

풍력발전연계 전력계통의 성능평가를 위한 국내 풍력발전기 LVRT 전사모델 개발

한준범¹, 손혁진¹, 국경수^{1*}
¹전북대학교 전기공학과, 스마트그리드연구센터

Simulation Model Development of Korean LVRT capability for evaluating the WTG-interconnected Power Systems Performance

Jun Bum Han¹, Hyeok Jin Son¹ and Kyung Soo Kook^{1*}

¹SGRC, Department of Electrical Engineering, Chonbuk National University

요약 본 논문은 국내에서 설비용량 20MW 이상의 신재생발전기에 대해 계통연계 유지조건을 의무화하는 송배전 용 전기설비 이용규정이 2012년부터 적용됨에 따라 이를 모의해석 기반의 풍력발전기 계통연계 검토 시에 고려하기 위한 풍력발전기의 LVRT(Low Voltage Ride Through) 전사모형을 개발하고 이를 풍력발전기가 연계된 전력계통의 성능평가에 적용하여 전사모델의 유용성을 검증한 후 전력계통의 대표적인 상정고장에 적용하여 국내 풍력발전기 계통연계 유지조건 적용효과를 분석하였다.

Abstract As a new Korean grid code which includes LVRT requirement to wind farm of which capacity is greater than 20MW is activated in 2012, this paper developed the analytical model of the Korean LVRT for the simulation based feasibility study of the wind farm interconnection into power systems. The developed model of the LVRT is verified by applying it into the performance evaluation of the wind farm interconnected power systems and the effect of Korean LVRT is analyzed through case studies considering typical disturbances of power systems.

Key Words : Wind Farm, Low Voltage Ride Through, Dynamics, Power Systems

1. 서론

교토의정서에 따라 2020년 이후부터 더반플랫폼에 의해 모든 국가가 적용대상이 되면서 우리나라도 온실가스 감축의무 국가에 속할 것으로 전망된다[1,2]. 이에 따라 온실가스 감축효과가 큰 신재생에너지원을 이용한 발전원에 대한 관심이 높아졌으며 특히 풍력발전은 다른 신재생에너지원에 비해 발전단가가 경쟁력이 높고 대용량화가 용이하다는 장점이 있어 가장 유망한 신재생발전원으로서 기대되어 전 세계적으로 설비용량이 급속도로 증

가하고 있다. 풍력발전 설비용량 증가에 대한 대표적인 해외사례로 2010년 풍력발전 설비용량의 급속한 증가를 보인 중국은 풍력발전 신설량이 전 세계의 46.5%를 차지하였고 풍력발전에 대한 단계별 성장을 추진하여 2050년에 총 1000 GW의 풍력발전 용량을 목표로 하는 보고서를 발표하였다[3,4].

국내에서도 최근 신재생에너지 산업 발전전략을 발표하였고 이 중 해상풍력은 국내 경쟁력 산업과 관련이 있어 성장잠재력이 크다고 판단되어 5MW급 대형 풍력발전기를 개발하고 육성하기 위한 전략으로 해상풍력 Top-3

*Corresponding Author : Kyung Soo Kook

Tel: +82-10-307-2656 email: kskook@jbnu.ac.kr

접수일 12년 01월 20일

수정일 (1차 12년 02월 20일, 2차 12년 03월 07일)

게재확정일 12년 04월 12일

로드맵을 2010년에 수립하였다[5].

반면, 전기에너지 공급인프라인 전력계통에 대규모 풍력발전기가 연계되어 풍력발전기의 수용률이 급속히 높아지는 경우 풍력발전 출력의 불확실성으로 인해 전력 공급의 신뢰성을 최우선으로 하는 전력계통 운영에 부담이 가중되는 점과 기존 동기 화력 발전에 비해 계통지원 성능이 떨어지는 풍력발전기의 특성으로 인해 전력계통 전반의 성능이 저하될 수 있다는 점이 지적되고 있다[6]. 따라서 최근에는 이에 대한 해결책으로 전력계통에 연계되는 풍력발전기의 성능에 대한 요구조건이 전 세계적으로 강화되고 있다[7]. 국내에서도 2010년 6월 지식경제부에서 송배전용 전기설비 이용규정이 개정되면서 국내 풍력발전기에 대한 LVRT 기능, 무효전력 보상, 그리고 유효전력 조절 등과 같은 추가적인 기능들을 풍력발전기에 요구하고 있다[8]. 이 중 계통연계 유지조건에 의하면 계통외란 시 계통전압이 기준전압보다 낮아지더라도 허용 시간을 초과하지 않는다면 풍력발전기는 계통연계를 유지하도록 규정한다[8]. 이러한 풍력발전기의 계통연계 유지조건은 풍력발전기에 의한 전력계통 성능 저하를 경감하여 수용한계를 극대화하기 위한 가장 효과적인 방법으로 기대되고 있는 반면 풍력발전 사업자의 측면에서는 풍력발전기를 계통연계 유지조건에 만족시키기 위해 추가적인 제어설비를 갖추어야 하기 때문에 이는 가혹한 요구조건으로 인식되어진다[9,10].

따라서 이러한 국내 계통연계 유지조건은 향후 대규모 풍력발전단지 건설을 위한 사전 검토 시에 반드시 고려되어야 하나 이를 위한 구체적인 연구들은 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 이에 대해 본 논문에서는 국내 송배전용 전기설비 이용 규정에서 공표된 풍력발전기의 계통연계 유지조건을 분석하여 대규모 전력계통 해석에 적용할 수 있는 전사모델을 개발하고 이를 전력계통의 전형적인 외란을 고려한 사례연구에 적용하여 모델의 유용성을 검증하고 국내 계통연계 유지조건의 효과를 검증하였다.

2. 국내 풍력발전기의 전력망 접속 연계기준

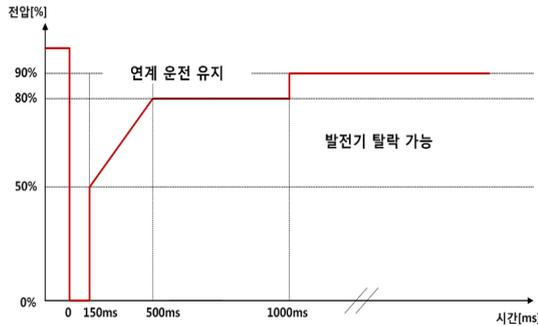
개정된 송배전용 전기설비 이용규정에 따라 풍력발전 사업자가 전력계통에 풍력발전기를 연계하기 위해서는 신재생발전기의 계통연계기준을 만족해야 한다. 송배전용 전기설비 이용규정은 송전용전기설비 접속기준과 배전용전기설비 접속기준으로 구분되는데 설비용량 20MW 이상의 신재생발전기를 계통과 연계할 때는 송전용전기

설비 접속기준을 적용한다[8]. 또한, 국내 송전용전기설비 접속기준 중 풍력발전기에 대한 기술적 요구조건은 다음과 같다.

[표 1] 풍력발전기 접속기준 요구조건
[Table 1] Connection requirements to the wind power generators

항목		요구조건
계통연계유지		계통사고 발생 시 기준이상의 연계운전유지
무효전력공급능력		지상 0.95 ~ 진상 0.95
유효전력 제어 능력 성능 유지	급감발 조정	5초 이내 정격 출력의 20%까지 감발가능
	주파수 조정	계통주파수함수에 따른 유효전력 출력 자동조정가능
	출력의 상한조정	10분 평균값으로 측정된 유효전력 발전량의 출력 상한 조정가능
	유효전력 증발률	유효전력 출력 증발률 속도를 분당 정격의 10%까지 제한가능
주파수 특성		주파수 조정 및 유지범위 58.5 Hz ~ 61.5 Hz범위 내에서 연속 운전 가능(다만, 계통주파수가 58.5Hz ~ 57.5Hz 범위에서 최소 20초 이상 운전가능)
전기품질 유지범위		계통 연계 기준점에서 상시 전압변동 : 2%이하 순시 전압변동 : 2%이하

첫 번째 기준은 계통연계 유지조건으로 전력 계통에 외란이 발생하더라도 계통 전압이 신재생발전기 계통연계기준에서 규정한 범위 내에 있는 경우 풍력발전기는 계통연계를 유지해야 하는 것이다. 일반적으로 계통외란 발생 시 풍력발전 운전자는 풍력발전기를 보호하기 위하여 계통으로부터 풍력발전기를 분리하려 할 것이다. 하지만 전력계통운영의 입장에서는 풍력발전기의 탈락은 계통에 추가적인 문제를 일으킬 수 있다. 따라서 많은 국가에서 풍력발전기의 계통연계 유지에 대한 기준을 제정하고 있으며, 국내 또한 풍력발전기 계통연계 유지조건을 다음 그림 1과 같이 제정하였다.



[그림 1] 계통연계 유지조건
[Fig. 1] Low Voltage Ride Through

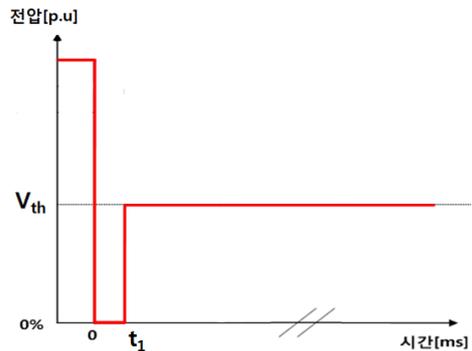
그림 1에서 볼 수 있듯이, 계통외란 발생 시에 풍력발전기는 계통연계 유지조건에 따라 연계지점의 전압이 규정된 정격 전압 이하로 떨어지는 저전압 현상이 발생 될 지라도 그 지속시간이 기준시간 이내라면 풍력발전기는 계통연계를 유지해야 한다.

두 번째 기준은 무효전력 공급능력 성능유지 조건으로서 풍력발전기의 경우 지상 0.95 ~ 진상 0.95 범위로 무효전력 공급능력을 유지해야한다. 세 번째 기준은 유효전력 제어능력 성능유지 조건으로 급감발조정, 주파수조정, 출력의 상한조정, 유효전력 증발률조정 조건으로 구성되어 있다. 여기서 급감발조정 조건은 계통내의 전력소비가 감소하거나 계통내의 발전량이 소비량 보다 많은 경우에 나타날 수 있는 주파수 상승 현상에 대비한 것으로 5초 이내에 풍력발전기의 유효전력 발전량을 정격 출력의 20%까지 줄일 수 있어야 한다. 주파수조정 조건은 계통 주파수에 따라 유효전력 발전량을 자동으로 조절할 수 있도록 해야 하며, 출력의 상한조정 조건은 10분 평균값으로 측정된 유효전력 발전량이 규정된 출력 상한을 초과하지 않도록 해야 하는 조건이다. 유효전력 증발률조정 조건은 풍력발전기의 유효전력 발전량의 변동비율을 분당 정격출력의 10%까지 제한 가능하도록 하는 조건이다. 네 번째 조건은 주파수 특성 조건으로 계통 주파수가 58.5 Hz에서 61.5 Hz 범위 내에서 연속 운전이 가능해야 하고 57.5 Hz에서 58.5 Hz 범위 내에서는 최소 20초 이상 운전 가능해야 하는 조건이다. 다섯 번째 조건은 전기 품질 유지 범위에 대한 것으로 계통연계 기준점에서 상시 및 순시 전압변동이 2%이하에서 유지되어야 한다는 것이다[8]. 이 중 계통연계 유지조건은 풍력발전 계통연계 시 수용률을 높이는데 가장 효과적인 대안으로서 본 논문에서는 이에 대한 전사모델을 구현한다.

3. 국내 풍력발전기 계통연계 유지조건 모델링

본 절에서는 이러한 계통연계 유지조건 모델의 유효성을 검증하기 위해 대규모 전력계통 해석 프로그램 (PSS/E)을 사용하여 국내 송배전용 전기설비 이용규정의 풍력발전기의 계통연계 유지조건을 모델링 하였다[8]. PSS/E 프로그램은 Siemens-PTI사의 제품으로 대규모 전력계통 해석 분야에서 국내 한전을 비롯하여 전 세계적으로 가장 널리 사용되고 있으며 발전기, 선로, 전력부하 등에 대한 정적 및 동적 특성 모델을 사용하는 시모의 해석 프로그램이며 신규 설비에 대한 동특성 모델을 추가 함으로써 해당 설비의 계통연계 시모의가 가능하다. 이를 위해 본 논문에서는 PSS/E 프로그램에서 제공되고 있는 전압 계전기 모델을 기반으로 전압측정 모션, 기준 한계 전압, 동작 대기시간을 설정한 후 이러한 전압 계전기를 복수로 조합하여 적용하였다. 이러한 계전기는 다음 그림 2와 같은 모델링 조건을 가진다[11].

그림 2에서 세로축의 V_{th} 는 기준 한계 전압이고 가로축의 t_1 은 동작 대기시간을 나타낸다. 즉, 전압 계전기의 동작원리는 계통외란 발생 시 전압측정 모션의 전압이 설정 값 이하로 떨어져 동작 대기시간 이상 지속될 경우 전압 계전기의 연계지점에서 전압 계전기가 동작하는 것이다.



[그림 2] 전압계전기 모델
[Fig. 2] Voltage Relay Model

다음 표 2는 전압 계전기 모델링 조건에 따른 설정요소를 나타낸 것으로 전압 계전기 연계지점, 전압측정 모션, 기준 한계 전압, 동작 대기시간을 설정할 수 있다.

[표 2] 전압 계전기 모델 설정요소

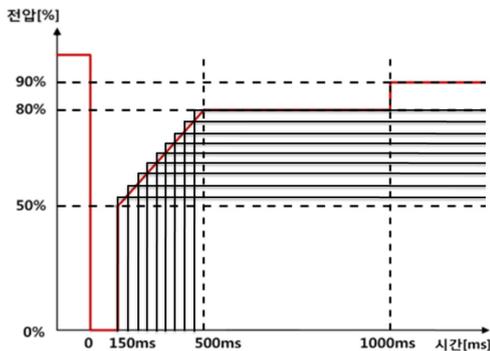
[Table 2] Parameters of the voltage relay

설정요소	설정 값
전압 계전기 연계지점	연계모선번호
전압측정 모선	전압기준모선번호
기준 한계 전압(p.u)	V_{th}
동작 대기시간(ms)	t_1

본 논문에서는 이러한 전압 계전기를 복수로 조합하여 풍력발전기 계통연계 유지조건을 모델링하여 그 결과를 그림 3에 나타내었다.

그림 3은 풍력발전기의 계통연계 유지조건에 제시되어 있는 연계운전 유지영역과 발전기 탈락 가능 영역의 구분 기준인 동작 대기시간에 대한 한계 전압을 기준으로 모델링 한 것이다. 모델링에 사용된 전압 계전기 모델의 설정요소는 전압 계전기 연계지점과 전압측정 모선, 기준 한계 전압 및 동작 대기시간으로 구분된다. 이때 개별 전압 계전기에 대한 전압 계전기 연계지점 및 전압측정 모선을 각각 동일지점으로 설정하고 기준 한계 전압과 동작 대기시간을 계통연계 유지조건을 기준으로 각각 설정한 후 조합하여 모델링하였다. 특히 국내 계통연계 유지조건에서 시간구간 150ms에서 500ms 사이는 그림 3과 같이 여러 개의 전압 계전기를 사용하여 구간별 선형화로 근사화 하였다. 이때 구간별 선형화로 근사화한 모델에서 기준 전압이 계통연계 유지조건에서 요구하는 시간영역에 대한 기준 한계 전압보다 높게 설정한 것을 볼 수 있다.

이러한 모델에서 전압 계전기별 설정 기준의 하위 영역에서는 발전기 탈락이 허용되고, 상위 영역에서는 발전기의 연계를 유지하게 된다[8].

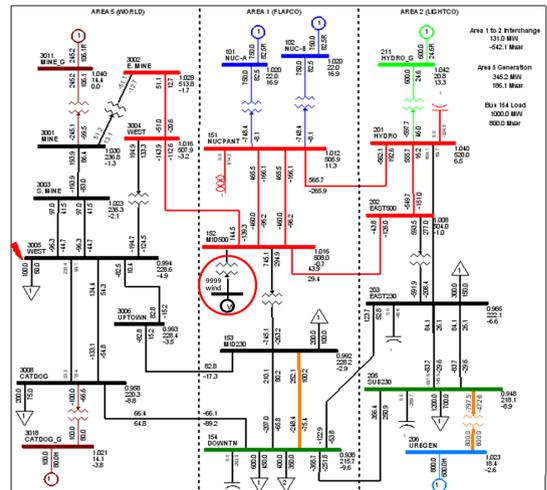


[그림 3] 계통연계 유지조건 모델링

[Fig. 3] Modeling of LVRT

4. 사례 연구

본 절에서는 모의해석을 통하여 국내 계통연계 유지조건을 풍력발전기가 연계된 시험계통의 성능평가에 적용함으로써 그 유용성을 분석하였다. 그림 4의 시험 계통은 총 발전량이 3,280MW이고 총 부하는 3,200MW로 구성되어 있으며 원으로 표시된 위치에 설비용량이 600MW인 DFIG 타입의 풍력발전기가 연계되었다.



[그림 4] 시험계통

[Fig. 4] Test System

다음 표 3은 국내 계통연계 유지조건을 전압 계전기들의 조합으로 모델링하여 시험계통 성능평가를 위한 모의 해석에 적용한 최종 파라미터를 나타낸다.

[표 3] LVRT 모델링 파라미터

[Table 3] Modeling Parameter of LVRT

전압계전기 번호	동작대기시간 (sec)	기준한계전압 (p.u)
1	0.15000	0.5333
2	0.18889	0.5667
3	0.22778	0.6000
4	0.26667	0.6333
5	0.30556	0.6667
6	0.34444	0.7000
7	0.38333	0.7333
8	0.42222	0.7667
9	0.46111	0.8000
10	1.00000	0.9000

4.1 LVRT 전사 모델 검증

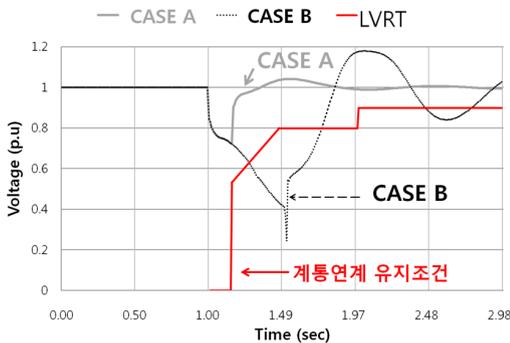
시험계통에 국내 계통연계 유지조건이 모델링 된 풍력발전기를 연계한 후 표 4와 같이 일정시간동안 지속되는 부하상승을 가정하여 계통연계 유지조건 전사 모델을 검증 하였다.

[표 4] 계통연계 유지조건 모델 검증 조건
[Table 4] Conditions for validating LVRT

CASE	계통연계 유지조건	부하 증가량	부하상승지속시간
A	유	2000 MW	0.51 초
B			0.52 초

CASE A에서는 1초에 2000 MW의 부하가 증가되어 0.51초 동안 지속된다고 가정하였고, CASE B에서는 지속시간을 0.52초로 가정하였다.

그림 5는 전압측정 모선에서 부하상승 지속시간을 표 4와 같이 각각 0.51초와 0.52초로 설정한 후 이에 따른 전압측정 모선의 전압과 계통연계 유지조건을 비교한 것이다.

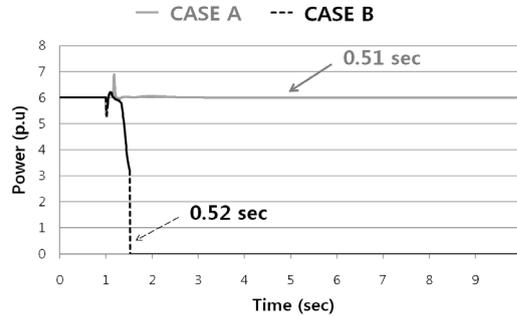


[그림 5] 부하상승 지속시간 별 연계모선전압
[Fig. 5] Voltages on the interconnection bus with different load changes

그림 5에서 부하상승 지속시간을 0.51초 동안 적용한 CASE A의 경우 전압측정 모선의 전압이 계통연계 유지조건 기준 시간에 따른 기준 한계 전압 이하로 떨어지지 않았고 부하상승 지속시간을 0.52초로 적용한 CASE B에서는 풍력발전기 연계지점 전압이 계통연계 유지조건 기준 전압 이하로 떨어지는 영역에 있음을 확인할 수 있다.

그림 6은 CASE A, CASE B와 같이 부하상승 지속시간을 달리 가정했을 때의 풍력발전기 출력을 비교한 것이다. 그림 6에서 계통전압이 계통연계 유지조건에 따른 기준 한계 전압 이하로 떨어지지 않은 CASE A에서는 풍

력발전기의 출력이 유지되는 것을 볼 수 있고 계통연계 유지조건을 벗어난 CASE B에서는 풍력발전기가 계통에서 탈락함을 알 수 있다.



[그림 6] 부하상승 지속시간별 풍력발전 출력
[Fig. 6] Wind power generation with different load changes

4.2 계통외란 응답

본 절에서는 계통외란에 대한 풍력발전기의 계통연계 유지조건 효과의 검증하였다. 본 절의 사례연구에 대한 시나리오는 표 5와 같다.

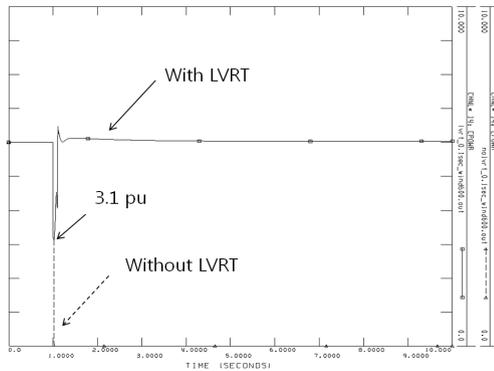
[표 5] 사례연구 시나리오
[Table 5] Scenarios for case studies

시나리오	LVRT	고장제거시간(sec)
1	무	0.1
2	유	
3	무	0.16
4	유	

표 5에서 볼 수 있듯이 사례연구는 총 4가지의 시나리오로 구성되었다. 시나리오에서는 모두 3상 지락사고를 모의하여 계통연계 유지조건 유무에 따라 사고가 발생된 후 각기 달리 가정된 사고 제거시간 후에 선로를 제거함으로써 사고가 제거된다고 가정하였다. 일반적으로 국내의 사고 제거시간은 0.1초이기 때문에 이를 시나리오 1과 2에 적용하였고 시나리오 3과 4에서는 사고 후 150ms의 계통연계 유지조건을 초과한 160ms의 사고 제거시간을 적용하여 계통연계 유지조건의 적용효과를 분석하였다.

사례연구에서 풍력발전기 연계지점의 전압이 계통연계 유지조건 한계 전압을 벗어나 허용시간을 초과하면 풍력발전기는 계통으로부터 탈락할 수 있다. 반면 풍력발전기 연계지점의 전압이 0V로 하락 할지라도 지속시간이 계통연계 유지조건 동작 대기시간을 초과하지 않는다

면 풍력발전기는 계통과 연계를 유지해야한다. 그림 7, 8, 9, 10은 사례연구 1,2에 대한 결과로서 사고 제거시간을 0.1초로 설정하였을 때 풍력발전기의 출력, 계통 주파수, 기존 동기 화력발전기의 위상각 그리고 풍력발전기 연계 모션 전압을 나타낸다.



[그림 7] 계통연계 유지기능의 유무에 따른 풍력발전기 출력(CT=0.1초)

[Fig. 7] Wind power generation with and without LVRT of WF(CT=0.1sec)

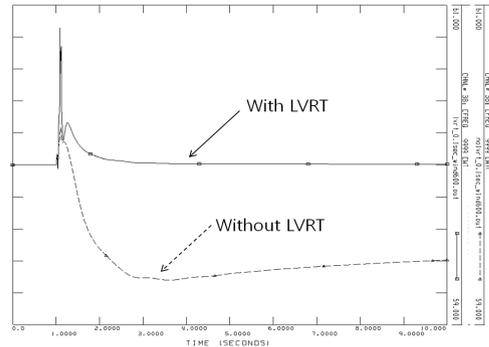
그림 7에서 볼 수 있듯이 3상 지락 사고 시 계통연계 유지조건을 적용하지 않은 풍력발전기는 계통으로부터 탈락하여 출력이 0이 되지만 계통연계 유지조건이 적용된 풍력발전기는 사고 시 전압 강하 지속시간이 기준 한계 전압에 대한 동작 대기시간을 초과하지 않으므로 계통과 연계를 유지하기 때문에 사고 제거 후 출력을 회복하는 것을 확인할 수 있다. 그림 8에서는 계통연계 유지조건을 적용한 풍력발전기가 발전기 출력을 유지하기 때문에 계통 주파수 변동이 상대적으로 작게 나타나는 것을 볼 수 있다.

또한 그림 9에서는 기존 동기 화력발전기의 위상각에 대한 안정화 개선효과를 볼 수 있고 그림 10에서는 계통 최저 전압의 상승효과를 볼 수 있다.

그림 11,12,13,14는 사례연구 3,4에 대한 결과로서 사고 제거시간을 0.16초로 설정하였을 때 풍력발전기의 출력, 계통 주파수, 기존 동기화력발전기의 위상각 그리고 풍력발전기 연계모션 전압을 나타낸다.

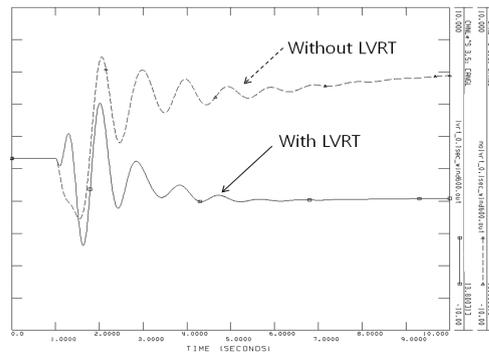
그림 11,12,13,14에서는 고장 지속시간을 0.16초로 설정했을 때 계통연계 유지조건 유무에 따른 풍력발전기 출력으로서 계통 사고 시 전압측정 모션의 전압이 기준 한계 전압 50%이하로 150ms를 초과하여 지속되었기 때문에 계통연계 유지조건이 적용된 풍력발전기의 경우라도 풍력발전설비의 보호를 위해 계통과 분리되었음을 알 수 있다. 따라서 계통연계 조건 기능의 유무에 따른 계통

주파수, 기존 발전기 위상각, 풍력발전기 연계모션 전압의 차이가 거의 없음을 볼 수 있다.



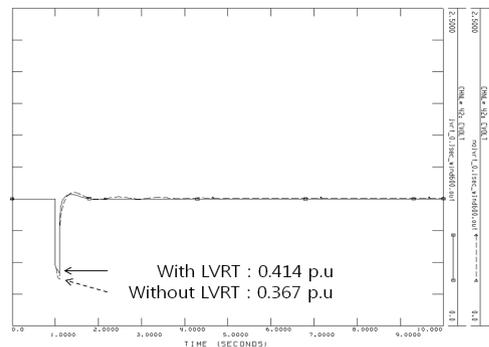
[그림 8] 계통연계 유지기능의 유무에 따른 계통 주파수(CT=0.1초)

[Fig. 8] Power system frequency with and without LVRT of WF(CT=0.1sec)



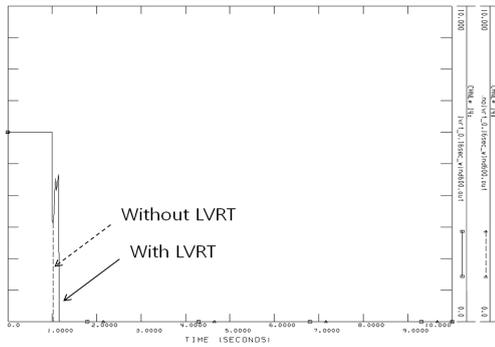
[그림 9] 계통연계 유지기능의 유무에 따른 기존 발전기 위상각(CT=0.1초)

[Fig. 9] Rotor angle of sync. generator with/without LVRT of WF(CT=0.1sec)

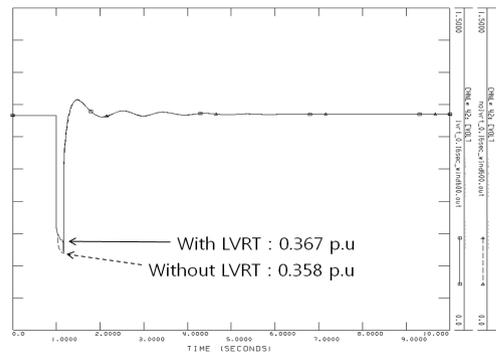


[그림 10] 계통연계 유지기능 유무에 따른 풍력발전기 연계모션 전압(CT=0.1초)

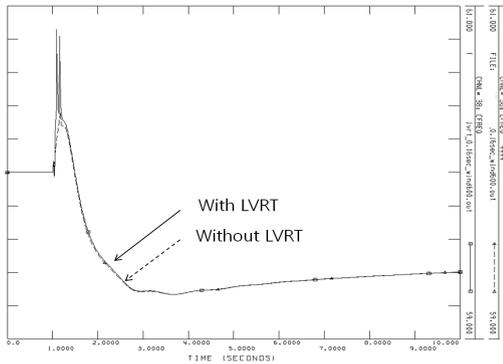
[Fig. 10] Voltage on the interconnection bus with/without LVRT(CT=0.1sec)



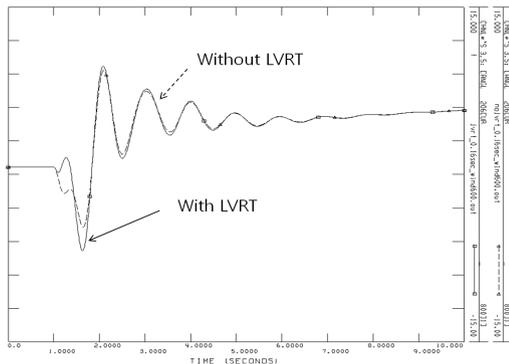
[그림 11] 계통연계 유지기능의 유무에 따른 풍력발전기 출력(CT=0.16초)
 [Fig. 11] Wind power generation with and without LVRT of WF(CT=0.16sec)



[그림 14] 계통연계 유지기능의 유무에 따른 풍력발전기 연계모선 전압(CT=0.16초)
 [Fig. 14] Voltage on the interconnection bus with and without LVRT of WF(CT=0.1sec)



[그림 12] 계통연계 유지기능의 유무에 따른 계통 주파수(CT=0.16초)
 [Fig. 12] Power system frequency with and without LVRT of WF(CT=0.16sec)



[그림 13] 계통연계 유지기능의 유무에 따른 기준 발전기 위상각(CT=0.16초)
 [Fig. 13] Rotor angle of sync. generator with and without LVRT of WF(CT=0.16sec)

5. 결론

본 논문에서는 대용량 풍력발전기가 연계된 국내 전력 계통의 성능평가를 위해 반드시 필요한 풍력발전기 계통연계 유지조건의 전사모형을 개발하고 그 성능조건을 검증한 후에 이를 시험계통에 대한 계통성능평가에 적용하여 계통외란 시 계통 주파수, 전압, 그리고 기존 동기 화력발전기의 위상각의 응답을 분석하여 전력계통에 대한 풍력발전기 계통연계 유지조건의 적용효과를 확인하였다. 풍력발전기 계통연계 유지조건은 국가마다 전력계통 고유의 특징을 고려하여 다르게 규정되고 있어 본 논문의 전사모형은 향후 국내 전력계통에서 풍력발전의 수용률이 증가함에 따라 풍력발전기 연계 타당성을 검토하고 계통계획을 위한 성능평가를 수행하는데 널리 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

References

- [1] 17th UN Climate Change Conference-Conference of the Parties17, 2011.12.11
- [2] Kyoto Protocol to the United Nations Framework convention on climate change
- [3] GWEC, Global Wind Report Annual market update 2010, pp.10-13.
- [4] International Energy Agency and Energy Research Institute, Technology Roadmaps - China Wind Energy Development Roadmap 2050(English summary), pp.1-3, 20 October 2011

[5] Developing strategy for the renewable energy, Ministry of Knowledge and Economy, 2010. 10.

[6] Sandip Sharma, Shun-Hsien Huang and NDR Sarma "System Inertial Frequency Response Estimation and Impact of Renewable Resources in ERCOT Interconnection"

[7] Z.Chen and F.Blaabjerg, "Wind farm - A Power source in future power system." Renew. Sustain. Energy Rew., vol. 13, no. 6-7, pp.1288-1300, Aug./Sep.2009

[8] Rules for using electric facilities of transmission and distribution systems, Ministry of Knowledge and Economy, 2010,6,28.

[9] "Turbine Generators for Grid Studies",2005 GE International, Inc.'sReport, February 10th,2005.

[10] Wind Power in Power systems, Thomas Ackermann, 2004.

[11] "PSS/E Wind Modeling User Guide", SIEMENS PTI., March 2005.

국 경 수(Kyung Soo Kook)

[정회원]



- 1996년 2월 : 고려대학교 공과대학 전기공학과(공학사)
- 1998년 2월 : 고려대학교 대학원 전기공학과(공학석사)
- 2007년 5월 : (미국)버지니아공대 전기전자공학과(공학박사)
- 1998년 2월 ~ 2004년 7월 : 한국전기연구원 연구원/산업연구원
- 2007년 5월 ~ 2010년 4월 : 미국 전력연구원(EPRI) 선임연구원
- 2010년 5월 ~ 현재 : 전북대학교 전기공학과 교수

<관심분야>

전력시스템, 스마트그리드, 전력시장, 신재생에너지

한 준 범(Jun-Bum Han)

[준회원]



- 2011년 2월 : 전북대학교 공과대학 전기공학과(공학사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 대학원 전기공학과 석사과정 재학 중

<관심분야>

전력시스템, 스마트그리드, 전력시장, 신재생에너지

손 혁 진(Hyeok Jin Son)

[준회원]



- 2012년 2월 : 전북대학교 공과대학 전기공학과(공학사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 대학원 전기공학과 석사과정 재학 중

<관심분야>

전력시스템, 스마트그리드, 전력시장, 신재생에너지