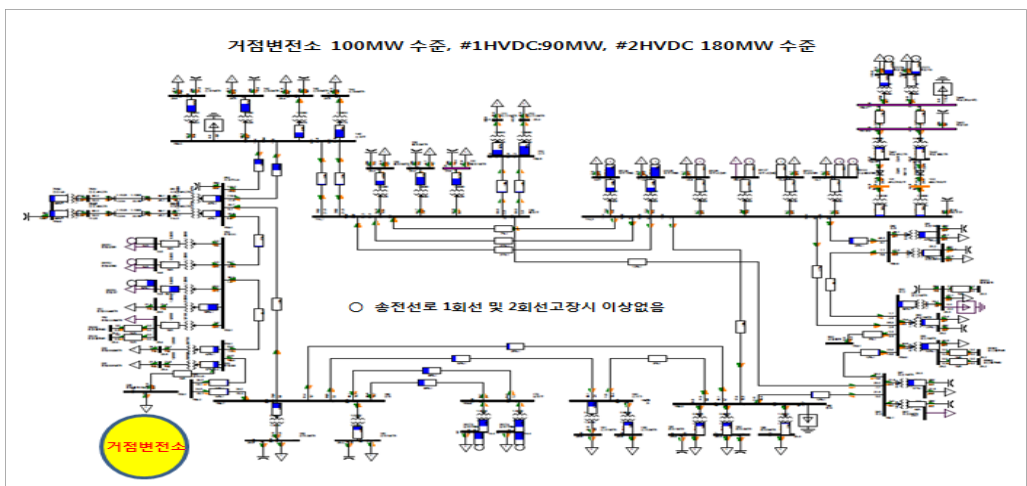


그림 23 신재생에너지 100MW 전력공급시 제주계통 조류검토

다) 신재생에너지 200MW 전력공급

거점변전소에서 200MW의 전력을 공급할 때 그림 24는 신제주-서제주 #1,#2T/L 고장시 한라-안덕, 안덕-신서귀T/L 및 신제주-서제주#1T/L 고장시 신제주-서제주T/L에서 과부하가 발생됨을 알 수 있다.

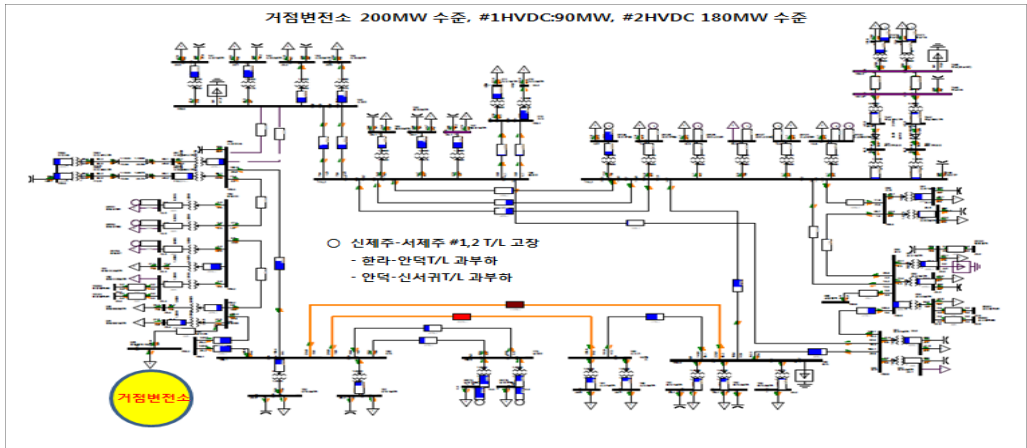


그림 24 신재생에너지 200MW 전력공급시 제주계통 조류검토

라) 신재생에너지 400MW 전력공급

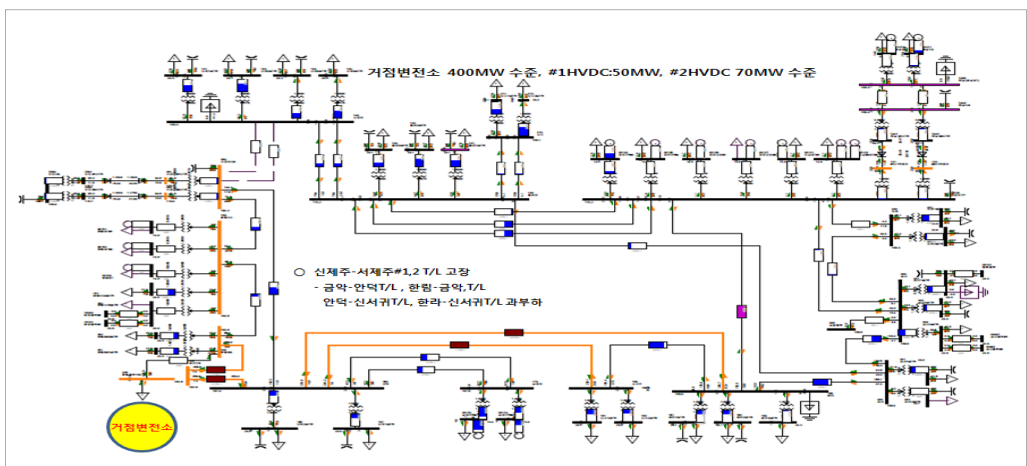


그림 25 신재생에너지 400MW 전력공급시 제주계통 조류검토

거점변전소에서 400MW 전력을 공급할 때 그림 25와 같이 송전선로 1회선

고장시 최소 2개 이상의 송전선로에서 과부하가 발생하고, 특히 신제주-서제주 #1,2T/L 고장 시 4개의 송전선로에서 과부하가 발생되어 한림지역은 전력계통 보강없이 300 MW 이상의 대용량 발전소 설치의 어려움을 알 수 있다. 신재생 거점변전소의 발전량별 선로 고장 시 과부하 선로에 대하여 표 8과 같이 종합하였다.

표 8 서북부 지역 신재생 에너지 전력공급량에 따른 제주계통 조류검토

공급량 (MW)	고장선로 산정	과부하선로
100	송전선로 2회선	과부하 선로 없음
200	신제주-서제주	신제주-서제주#2
	신제주-서제주 #1,2	한라-안덕,안덕-신서귀
300	서제주-한림복합	안덕-금악,한림-금악
	신제주-서제주 #1,2	한라-안덕,안덕-신서귀
	한라-안덕, 안덕-신서귀	신제주-서제주#1,2
400	한림-금악	서제주-한림복합 한림-한림복합
	신제주-서제주#1,2	금악-안덕, 한림금악 안덕-신서귀,한라-신서귀

표 8에서 나타난 것과 같이 신재생에너지 발전단지에서 최대 300MW의 전력을 공급 하였을 때, 고장선로 회선수 만큼 과부하가 발생되었으나, 400MW 전력 공급시 다수의 송전선로에서 과부하가 나타남을 알 수 있다.

4.3. 결과 및 고찰

신재생에너지 확대와 부하공급에 용이한 거점변전소의 위치를 통하여 사례연구를 하였고, 도출된 사례를 통하여 제주 서남부 및 서북부 지역에 대하여 직접 적용하여 검토 하였다.

서남부 및 서북부 지역은 대규모 해상풍력발전 단지가 예정되어 있어 거점변전소의 설치 위치는 가급적 해상풍력 발전단지와 인접한 지역에 설치되어야 할 것이다.

서남부 지역은 송전선로 건설에 따르는 비용축소를 위하여 신재생에너지 발전단지 인근에 거점 변전소를 설치하여야 한다. 그러나 향후 신재생에너지 발전단지의 추가 건설지역이 한경이나 안덕 방면으로 확대되고, 모슬포 해안지역의 부하공급이 어려워 계통 변전소 건설 또는 배전선로 신설이 시급한 지역임을 감안할 때 거점 변전소는 신재생에너지 발전단지와 계통 변전소의 중간위치에 설치하여야 한다.

서북부 지역은 동일 지역에 계통 변전소가 2개가 있고 부하 중심점과 인접하여 있어 한림지역의 부하공급 측면에서는 여유있다 할 수 있으나, 향후 한경면 지역의 부하공급을 위하여는 가급적 계통변전소의 위치와 원거리 지역에 설치하는게 유리하다고 볼 수 있다. 또한 대규모 풍력발전단지와 소규모의 풍력발전단지 설치 지점이 원거리에 위치하여 있어, 대규모 거점변전소를 중심으로 소규모의 거점변전소 건설이 필요하다.

또한 신재생에너지 전력 공급량에 따른 제주계통의 조류를 검토한 경우 서남부지역에 대하여는 일부 선로에 과부하가 예상되나, 400MW의 전력을 공급할 수 있는 거점변전소 설치의 가능할 것으로 사료된다. 계통선로가 2회선으로 연결된 서북부의 경우 현재의 상태로는 300MW의 전력을 공급할 수 있는 규모의 거점변전소로 제한할 수 밖에 없는 실정으로 나타난다.

이를 해소하기 위하여 추가의 송전선로를 구축하는 방안이 있으나, 비용과 시간 측면에서 어려움이 예상되어 표 9에서와 같이 기존의 송전선(ACSR 330mm²)을 송전선로 용량 증대용 전선(STACIR 330mm²)으로 교체하면, 철탑과 같은 지주물의 추가 신설 없이 저비용으로 단시간으로 회선용량을 증대 시킬 수 있는 방법을 찾을 수 있다[11].

표 9 가공송전선로 종류별 연속 허용전류 (공칭단면적 330mm²)

전선종류	ACSR	ACSR/AW	STACIR	STACIR
용량(A)	731	751	1,327	1,352

또한 신재생에너지 발전단지의 신설과 아울러 에너지 저장장치(ESS)의 설치를 통하여 적정규모의 전력을 제한하여 공급하는 방안도 있다.

V. 결 론

제주지역의 신재생에너지 발전단지 증가에 따른 계통연계 용량부족, 신재생 발전단지와 계통변전소를 연결하는 송전선로의 무분별한 설치로 발생하는 계통변전소 인출의 혼잡, 주민불편과 환경훼손 문제, 아울러 제주 일부 지역의 전력공급 문제로 인하여 향후 많은 어려움이 예상된다.

본 논문에서는 대용량 거점변전소 설치를 신재생에너지 확대 및 제주지역의 안정적인 전력공급의 대안으로 제시하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 신재생에너지 발전단지 밀집 지역내에 대용량 발전단지 건설 계획시 향후 신재생 발전단지 증가 전망을 반영, 거점 변전소를 건설하면 계통변전소 연계용량의 제한에서 벗어날 수 있고, 공용으로 연계선로를 활용하여 송전선로 혼잡을 피함과 동시에 추가적인 지중 송전선로 공사를 피할 수 있다.
2. 또한 거점변전소 신설에 따른 송·배전선로 통합 구축을 통하여 부하공급용 변압기 및 선로증설이 용이하게 되고, 이에 따라 부하 증가에 능동적으로 대처할 수 있는 여력을 확보할 수 있다.
3. PSS/E 프로그램으로 신재생에너지 거점변전소 용량별 계통 안정도를 검토할 때, 300MW이상 발전시 일부 송전선로에 과부하가 발생하나 송전선로 선종교체 및 계통용 송전선로 회선 증설을 통하여 해소할 수 있다

거점변전소는 신재생에너지 발전단지를 계통 변전소에 효율적으로 연계시킬수 있고, 전력부족 지역에 대한 부하공급을 적기에 할 수 있는 장점이 있다. 이를 위하여 관련된 당사자간의 이해와 합의가 도출되어야 하며, 이를 구체적으로 실현할 수 있는 제도 및 법이 마련된다면 제주지역의 신재생에너지 확대 및 안정적인 전력공급 측면에서 크게 기여할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] 제주대학교 공과대학 산업기술 연구소, “제주도내 풍력자원 조사에 관한 연구 용역(Ⅰ)”, 제주도, pp.3~5, 1998.12.
- [2] 제주대학교 공과대학 산업기술 연구소, “제주도내 풍력자원 조사에 관한 연구 용역(Ⅱ)”, 제주도, pp.3~23, 2000. 2.
- [3] 원영진, “한전 에너지저장장치 사업전략”, 대한전기학회·한국전기공사협회 전기기술 세미나 발표자료, pp.5~28, 2013. 1.
- [4] KEPCO, “송·배전용 전기설비 이용규정 별표 5”, pp.21~22, 2013. 1.
- [5] 제주일보, “변전소 포화 성산·표선에 태양광 설치 포화”, 2015. 1. 29.
- [6] 김희권의 2인, “신재생 거점변전소 건립을 통한 신재생에너지 확대방안 연구”, 스마트그리드·전기자동차·청정에너지 워크숍 및 학술대회 발표자료집, pp.17~19, 2015. 3.
- [7] KEPCO, “지중송전 케이블 시스템”, pp.487~545, 2002.12.
- [8] 민병욱의 3인, “변전소 형태 및 설비규모의 결정”, 2011년도 대한전기학회 하계학술 대회 논문집, pp.438~439, 2011. 7.
- [9] KEPCO, “변전소 개발사업 기본 설계서”, pp.76~84, 2013. 8.
- [10] 변해완의 4인, “부하밀집지역 전력공급을 위한 허브(Hub)변전소 개발”, 2006년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp.36~37, 2006. 7.
- [11] KEPCO, “송변전 설계기준, 「가공송전용 전선 선정기준」“, pp.1~12, 2014. 10.

감사의 글

본 논문을 완성하기 까지 부족함이 많았던 저에게 주말도 마다하지 않으시고 물심양면으로 지도하며 힘을 불어 넣어 주시고 이끌어 주신 김세호 지도 교수님께 모든분에 앞서 진심으로 경의와 감사를 드립니다.

또한 강의와 연구 등으로 바쁘신 중에도 논문 심사를 맡으셔서 세심하게 검토해 주시고 조언을 아끼지 않으셔서, 비록 부족 하나마 저의 이름으로 작성된 논문을 탄생하게 해주신 오성보 교수님, 이개명 교수님 감사합니다. 아울러 학부 시절부터 든든한 버팀목이 되어 주시고 항상 격려와 조언을 해주신 김일환 교수님, 김호찬 교수님, 김호민 교수님께도 감사의 말씀을 드리고 싶습니다.

대학원 생활을 함께하며 어려울 때 힘이 되어준 좌길훈 사장님, 송경수차장님, 부호준 후배님에게도 감사의 뜻을 전합니다.

대학원 생활과 논문 과정을 무사히 마칠 수 있도록 물심양면으로 도움을 주신 문성창 지사장님, 김재훈 팀장님 그리고 논문에 필요한 자료 등을 제공해주신 현구환 후배님 등 직원 여러분들 에게도 감사를 드립니다.

끝으로 남편이자 아빠가 대학원을 무사히 마칠 수 있도록 항상 곁에서 격려와 용기를 주며 묵묵히 지켜봐준 아내 송순애, 아들 태영이 에게도 고마움과 사랑하는 마음으로 이 기쁨을 나눌수 있어 감사합니다.