

풍력발전 계통연계 평가기준 연구

최영도*, 전영수**, 박영신, 전동훈, 윤기갑, 박상호, 신정훈, 이재걸

Study of Power System Impact Assessment Standard for Large-scale Wind Farms

Young Do Choy*, Young Soo Jeon**, Young Shin Park, Dong Hoon Jeon, Ki Kab Yoon, Sang Ho Park, Jung Hoon Shin and Jae Gul Lee

Abstract

In Korea, experiences in wind farm operation are limited and the foundation for setting standards in electrical system connection is still weak in comparison to the operation experience in connection of wind power to the electrical system of other countries around the world. Therefore, standards that are being applied in various countries for connection and optimal operation in wind farms need to be examined, and in addition, procedures for the assessment of the effects on the system are needed for setting connection standards and optimal operation plans in accordance with Korean electrical system characteristics. In this study, procedures for the assessment of effects of wind power connection to the electrical system are presented.

Key words

Grid code(연계규정), Wind farm(풍력발전단지), Active power(유효전력)

(접수일 2009. 11. 13, 수정일 2010. 2. 24, 게재확정일 2010. 3. 17)

* 한전 전력연구원

■ E-mail : zeroway@kepri.re.kr ■ Tel : (042)865-5812 ■ Fax : (042)865-5814

** 한국전력공사

■ E-mail : ysjeon@kepeco.co.kr ■ Tel : (02)6007-0360 ■ Fax : (02)6007-0394

1. 서론

현재 풍력발전 기술은 전 세계에서 가장 빠르게 성장하고 있고 또한 가장 많이 보급된 신 재생에너지 자원으로 2020년 한해 세계시장의 증가용량은 2009년의 1.6배인 48,775MW 이고 누계용량은 2009년 대비 3.9배인 596,863MW로 확대 될 것으로 추정되고 있다. 유럽 각국 등 선진국들은 이미 오래 전부터 풍력발전을 계통에 연계하여 운영해온 경험을 가지고 있고, 또한 많은 관련 연구를 바탕으로 계통 운영을 효율적으로, 그리고 안정적으로 수행하기 위하여 계통연계기준(Grid-Code)을 수립하여 운영해 왔다⁽¹⁾.

국내 역시 최근 신 재생 에너지에 대한 관심이 높아지면서 2030년까지 전체 1차 에너지 중 신 재생에너지의 비율을 11% 까지 확보할 것을 목표로 하고 있다⁽²⁾. 특히 제주 지역의 경우 상대적으로 좋은 풍황과 지자체의 추진 의지 등이 결합되어 많은 풍력발전 관련 사업신청이 쇄도하고 있는 실정이다. 하지만, 우리나라의 경우 풍력발전에 대한 계통연계 기준이 별도로 마련되어 있지 않고 대규모 풍력발전이 도입될 경우 계통운영 방안에 대한 검토도 부족한 실정이다. 따라서 보다 효율적이고 안정적인 계통운영을 위해 계통연계 기준 및 계통 영향 평가 절차 수립의 필요성이 대두되고 있다. 이에 본 논문에서는 적절한 계통 영향 평가 절차를 통해 계통운영자

가 풍력발전기의 계통 연계 허가에 앞서, 풍력발전기 또는 풍력 발전단지가 정해진 계통 연계 기준을 만족할 수 있는지를 확인하고, 연계 운전 시 계통 영향을 충분히 평가해서 허가 여부를 결정하거나 혹은 필요한 제어 요건을 갖추도록 요구할 수 있도록 계통 영향 평가 절차를 제안하고자 한다.

2. 계통 영향 평가 절차

계통 영향 평가의 목적은 계통운영자가 풍력발전기 또는 풍력발전단지의 계통 연계 허가에 앞서, 풍력발전단지가 정해진 계통 연계 기준을 만족할 수 있는 지를 확인하고, 계통 및 풍력 발전의 안정적인 운영에 필요한 정보를 얻을 수 있도록 하는 데에 있다. 계통 영향 평가절차는 풍력 발전 단지의 전력계통해석 모델 요청을 포함하여 다음과 같이 5단계로 구성하였다.

2.1 풍력발전단지 계통해석을 위한 데이터 수집

국내에서는 계통 해석을 위해 전력 계통과 계통에 포함된 모든 전력 설비를 PSS/E에서 모의가 가능하도록 모델링 하고 있다. 그러나 풍력 발전기는 최근 본격적으로 도입이 시작된 발전원으로 현재 국내에는 PSS/E와 같은 계통 해석 프로그램에 적용 가능한 풍력 모델이 많지 않다. 그리고 계통운영자는 신규 풍력 발전 단지의 연계를 위한 계통영향 평가 시에 신설되는 풍력발전기와 풍력발전단지의 계통해석 프로그램용 모델이 필요하다. 따라서 계통 운영자는 풍력 발전단지가 계통에 미치는 영향을 사전에 평가하고, 계통운영상 문제점

발견 시 대책을 수립할 수 있도록 발전사업자에게 풍력발전 단지 해석 모델을 요청할 수 있어야 한다. 풍력발전기 계통 영향 평가를 위해 필요한 풍력 발전기 또는 풍력 발전단지의 데이터는 다음과 같다.

- 연계 예정 풍력발전기 또는 풍력발전 단지 PSS/E 모델
 - 풍력발전기, 변압기, 단지 구성 방식 등이 표현되어있는 전력 조류 데이터(raw file 데이터)
 - Dynamic simulation을 위한 풍력 발전기 및 제어 시스템들의 동적 데이터(dyr file 데이터)

이러한 규정에 대한 실제 적용 사례는 유럽 풍력발전 선진국들의 계통 연계 기준에서 확인할 수 있는데, 특히 Energinet.dk, Nordel, AESO(Alberta Electric System Operator) 등에서는 풍력발전단지의 해석 모델에 대한 구체적인 요구 사항을 Grid code에 포함하고 있다^(3~5).

정확한 계통 영향 평가를 위해서는 풍력발전 해석 모델과 함께, 연계 예정 풍력발전기 또는 풍력발전 단지의 기초적인 운영 계획 및 운전 정보가 제공되어야 하며, 이에 따라 예상되는 출력 특성 등이 계통 영향 평가에 적절한 형태로 함께 제공되어야 한다. 가령 예상 운전 정보는 출력 특성 등을 반영해서 작성해야 하며, 이는 PSS/E에서 사용가능한 형태의 데이터로 제공되어야 한다⁽⁶⁾. 계통 운영자는 이렇게 주어진 풍력발전단지 모델과 운전 예상 정보를 반영하여 계통 연계 시뮬레이션을 수행해야하며 이를 통해 계통 영향 평가를 수행할 수 있게 된다.

2.2 전력계통 해석용 데이터 검증

계통운영자는 제공받은 풍력발전기 전력계통 해석모델을

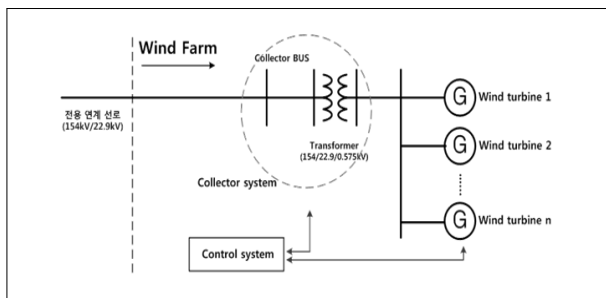


Fig. 1 Simulation model configuration of Wind farm.

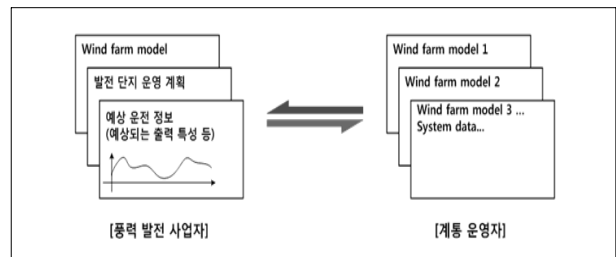


Fig. 2 Common model for Wind farm.

연계 대상 계통에 적용하여 해당 풍력발전기 모델이 조류 계산, 또는 동적 모의에 사용될 수 있는 확인하고, 풍력 발전 사업자가 제공하는 계통 검토 결과를 반영할 수 있는지 확인해야 한다. 그리고 만약 필요한 경우 풍력발전기 모델 또는 풍력발전단지에 포함된 전력계통 해석 모델에 대한 추가적인 정보를 풍력 발전 사업자에게 요구할 수 있어야 한다.

또한 계통 연계 기준에 따라 풍력발전기가 만족해야 하는 여러 가지 기능 요건에 대한 검증 데이터가 함께 제공되어야 한다. 즉, 풍력 발전 사업자는 풍력발전기 또는 풍력발전단지의 계통 연계 시 계통연계기준에 명시된 FRT(Fault Ride Through) 및 유효전력/무효전력 제어 가능 여부를 확인할 수 있는 검증 데이터를 제공해야 한다. 또한 풍력 발전사업자는 시험을 통해 풍력발전기 또는 풍력발전단지가 계통연계기준의 다음 요건을 만족할 수 있는 지를 확인하고, 계통운영자가 시뮬레이션을 통해 풍력발전기 모델이 유효한지 확인할 수 있도록 시험 결과를 제공하여야 한다. 특히 다음 항목에 대해서는 풍력발전기 또는 풍력발전단지가 계통연계 기준의 다음 요건을 만족할 수 있는 지를 확인하고, 계통운영자가 시뮬레이션을 통해 풍력발전기 모델의 유효성을 확인할 수 있도록 시험 결과를 제공해야 한다. 이 역시 Energinet.dk, AESO의 Grid code 에서 실제 그 적용 사례를 확인할 수 있다^(3,4).

- 발전기의 풍속변화에 대한 특성 및 정격 출력
- 발전기 단자에서의 전압변동 특성
- 전압, 무효전력 조정 능력
- 플리커, 고조파 규격의 제한치 초과 여부

2.3 계통영향 평가 1단계 : 정적 시뮬레이션

계통영향 평가 1단계는 계통 영향 평가를 위한 Static simulation 절차를 정의하는 것과 함께, 제주 계통을 대상으로 추가적인 풍력발전 단지가 연계되는 경우 수행하여야 하는 경우를 가정하여 해당 절차를 모의하였다. 이를 위해 현재 연계 허가가 완료된 98MW의 풍력 발전이 계통에 연계되어 있는 상황을 가정하였으며, 추가될 풍력 발전단지는 이용 신청 접수 중인 45MW의 동북 풍력 발전단지를 대상으로 모델링을 수행하였다. 따라서 총 143MW 풍력발전이 연계 운전되는 경우에 대해 계통 영향 평가 절차에 정의된 다양한 연계 모의를 직접 수행하는 것을 통해 실제 계통 영향 평가 시 고

려사항을 확인할 수 있도록 한다.

다음의 그림은 모의 대상이 되는 제주 계통의 계통도를 154kV 이상에 대해 간단히 나타낸 것으로 주요 변전소 모선과 송전 선로, 발전기의 연계 위치를 확인할 수 있다.

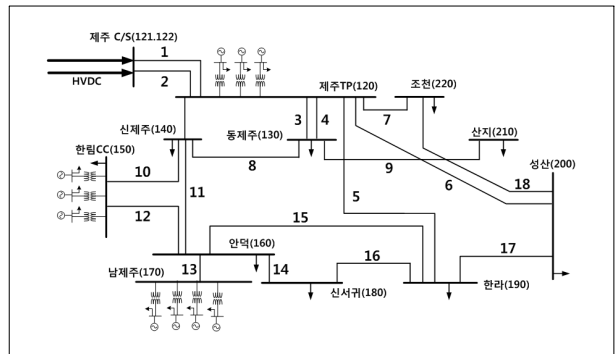


Fig. 3 Common model for Wind farm.

2.3.1 다양한 운전 조건에서의 조류 계산 수행

Static simulation은 일반적으로 조류 계산 수행을 통해 이루어진다. 계통운영자는 풍력 발전 단지의 허가를 위해 대상 계통 모델과 제공된 풍력발전기 모델을 이용하여, 풍력발전의 연계 운전 시 예상되는 다양한 운전 조건에서 조류 계산을 수행하고 그 영향을 확인해야 한다. 그림 4는 유효 전력 및 무효 전력 조류의 변화에 따른 154kV 주요 선로의 contingency 유무를 확인하기 위해 풍력발전기의 출력 변화 시 각 선로에서의 조류 변화를 살펴본 결과를 정리한 것이다. 그림 3에서와 같이 동북 풍력발전단지가 추가되고, 제주계통의 모든 풍력발전기가 운전되었을 경우 선로의 이용률이 50%를 초과하는 개소가 발생됨을 확인할 수 있다. 이와 같이 다양한 운전 조건에서 시뮬레이션을 수행하여 계통에 문제가 발생할 경우

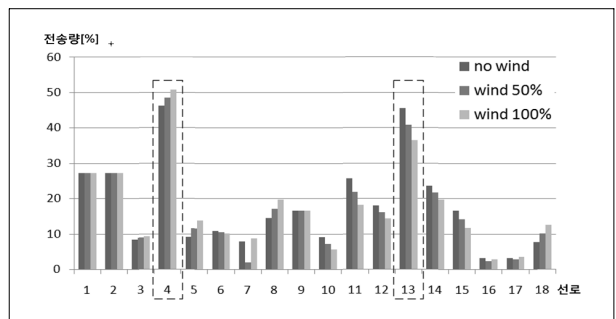


Fig. 4 loading Variation of line with Wind farm.

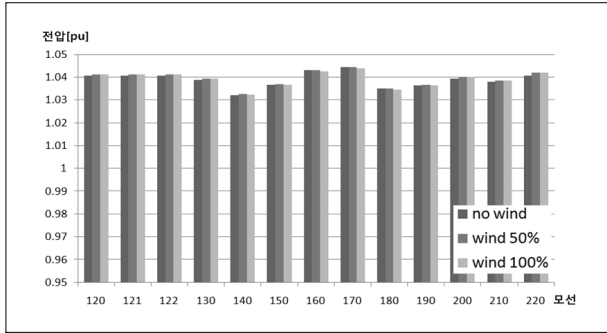


Fig. 5 Voltage variation of main feeder according to Power change.

이를 해결하기 위한 계통 선로의 보강 또는 전용 연계 선로의 이용, 연계 위치의 변화 등 연계 시 적절한 대책을 수립할 수 있다.

그림 5는 풍력 발전 단지가 연계 모선의 전압을 1.05pu로 제어하고 있는 경우 제주 계통 각 모선의 전압 변화를 여러 풍속조건에 대해 보여준다. 풍력발전의 출력 증가에 따라 계통 주요 모선의 전압이 상승했음을 알 수 있지만, 전압 제어를 수행한 경우에는 전압 상승에 대한 큰 영향은 없는 것을 확인할 수 있다. 하지만, 풍력발전단지의 운전 방식에 따라 이는 달라질 수 있다. 전압 제어가 아닌 일정 역률 제어를 통해 풍력발전기의 무효전력을 제어하는 경우 유효전력 변동이 실제 연계 모선 또는 인근 모선의 전압에 영향을 미칠 가능성이 존재한다.

2.3.2 예비력 및 유효전력 추종 능력 확인

대규모 풍력발전이 연계 된 경우 풍력발전기의 다양한 운전 조건에서 계통의 예비력 및 기존 발전기의 유효 전력 출력 변화를 확인하고, 풍력 발전의 연계 탈락 또는 급격한 출력 변화에 대해 충분한 추종 능력이 있는지 확인해야 한다.

2.3.3 무효전력 예비력 확인

풍력발전기 계통 연계 시 전체 계통의 전압 변화를 확인하고, 특정 운전 조건에서 전압 문제가 발생할 경우 해당 풍력발전기의 무효 전력 공급능력, 계통의 무효 전력 예비력이 충분한지 확인해야 한다. 그림 6은 제주 계통의 각 발전기 및 풍력발전기의 무효전력 예비력을 확인한 결과이다. 계통운영자는 다양한 운전 조건에 대해 이와 같은 발전설비의 무효전력 예비력을 확인하고 필요한 경우 무효전력 보상 능력을 갖

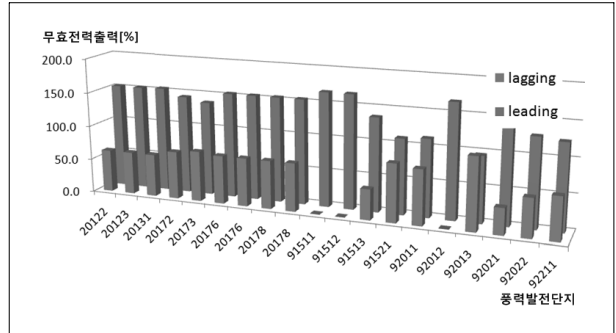


Fig. 6 Reactive Power reserve capacity.

출 것을 요구할 수 있다.

2.4 계통영향 평가 2단계 : 동적 시뮬레이션

2.4.1 유효 전력 출력 변화에 따른 계통 영향 확인

풍속 변화 시 풍력발전기의 유효·무효 전력 출력 변화에 따른 계통 주파수 또는 연계 지역의 전압 변동을 확인하고, 이 주파수와 전압 변동이 풍력 발전 단지에 포함된 설비의 제어를 통해 적정 범위에서 유지가 가능한지 확인해야 한다. 또한, 풍력 발전기들의 유효 전력 출력 변화가 계통 내 기존 발전기들의 예비력을 통해 추종될 수 있어야 하며, 무효 전력 출력 변화는 계통의 전압 안정도에 영향을 주지 않아야 한다. 이러한 과도 및 전압 안정도 관련 사항들은 반드시 연계 전에 확인할 수 있어야 한다.

*시뮬레이션 모의 조건

- 제주계통(peak, 550MW) + 98MW 풍력발전 단지 연계 (50% 출력)
- 신규 예정인 45MW의 동북 풍력 발전 단지의 연계 시 영향 평가
- 풍력발전 단지의 유효전력 출력변화 : 1분간 정격의 $\pm 10 \sim 15\%$ 변동(실제 풍속 변화 특성을 고려)

그림 7은 연계 예정인 풍력발전단지의 출력 변화 조건을 보여준다. 1분간 정격의 $\pm 10 \sim 15\%$ 범위에서 출력 변동을 모의 하였으며, 이 때 제주 계통의 주파수는 그림 8과 같이 변화하는데, 계통의 주파수 변화가 매우 작은 것을 확인(실제 0.001pu 정도)할 수 있다. 따라서 위와 같은 조건 하에서 풍

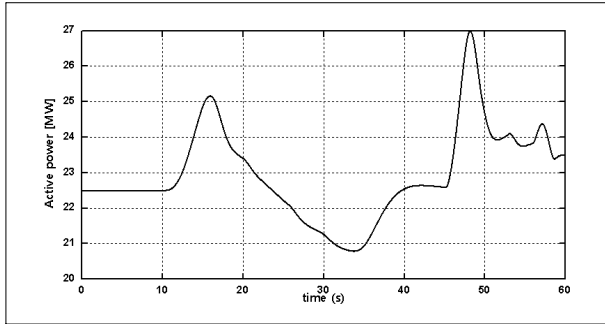


Fig. 7 Power variation of wind farm.

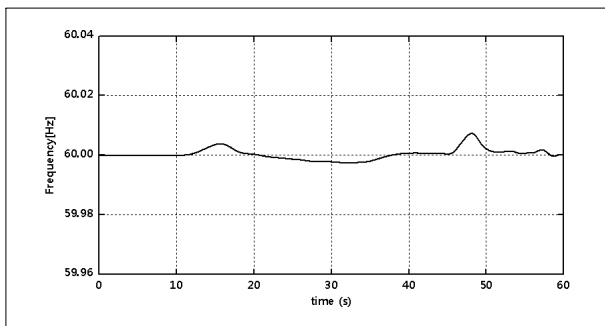


Fig. 8 Frequency variation of wind farm.

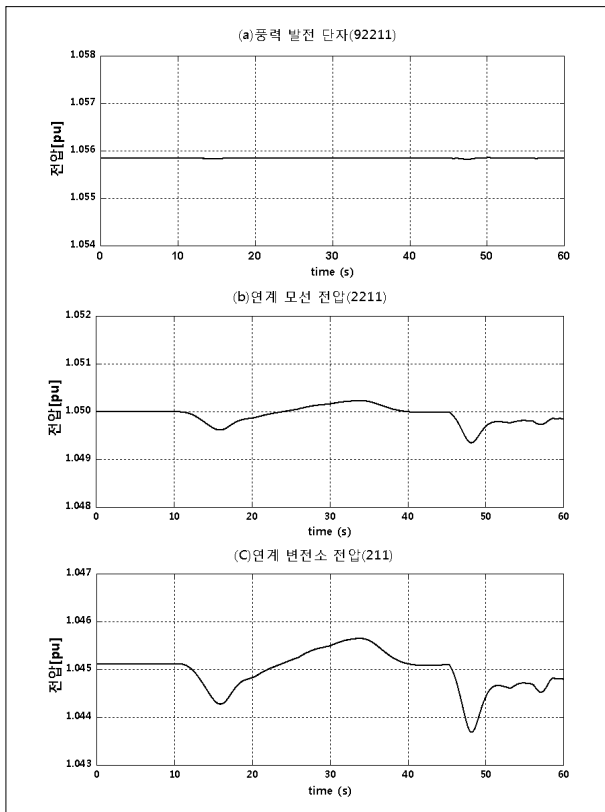


Fig. 9 Voltage variation of each point.

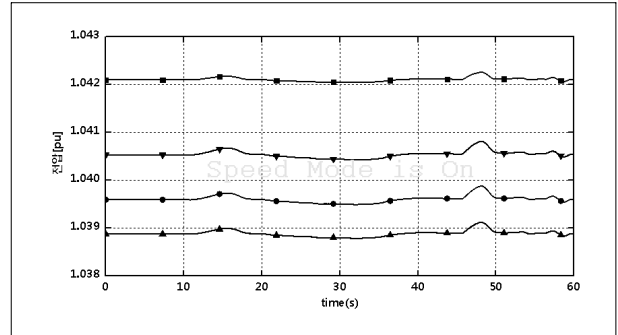


Fig. 10 Voltage variation of main feeder.

(■ 안덕(160), ▼ 조천(220), ● 제주TP(220), ▲ 성산(200))

력발전 단지의 계통 연계가 계통의 안정적인 주파수 유지에 영향이 거의 없음을 확인할 수 있다.

다음으로는 같은 조건에서 모의 시 풍력 발전 단지와 연계 모선 및 연계 변전소 모선의 전압 변동을 확인하고, 풍력 발전 단지의 출력 변화에 따른 전압 영향을 확인하였다. 그림 9는 풍력발전 단지 및 연계 모선, 연계 변전소에서의 전압 변동을 보여주며, 그림 10은 제주 계통 내 주요 모선(154kV)에서의 전압 변동을 나타낸다.

위 그림 9와 10에 나타나 있는 것처럼 22.9kV 선로를 통한 연계를 가정한 경우 제주 계통 전압 변동에도 큰 영향은 미치지 않는 것으로 확인되었고, 실제 변전소 레벨에서는 전압 변동이 1% 미만임을 확인할 수 있었지만, 향후 전압 제어 모드 및 풍력발전기 방식에 따라 다르게 나타날 수 있는 부분이므로 이에 대한 면밀한 체크가 요구된다.

2.4.2 고장 발생 시 풍력 발전 단지의 동작 특성 확인

풍력 발전의 점유율 증가는 기존 발전기들의 출력을 대체하게 된다. 따라서 사고 시 계통의 안정적인 운영을 위해서는 풍력 발전기 또는 풍력 발전 단지가 사고 시 기존의 발전기와 같이 일정 이상 연계 운전을 유지하고 계통의 안정적인 복구를 위한 보상 능력을 갖출 것이 요구되고 있다. 이러한 풍력 발전기의 FRT(Fault Ride Through) 능력은 풍력 발전 설비가 사고에 대해 정상적인 응답을 하지 못하는 경우, 대규모 풍력 발전의 탈락에 의한 2차 사고로 이어질 수 있기 때문에 점차 그 중요성이 커지고 있다. 따라서 대규모 풍력 발전 단지의 계통 영향 평가에서도 풍력 발전기 또는 풍력 발전 단지의 사고 시 다음의 응답 특성을 확인하는 과정이 필요하다. 이에 연계 지역의 전압 변화와 유효전력 및 무효전력 출력변

동 모의 시 다음 사항 확인이 요구된다.

- 각 풍력 발전기 또는 풍력 발전 단지가 FRT 기준에 따라 충분한 무효전력 보상능력이 있는지 확인
- 고장 상태에서 회복 시 풍력 발전기 또는 풍력 발전 단지의 유효 전력 출력 회복 특성 및 무효 전력 출력이 Grid Code에서 정한 기준에 부합하는지 확인

*시뮬레이션 모의 조건

- 제주계통(peak, 550MW) + 98MW 풍력발전 단지 연계 (50% 출력)
- 신규 예정인 45MW의 동북 풍력 발전 단지의 연계 시 영향 평가
- 성산모선(#190)에서 0.1sec, 3상, 고장 모의

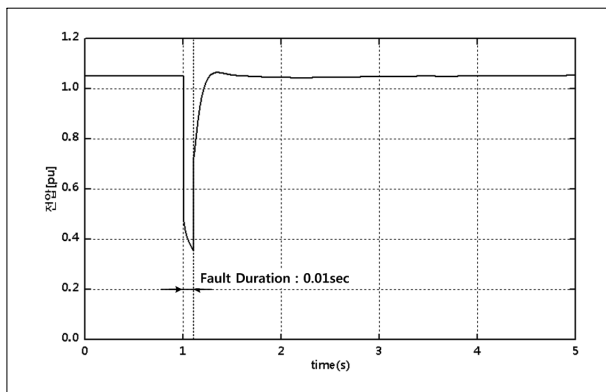


Fig. 11 Voltage Variation of connecting feeder(2211) with Wind farm.

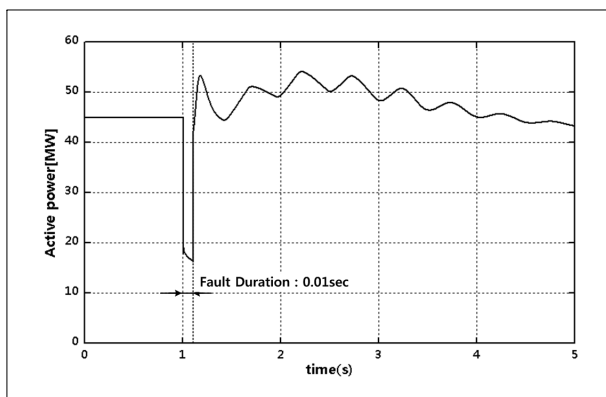


Fig. 12 Power variation of active power according to Fault recovery.

그림 11은 계통 사고 시 풍력 발전기나 풍력 발전 단지가 연계 운전을 유지 할 경우, 동북 풍력발전 단지 연계 모션에서의 전압 변화를 보여주며, 그림 12는 사고 회복 시 유효전력 출력 변화를 나타낸다.

사고 시 이와 같이 전압이 떨어지는 경우 풍력 발전 단지의 유효 전력 출력은 순간적으로 감소하게 된다. 하지만, 사고가 제거되고 전압이 회복되면 풍력 발전 단지는 빠르게 출력을 회복할 필요가 있으며, 이때 출력 회복은 계통 연계 및 운영 규정에 부합할 수 있어야 한다. 그림 12는 이러한 유효 전력 출력 회복 특성을 보여주며, 계통 운영자는 계통 영향 평가 절차를 통해 해당 특성이 유효 전력 출력 회복 규정에 부합하는지 확인이 요구된다⁽⁷⁾.

이러한 유효전력 출력 회복 특성과 함께 무효전력 또한 살펴볼 필요가 있으며, 이를 통해 FRT 기준에 따라 연계 유지가 필요한 각 전압 범위에서 풍력발전기 또는 풍력발전단지가 충분한 무효전력 보상능력이 있는지 확인해야 한다. 그리고 위와 같은 사항들은 모두 계통 연계기준에서 정한 기준에 부합해야 한다.

2.4.3 고장 발생 시 계통 특성 변화 확인

이상의 계통 영향 평가 절차를 통해 풍력 발전기 또는 풍력 발전 단지가 사고 시 적절한 제어 요건을 갖추고 있음을 확인했다면, 다음으로는 사고 조건 하에서 풍력발전기의 연계에 따라 계통의 주파수 응답이 어떻게 변화하는 지도 확인해 보아야 한다. 실제 각 풍력 발전 단지가 사고에 대해 정상적인 동작을 하는 경우에도 풍력 발전 단지의 응답 특성은 기존 발전기의 응답 특성과 크게 차이를 가질 수 있다. 따라서 계통

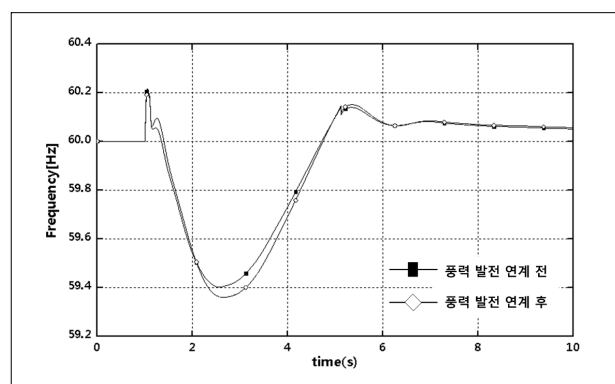


Fig. 13 Frequency variation according to Fault.

의 사고 시 안정도는 풍력 발전 단지의 연계에 따라 크게 변화할 수 있다. 따라 계통 영향 평가에서는 풍력 발전 연계에 따른 계통 특성 변화를 확인하고 만약 계통의 주파수 응답에 문제가 있는 경우라면 풍력발전단지의 유효전력 제어 scheme 을 적절하게 수정 반영하고, FRT 기준에 대해서도 재검토해 볼 필요가 있다. 그림 13은 사고 시 계통 주파수 변화를 나타낸 것으로 그림 11, 12와 동일한 모의 조건에서 신규 풍력 발전 단지가 연계되는 경우와 그렇지 않은 경우에 대해 주파수 변동을 확인한 것으로, 풍력 발전 연계 후 주파수 변동이 감소하는 것을 확인할 수 있다. 따라서 풍력 발전의 연계가 계통의 안정 운영에 거의 영향을 주지 않는 것을 확인할 수 있다.

2.5 풍력발전 단지 운전 모니터링 및 데이터 취득

계통운영자는 풍력 발전단지의 운전 현황을 반영하여 안정적인 계통운용을 하여야 하며, 이를 위하여 풍력발전 단지의 모니터링 데이터를 제공받아야 한다. 계통운영자는 계통 운영 정보 및 풍력발전단지 운전 데이터를 지속적으로 확보하여, 변경된 계통 상황에서의 영향 평가를 수행하여야 한다. 또한 필요 시 풍력 발전 사업자에게 추가적인 기기시험과 풍력발전기 등 전력계통해석 모델의 수정을 요구할 수 있다.

3. 결론

본 논문은 계통운영자가 풍력발전사업자의 풍력 발전기를 계통에 연계하기 전 그 영향을 충분히 평가해서 허가 여부를 결정하거나 혹은 필요한 제어 요건을 갖출 수 있도록 대규모 풍력 발전 단지의 계통 연계 허가 시 필요한 계통 영향 평가 절차를 제안하였고, 이 과정을 제주 계통 풍력발전 연계 모의에 적용해 보았다. 그리고 제안된 계통 영향 평가 절차는 대규모 풍력 발전 단지의 계통 영향을 최소화하고, 연계 전에 풍력 발전의 연계에 따라 발생할 수 있는 문제를 미리 확인할 수 있도록 5 단계의 절차로 구성하였다.

- ① 풍력발전 계통해석을 위한 데이터 수집
- ② 전력계통 해석용 데이터 검증
- ③ 계통영향 평가 1단계 : 정적 시뮬레이션
- ④ 계통영향 평가 2단계 : 동적 시뮬레이션
- ⑤ 풍력발전단지 운전현황 모니터링 및 데이터 취득

해당 계통 영향 평가 절차는 이후 풍력 발전 단지의 계통 연계 및 운영 기준 수립 등에 활용될 예정이다.

후 기

본 연구는 지식경제부에서 시행한 전력산업연구개발사업의 일환으로 수행되었습니다.

References

- [1] Inigo Martinez de Alegria, Jon Andreu, Jose Luis Martin, Pedro Ibanez, Jose Luis Villate, and Haritza Camblong, "Connection requirements for wind farms: A survey on technical requirements and regulation", Renewable and Sustainable Energy Reviews 11, Jan. 2006.
- [2] 국가에너지 기본계획(안), 지식경제부 & 에너지경제연구원, 2008.
- [3] "Wind turbines connected to grids with voltages above 100 kV, Technical regulations for the properties and the regulation of wind turbines", Grid Code from the Danish TSO, energinet.dk
- [4] "Wind Power Facility, Technical Requirements", Grid Code from Alberta Electric System operator, Canada.
- [5] "Nordel Connection code wind turbines", Grid code from Nordel.
- [6] "The Application of Wind Turbine Modelling in PSS/E", Shaw Power Technologies, Inc.
- [7] "Discussion document for the review of requirements for wind turbine generators under system faulty conditions, commonly referred to as fault ride through", ESB National Grid. November 2003.

최영도



2000년 명지대학교 전기공학과 공학사
2002년 명지대학교 전기공학과 공학석사
2005년 한국전력공사 입사

현재 한국전력공사 전력연구원 송배전연구소 선임보연구원
(E-mail : zeroway@kepri.re.kr)

전영수



1983년 성균관대학교 전기공학과 공학사
1997년 충남대학교 전기공학과 공학석사
1987년 한국전력공사 입사

현재 한국전력공사 전력연구원 송배전연구소 책임연구원
(E-mail : ysjeon@kepri.re.kr)

박영신



1988년 연세대학교 전기공학과 공학사
1988년 한국전력공사 입사

현재 한국전력공사 전력연구원 송배전연구소 책임연구원
(E-mail : parkshin@kepeco.co.kr)

전동훈



1991년 홍익대학교 전기공학과 공학사
1993년 홍익대학교 전기공학과 공학석사
1994년 한국전력공사 입사

현재 한국전력공사 전력연구원 송배전연구소 선임연구원
(E-mail : dhjeon@kepri.re.kr)

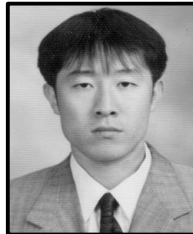
윤기갑



1983년 한양대학교 전기공학과 공학사
1988년 홍익대학교 전기공학과 공학석사
1999년 한양대학교 전기공학과 공학박사
1990년 한국전력공사 입사

현재 한국전력공사 전력연구원 송배전연구소 선임연구원
(E-mail : ykk@kepri.re.kr)

박상호



2000년 명지대학교 전기공학과 공학사
2002년 명지대학교 전기공학과 공학석사
2004년 한국전력공사 입사

현재 한국전력공사 전력연구원 송배전연구소 선임연구원
(E-mail : alegole@kepri.re.kr)

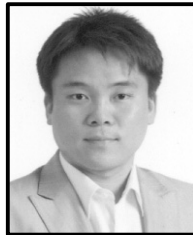
신정훈



1993년 경북대학교 전기공학과 공학사
1995년 경북대학교 전기공학과 공학석사
2006년 경북대학교 전기공학과 공학박사
1995년 한국전력공사 입사

현재 한국전력공사 전력연구원 송배전연구소 선임연구원
(E-mail : jhshin@kepri.re.kr)

이재걸



2002년 인천대학교 전기공학과 공학사
2004년 인천대학교 전기공학과 공학석사
2004년 한국전력공사 입사

현재 한국전력공사 전력연구원 송배전연구소 선임보연구원
(E-mail : jaelry@kepri.re.kr)