

신재생 확대에 따른 도전과제와 계통운영자의 대응방안



이호철
한국전력거래소
전력경제연구실



양민승
한국전력거래소
전력경제연구실



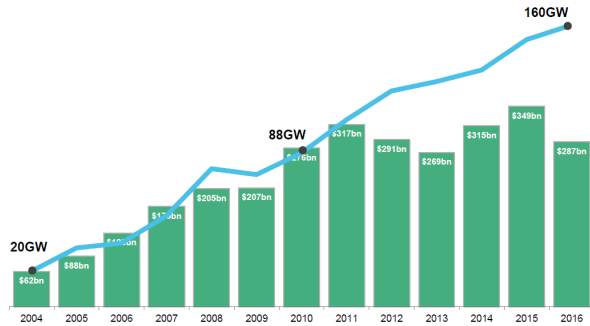
조강욱
한국전력거래소
전력경제연구실

초 록

With the appearance of the climate change concerns, energy transition to renewable energy is accelerating over the world. Korea, a latecomer to the renewable energy sector, has also been unable to avoid energy transition. The government is promoting strong goals for expansion of renewable energy. However, switching from stable and controllable conventional generation to intermittent and uncontrollable renewable generation will be a big challenge for the electric power industry. Korea Power Exchange(KPX), which is responsible for the planning and operation of the electric power industry in Korea, is trying to improve measures in various fields such as the implementation of real-time unit commitment and additional real-time markets in order to cope with the volatility and intermittency of renewable energy.

서 론

2015년 파리협정으로 신기후체제가 출범되었으며, 이는 1997년 교토의정서와 달리 구속력이 있는 협정으로 더 이상 기후환경 변화에 미온적인 대응만 하고 있을 수는 없음을 공표하는 계기가 되었다.



출처: Bloomberg New Energy Finance Summit

그림 1. Global new clean energy investment and capacity installation

전력산업은 온실가스 배출이 가장 많은 분야 중 하나로 기존에도 배출권거래제, 온실가스 목표관리제, 에너지 세제 등 다양한 규제를 받고 있다. 그러나 근본적인 기후환경변화에 대응하기 위해서 단순 규제가 아닌 화석연료에서 저탄소·청정에너지로 전환이 필요하다.

이미 90년대부터 전세계적으로 신재생에너지 확대는 추진되어 왔고 2000년도에 들어 에너지전환이 가속화되었다. 그림1에서 나타나듯이 2004년 대비 2016년 8배의 신재생에너지 설비의 급격한 증가추세를 보이고 있다. 반면 우리나라의 경우 IEA통계에 따르면 OECD국가 중 에너지소비는 9위이나 기존 신재생에너지의 비중은 1.1%로 최하위인 것으로 조사되었다.

최근 에너지전환의 전세계 추세에 발맞춰 우리나라도 신재생확대에 대한 여러 정책들이 제시되고 있으며 2030년 발전량의 20%를 신재생에너지로 공급하겠다는 계획을 발표했다.

신재생의 확대는 변동성의 증가로 전력계통계획과 운영의 불확실성 증가, 시장가격의 정확성 한계, 송전제약 및 혼잡 발생 가능성 증대 등의 전력산업 전반에 걸친 문제점을 유발할 수 있다. 따라서 우리나라의 전력산업 계획, 전력계통운영 및 전력시장운영을 하는 전력거래소는 신재생

확대에 따라 발생할 수 있는 문제점에 대해 검토하고 있으며, 대응하기 위한 제도개선을 시행하고 있다.

신재생에너지 확대 추진 현황

우리나라는 비용절감과 안정적인 에너지의 공급을 위해 전통적인 화력발전위주의 발전부문 정책을 추진했으며, 신재생의 비중은 상당히 낮은 편이다. 그러나 최근 온실가스, 미세먼지 등의 환경문제와 원자력발전의 안정성 이슈에 따라 신재생으로 에너지전환의 필요성이 증대되고 있으며, 정책적으로도 신재생발전의 확대를 추진하고 있다. 신재생발전의 확대는 많은 이슈와 문제점을 유발할 수 있는 만큼 신중한 접근이 중요하여 다른 국가들의 추진 사례에서 대응방안에 대한 시사점을 배울 필요가 있다.

독일의 신재생에너지 확대 추진 현황

독일정부는 강력한 에너지전환의 의지를 보이며 신재생 에너지의 발전설비 비중을 지속적으로 증가시키고 있다. 2010년 'Energy Concept 2010'에서 2050년까지 화석에너지의 비중을 낮추고 신재생에너지를 확대하는 에너지 전환을 발표하였고 2011년 후쿠시마 원전사고를 계기로 2022년까지 원자력 발전을 폐지하는 급진적인 에너지 전환정책을 펴고 있다.

또한 독일의 재생에너지법(Renewable Energy Sources Act)에 따르면, 신재생에너지의 발전량을 2020년까지 20%로 증가시키는 것을 규정하고 있다.

그림 2에 나타나듯이 독일은 지속적인 원자력의 감축과 신재생발전설비의 확대가 이루어지고 있는 것을 볼 수 있다. 기존의 전통적인 화력발전은 원자력의 감소로 설비

표 1. Contribution of renewables to energy supply(OECD, 2014)

Rank	1	8	13	16	28	31	34
Country	Iceland	Denmark	Italy	Germany	USA	Japan	Korea
Percentage(%)	89.3	27.8	17.8	11.1	6.5	4.9	1.1

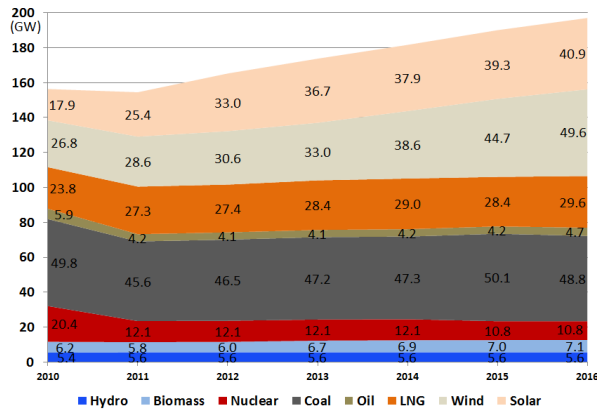


그림 2. Installed net generation capacity in Germany

용량이 2010년 대비 2016년 6% 감소하였으나, 태양광 및 풍력 발전 등 신재생은 80%에 가까운 설비용량 증가를 보이며 2016년 전체 설비용량의 약 52%를 차지하고 있다.

설비용량의 증가에 따라 발전량 또한 크게 증가했으며, 2016년 기준 발전량의 약 30%를 신재생으로 공급하고 있으며, 이는 2020년 20%의 목표를 크게 초과 달성한 것이다.

제어가 되지 않고 간헐적인 풍력 및 태양광 발전의 증가는 계통운영에 전반적인 어려움을 주고 있다. 특히 풍력의 급격한 증가는 계통전압 및 송전혼잡 등의 문제를 유발할 수 있으며, 인접국가 계통에 영향을 미칠 수 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 독일은 다양한 신재생 대응 체계를 구축하여 운영하고 있다. 인접 국가와의 송전망 연계를 확대하여 예비력을 상호 보조하고 있으며, 신재생 발전 예측시스템, 실시간 풍력발전 모니터링 시스템을 도입하였고, 태양광발전과 ESS 연계를 확대하기 위한 지원 정책을 통해 태양광의 출력변동성을 줄이기 위한 노력도 하고 있다.

또한 다양한 계약시장과 현물시장을 운영함으로써 변동성에 따른 자원의 적정가치 반영 및 적절한 자원의 발전계획을 수립하여 대응하고 있다.

국내 신재생에너지 확대 추진 현황

파리기후협약을 계기로 2030년까지 온실가스 배출전망치 대비 37%를 감축하는 국가 목표를 발표하였고 이를

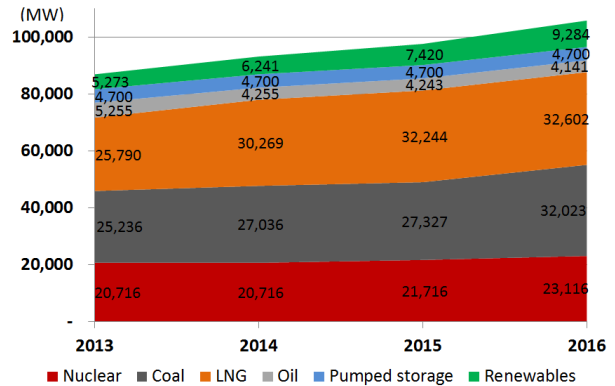


그림 3. Installed net generation capacity in Korea

시행하기 위한 구체적인 방안을 담은 '2030 국가 온실가스 감축 기본로드맵'을 2016년 12월에 발표하였다. 감축 기본로드맵에 따르면, 발전부문은 64.5백만톤을 감축을 목표로 하며 이 중 신재생·청정에너지 사용의 확대가 35백만톤을 차지하여 가장 중요한 추진방안으로 제시되었다.

구체적인 수치로 2030년 발전량의 20%를 신재생으로 달성한다는 목표를 제시함으로써 신재생확대에 대해 상당히 진취적인 입장을 취하고 있음을 알 수 있다. 이는 신규 원전 및 석탄 건설의 최소화와 노후석탄의 폐지와 함께 신재생발전으로 에너지전환을 공표한 것이라 할 수 있다.

국내 신재생발전설비는 꾸준히 증가하는 추세이나 설비의 비중은 상당히 낮은 수준이다. 2016년 기준 원자력, 석탄 및 LNG 발전의 비중은 80%가 넘는 반면, 신재생의 설비 비중은 약 8.8%수준에 불과하다.

지속적인 발전이 불가한 신재생의 특성상 발전량 비중은 설비 비중보다 더욱 낮은 수준이다. 2016년 기준으로 원자력, 석탄 및 LNG의 발전량 비중은 약 92%로 대부분을 차지하는 반면, 신재생은 약 4%를 차지하고 있다. 또한 신재생발전량의 다수가 부생가스 및 바이오매스로 태양광과 풍력 같은 순수 재생에너지의 비중은 더욱 낮다.

2030년 20%로 신재생 발전비중 확대와 온실가스 감축의 목표를 달성하기 위해서는 태양광 및 풍력의 보급 확대가 필수적이며, 태양광과 풍력의 확대를 위한 방안에 대해 다양한 논의와 협의가 이루어지고 있다.

신재생의 확대는 전력계통 운영에 많은 문제점을 유발

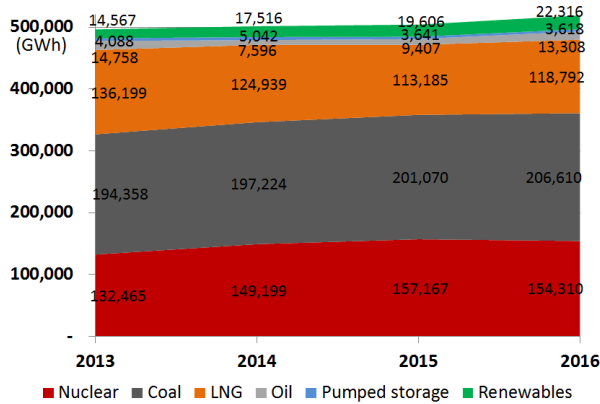


그림 4. Electricity generation in Korea

할 수 있으며, 이런 부분에 대한 해결방안에 대한 논의는 아직 부족한 상황이다. 대표적인 문제점으로 신재생의 간헐성에 따른 계통의 불확실성 증가를 들 수 있다. 현재 발전계획은 예측된 수요와 발전사의 발전기별 입찰을 바탕으로 하루전에 시간대별 발전기운영계획을 수립하고 있고 실시간 운영시 수요예측오차 등을 고려하여 운영을 하고 있다. 그러나 제어가 불가능하고 외부환경에 크게 영향을 받는 신재생의 증가는 전일 수립한 발전계획과 실시간의 발전의 큰 차이를 유발하여 계통운영 어려움을 유발할 수 있다.

문제점과 대응방안

전력거래소는 우리나라의 전체 전력계통을 운영하는 기관으로 중장기 전력수급계획 수립, 전력계통 운영 및 전력시장 운영 등의 기능을 담당 하고 있다. 중장기 전력수급계획은 전력계통을 안정적으로 운영하기 위하여 중장기 전력계통 설비의 신·증설에 대하여 연도별로 운영측면에 고려한 문제점을 도출하고 운영방안 및 장기 설비의 투자 방향을 제시하여 견고한 전력계통을 구축하는 것을 목적으로 한다.

계통운영은 전국의 발전소와 전력망의 가동에 대한 계획을 수립하고 실시간으로 감시하며 이상 징후에 신속히 대응하여 전국의 소비자들에서 안정적인 전력을 공급받을

수 있게 운영하는 것을 목적으로 한다.

전력시장 운영은 전력 판매자인 발전사업자와 구매자인 판매사업자 및 구역전기사업자 사이에서 공정하고 투명한 전력거래가 이루어지도록 입찰, 가격결정, 계량, 정산, 결제 등의 시장운영의 업무를 수행하는 것이다.

신재생 확대에 따른 불확실성 증가는 계획, 계통 및 시장운영 전반에 영향을 미치며 이를 대응하기 위해 전력거래소 업무영역 전반에 걸쳐 대응방안을 검토하고 있다.

전력계통 운영에서 대응방안

현재 운영발전계획은 하루전 18시까지 익일의 24시간에 대한 수요예측과 발전기별 입찰자료를 바탕으로 수립하여 운영하고 있다.

수요예측의 오차 및 전력설비들의 불시고장 등으로 하루전 발전계획은 실시간 계통운영과는 차이가 있을 수 밖에 없고 실시간 운영시에 이러한 부분을 예비력자원과 응동이 빠른 양수발전을 이용하여 대응하고 있다. 현재 신재생의 점유율이 상당히 낮은 상황에서는 신재생의 변동성이 계통운영에 크게 영향을 미치지 못하지만, 비중이 20%까지 올라가는 상황이 발생하게 되면 전일 예측한 신재생 발전량과 실시간의 신재생발전량의 차이는 계통운영에 상당한 부담으로 작용하게 될 것이다.

따라서 전력거래소는 계획과 실제 운영의 편차를 최소화

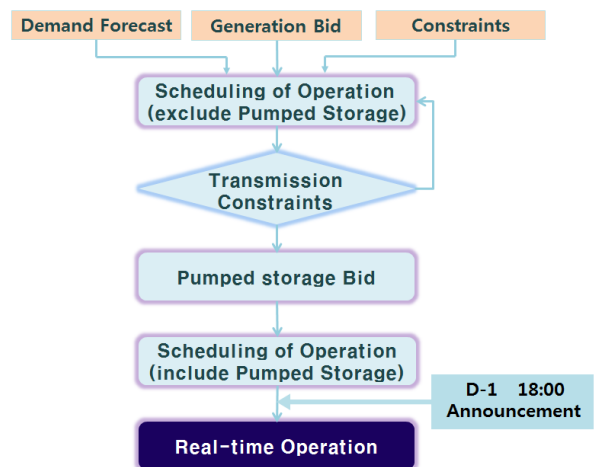


그림 5. Process of operational Scheduling

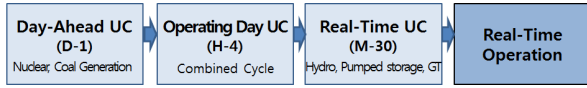


그림 6. Improvement of Operational Scheduling

화할 수 있는 통합 운영발전계획 체계 도입을 추진하고 있다. 통합 운영발전계획은 현 하루전 발전계획 체제에서 벗어나 수요변화, 고장 및 신재생 발전량 등 수시로 변화하는 계통여건을 충분히 반영할 수 있는 하루전·당일·실시간 발전계획이다.

① 하루전 발전계획

- 기동시간이 긴 석탄, 원자력의 기동 및 정지를 결정하는 단계
- 운전 전일 1일 1회 수행으로 1시간 단위의 24시간 발전계획 수립

② 당일 발전계획

- 복합 발전소의 기동 및 정지를 결정하는 단계
- 운전 4시간 전에 8시간 동안의 15분 단위 발전계획 수립(매 20분마다 수행)

③ 실시간 발전계획

- 수력, 양수, GT의 기동 및 정지를 결정하는 단계
- 운전 30분 전에 2시간 동안의 15분 단위 발전계획 수립(매 15분마다 수행)

통합 운영발전계획의 도입으로 신재생의 변동성에 대한 오차를 단계적으로 줄일 수 있으며, 실시간에서 변동성에 대응하기 위한 유연성자원의 확보로 안정적인 계통운영에 기여할 것으로 예상된다. 유연성자원은 양수, ESS, GT 발전 등 단시간에 기동하거나 발전량을 제공할 수 있는 자원으로 신재생의 급격한 출력변동에 대응하기 위해서 실시간 발전계획에서 확보가능하다.

전력시장 운영에서 대응방안

현재 전력시장은 하루전 가격결정발전계획을 통해 시장 가격(SMP)이 결정이 되고 실시간 급전지시에 따른 실제발

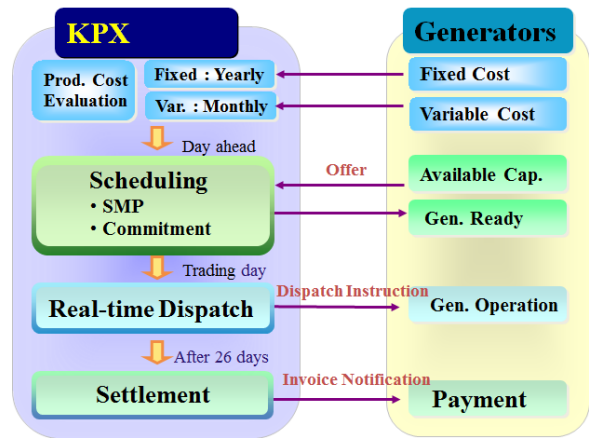


그림 7. Process of market operation

전량을 기준으로 정산이 이루어진다.

예측 불확실성이 큰 신재생발전의 전일시장에서 거래량과 실시간의 실제 발전량은 차이가 있을 밖에 없으며 이는 전력시장에서 신재생발전량을 반영하지 못하는 전력가격을 제시하는 문제를 유발한다. 또한 신재생의 증가는 출력 변동성을 제어하기 위한 유연성자원의 필요성을 요하지만, 현재 전력시장은 전일시장에서 단순 발전에 대한 가격만 산정하고 있어 유연성자원의 가치평가와 적정 보상에 한계가 있다. 실시간 운영발전계획을 통해 유연성자원을 확보하고 급전에 활용 할 수 있지만, 적정가치를 보상하지 못한다면 신규자원의 참여가 불투명하고 기존자원 또한 참여율이 저조할 것으로 예상된다.

따라서, 전력시장에서는 신재생의 출력변동성 반영과 유연성자원의 적정가치 보상을 위해 단계별 전력시장과 예비력자원에 대한 시장의 도입을 검토 하고 있다.

단계별 전력시장은 통합운영발전계획의 하루전·당일·실시간 발전계획과 동일한 시간가격으로 하루전·당일·실시간 전력시장을 개설하는 것으로 실시간에 접근할수록 신재생변동성, 수요오차, 설비고장을 반영하여 계통운영과 시장운영의 일관성을 확보하고 자원의 가치를 적정하게 평가한 시장가격을 만들도록 하는 것이다.

더불어 현재 발전량에 대한 가격만 산정하는 시장에서 발전량과 더불어 예비력 가격을 산정하여 예비력의 가치를 제고하고 유연성자원의 유입을 유도하는 시장으로 개



선을 검토하고 있다.

향후 전력시장 및 전력계통에 수십~수백만대의 신재생 에너지가 참여하게 될 것이고 현재의 중앙급전에 의한 중압집중적 제어에는 한계가 있을 것으로 예상된다. 따라서, 적절한 시장가격 시그널을 제공하여 분산된 자원의 개별 제어가 이루어 질 수 있는 방향으로 나아가야 할 것이다.

결론

기후변화와 원전의 안정성 문제로 친환경·저탄소 에너지원으로 전환은 전세계적인 에너지분야의 당면과제이다. 우리나라 또한 최근 미세먼지 문제와 지진발생에 따른 원자력발전의 안정성 이슈로 인해 전국민이 안전하고 깨끗한 에너지로 전환의 필요성을 인식하고 있으며, 정부는 2030년 발전량의 20%를 신재생으로 충당하겠다는 강력한 정책추진 목표를 제시하였다.

현재 국내의 신·재생은 발전량에 상당히 낮은 수준이며, 더불어 신재생 증가에 따라 발생하는 여러 가지 문제에 대한 논의와 검토가 부족한 상황이다. 전력거래소는 국내 전력산업의 계획, 계통운영 및 시장운영을 하는 주체로 제어가 불가하고 간헐적인 신재생의 증가를 안정적인 전력계통의 운영에 큰 도전과제로 보고 대응방안에 대하여 검토하고 있다.

현재 전력거래소는 하루전에 전력계통 운영을 위한 운영발전계획과 전력시장 운영을 위한 가격결정발전계획을 수립하고 있으며, 신재생 변동성으로 전일 예측은 실시간 운전과 크게 차이를 보일 수 있다. 따라서 변동성을 줄일 수 있는 단계적인 발전계획 체제를 도입할 필요가 있다. 하루전·당일·실시간에 걸친 단계적인 발전계획을 통해 신재생의 변동성 예측오차를 최소화하고 실시간의 급격한 변동에 대응하는 유연성 자원을 확보할 수 있을 것이다. 전력시장 또한 하루전·당일·실시간에 걸쳐 개설하고 운영하여 변동성을 반영한 적절한 시장가격을 산출할 수 있으며, 유연성 자원의 적절한 가치를 보상하여 안정적인 자원확보에 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

참고문헌

- [1] KPX, “Post-2020을 대비한 발전부문의 온실가스 감축목표 달성 전략에 관한 연구”, 2017.
- [2] Clean Energy Wire, “Germany’s energy consumption and power mix in charts”, 2017.
- [3] KPX, “Electricity Market Rule”, 2017.
- [4] KEPCO, “Statistics of electric power in Korea”, 2017.
- [5] KPX, “World Power Market Trend”, 2015.
- [6] Michael Liebreich, “Bloomberg New Energy Finance Summit”, 2017.
- [7] IEA, “Renewables information 2015”, 2015.