

신재생에너지 출력변동성과 신규양수건설 필요성



고 권 후
한국수력원자력 차장
edless7482@naver.com



전 영 환
홍익대학교 교수
yhchun@hongik.ac.kr

에너지 패러다임 변화와 신재생 3020 정책

에너지는 산업 활동에 미치는 영향이 크고 국내 경제 발전을 일으키는 큰 원동력이다. 에너지 안정

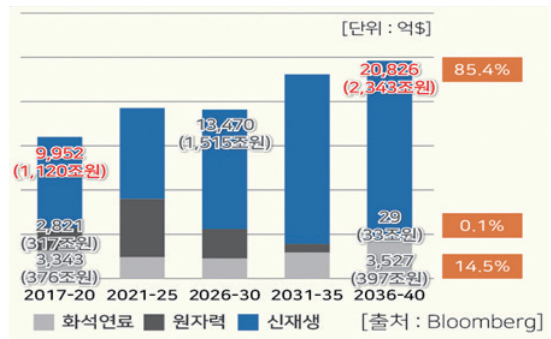
화는 국가 경제의 기본적 필수재 뿐만 아니라 국민 일상생활의 중요한 일부가 되고 있으며 전력 블랙아웃이 발생할 경우 국가 전체 시스템이 마비된다. 안정적인 에너지 공급 기반 구축과 효율적인 전력계통 안정화 대책은 산업개발을 기본으로 하는 국가 경쟁력 강화에도 큰 역할을 하고 있다. 특히 금융, 전력, 운송, 공공기관 등 주요사회 기반시설의 전력시스템에 대한 안정화는 국가적 차원에서 대비책을 강구해야 하는 중요 분야로 떠오르고 있다.

산업혁명 이후 계속 증가하는 화석연료 소비로 인한 지구온난화로 과거 100년 동안 전세계 기온은 과거 133년간 기온이 0.85℃가 상승하여 해수면 수위 0.19m 상승, 국지적인 집중호우, 사막화 지속 등 전세계적으로 자연재해가 계속 증가하고 있어, 인류가 화석연료 소비와 이산화탄소를 줄이지 않으면 인류는 멀지 않은 시기에 대재앙을 맞이하게 될 것이라

구분	2015년	2040년	증감	
화석연료	63%	48%	15%p ↓	
원자력	6%	6%	-	
신재생	수력	19%	17%	2%p ↓
	풍력	6%	13%	7%p ↑
	태양광	4%	13%	9%p ↑
	기타	2%	2%	1%p ↑
	소계	31%	46%	15%p ↑
계	100%	100%	-	

[출처 : IEA]

전세계 신재생 발전용량 비중 전망



전세계 신재생 신규설비투자 전망

고 유엔의 기후변화위원회는 경고하고 있다.

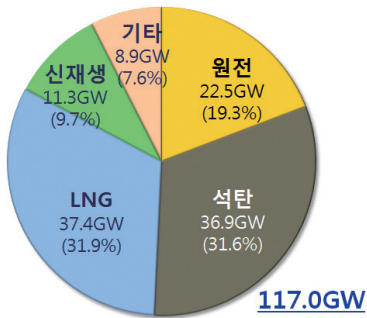
세계 각 국가는 이런 심각한 지구온난화를 방지하기 위해 국제기후변화협약에 따라 선진 40개 선진국에 2012년까지 온실가스 감축 의무를 부여하는 ‘교토의정서’를 발효하였고 탄소배출권 거래제 도입, 파리기후협정 등 다양한 방법으로 온실가스를 감축 및 기후변화에 대응하기 위해 공동의 노력을 기울이고 있다. 따라서, 전세계적으로 신재생에너지를 확대하기 위한 정책을 펼치고 있으며, 세계적으로 전력계통 발전설비용량 중 신재생에너지가 차지하는 비율이 점차 증가하는 추세이며 국내에도 新정부의 에너지 정책 패러다임 변화와 신재생에너지 3020 정책으로 신재생에너지가 크게 증가할 것으로 예상된다.

이렇게 증가하는 신재생에너지원이 전력계통에 접속할 경우 심각한 출력변동성이 발생할 가능성이 많고 이로 인해 안정적인 전력계통 운영과 국가 전력시스템에도 커다란 영향을 초래할 수 있다. 따라서 신재생에너지가 증가할수록 신재생에너지 비율 및 계통 특성을 분석하여 조건에 맞는 다양한 대응방법이 요구된다. 신재생에너지에 대한 영향을 줄

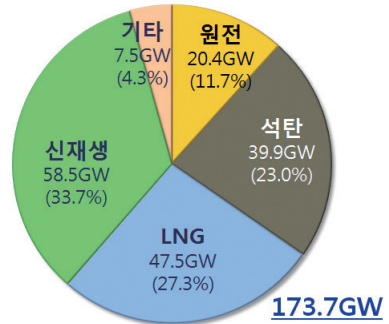
이기 위해 해외에는 다양한 조치가 이루어지고 있고 계통의 신뢰도를 향상시키고 경제적인 방법으로 계통 운영을 효율적으로 할 수 있도록 하고 있다.

미래를 위한 선택, 신재생에너지 확대 및 신규양수건설

전력계통 설비계획 수립 시 미래의 전력수급 상황을 고려하는 것은 중요하다. 신규 발전소를 건설하기 위해선 미래 전력수요를 예측하고 연도별 목표수요에 맞는 적절한 발전설비용량과 준공계획이 필요하다. 하지만 미래 전력계통 운영을 위한 전력수요와 공급 예측은 불확실성을 내포한다. 전력계통의 불확실성을 유발하는 요인은 크게 전력수요와 공급 두 가지로 구분하여 고려할 수 있다. 전력수요는 예측오차로 인한 불확실성을 가지며 공급은 발전설비 건설지연, 발전설비 고장, 발전소 예방정비로 구분할 수 있다. 하지만 2030년 신재생에너지 설비 비중은 33.7%에 달하면서 신재생에너지의 내재된 불확실성으로 인해 전력계통 신뢰도 변화를 우선적으로 고려해야 한다. 국내 전력계통 환경 변화에 따른

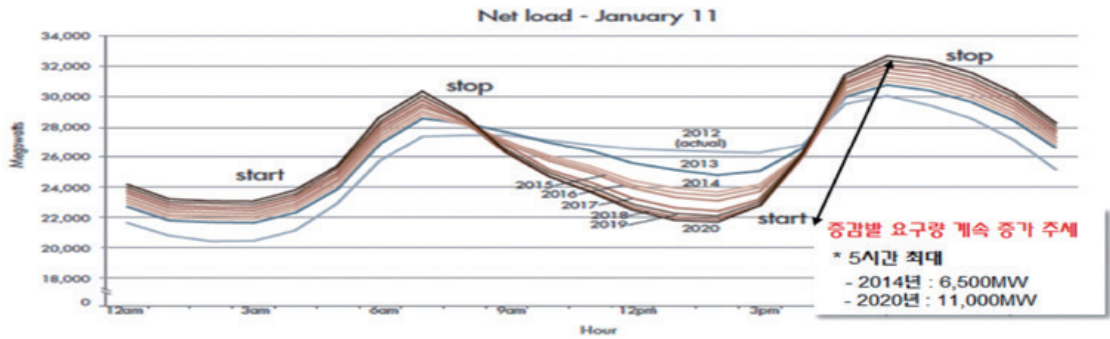


2017년 국내 전원 Mix



2030년 국내 전원 Mix

구분	태양광	풍력	수력	폐기물	해양	바이오/매립가스	부생가스	연료전지	IGCC	소계
용량(MW)	33,530	17,674	2,105	323	255	1,705	1,377	746	746	58,461
비율(%)	57.3	30.2	3.6	0.5	0.4	2.92	2.36	1.28	1.28	100



풍력과 태양광 출력변동 전망(2014년~2020년)

신뢰도 변화 분석은 안정된 전력계통 운영에 기여할 수 있을 것이다.

에너지의 97%를 해외 수입에 의존하고 있는 우리나라는 에너지의 해외의존도 완화 및 미래 자원 고갈에 대비하기 위해 국내 신재생에너지의 개발이 필요하며, 정부에서 풍력, 태양광 등 신·재생 에너지 공급을 꾸준히 장려하고 있다. 2017년도 국내 전원구성은 LNG(31.9%), 유연탄(31.6%), 원전(19.3%), 신재생(9.7%) 순이다. 하지만 최근 정부의 중·장기 에너지 수급정책 방향 변화 및 2015년 파리후협약 등으로 인해 친환경 정책이 강화되고 국내 전원구성은 신재생에너지 비중이 지속적으로 확대될 것으로 예상되며, 2017년도에 발표한 제8차 전력수급기본계획에 따르면 2030년 전원구성은 신재생(33.7%), LNG(27.3%), 유연탄(23.0%), 원전(11.7%) 순으로 전망하였다.

신재생에너지의 87%이상이 태양광과 풍력이 차지하고 있으며 태양광과 풍력은 날씨에 영향을 많이 받고 발전량 조절이 불가능하기에 전력수급 조절에 심각한 문제를 발생 시킬 수 있다. 2029년 전력계통에 고장이 없어도 신재생에너지(풍력, 태양광) 출력의 불확실성인 출력변동성이 1시간 최대 6,000MW 까지 예상되어 현재 운영 예비율 4,000W를 초과하게 되고 이때, 발전기 탈락이나 불시고장 등의 추가 사고가 발생한다면 전력계통 불안정성이 대폭 증가가 예상되며 블랙아웃 등 심각한 상황이 발생 가능하다.

이러한 신재생에너지의 출력변동성에 대비하기 위해 BESS, 양수발전, LNG (가스단독운전) 등 다양한 백업설비를 확보해야 한다. BESS는 응답속도가 빨라 초기에 침투부하 미세조정이 가능한 운전예비력으로 활용이 우수하고, 양수발전은 BESS가 초

[해외 주요국가 신재생설비와 양수설비 증가율]

구분	신재생 및 양수증가율('14/'29 설비용량 *단위:GW)					
	미국	독일	스페인	이탈리아	일본	중국
신재생	277% (122/460)	95% (86/168)	10% (31/34)	25% (32/40)	190% (29/84)	442% (153/829)
양수	90% (21/40)	74% (5.7/9.9)	22% (5.9/7.2)	8% (7.6/8.2)	12% (26/29)	638% (2/155)

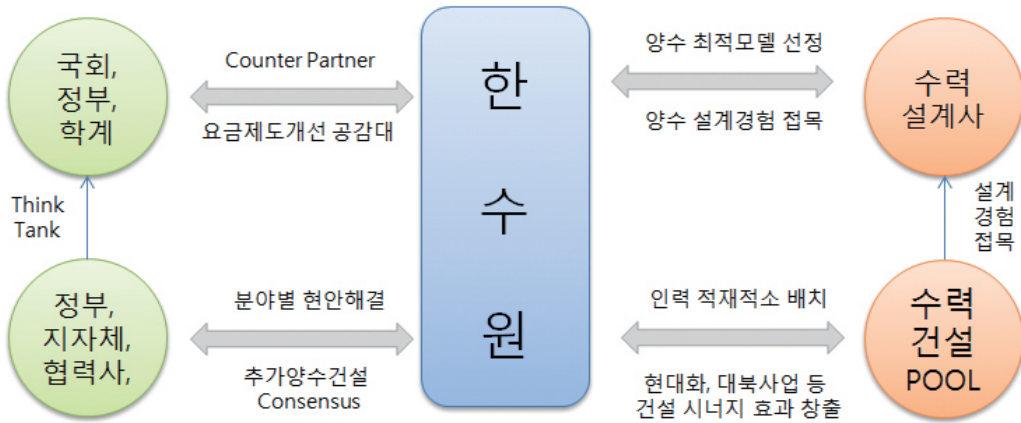
* 출처 : Global Data, 2016

기 대응 후 계통에 투입되어 6~9시간 연속공급이 가능한 대용량 보조 출력조정 전원으로 활용이 가능하다. 특히양수발전은 대기·대체예비력 중 5분 이내에 계통에 병입 할 수 있는 Fast-Start 예비력으로 큰 역할을 한다. 현재 BESS의 기술 및 경제성을 감안할 때 계통의 출력변동성의 현실적인 대안은 양수발전이라 할 수 있고, 해외 신재생에너지 정책을 이끌어가는 주요선진국의 유럽, 미국, 일본 등에서도 신재생에너지의 빠른 증가로 인한 주파수 조정

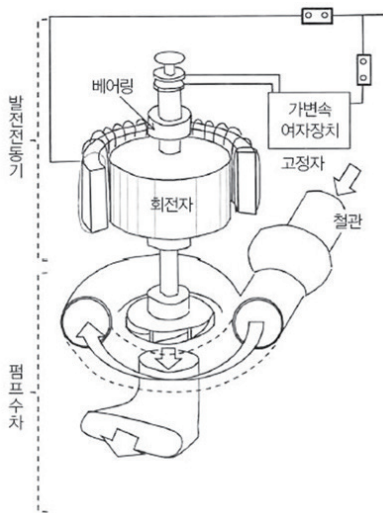
및 예비력 확보 방안으로 신규 양수건설을 적극 추진하고 계획중에 있다.

산·학·연 협력을 통한 신규양수발전소 건설, 양수 신기술 도입

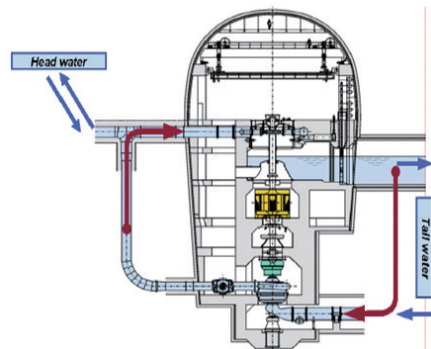
新정부에서도 신재생에너지 발전 비중을 늘리는 동시에 기동특성이 빠르고 대용량을 가져 신재생에



풍력과 태양광 출력변동 전망(2014년~2020년)



가변속 양수발전 시스템 모형도



별치식 양수시스템 모형도

너지 불확실성 대비에 적합한 양수발전과 가스터빈 단독추력이 가능한 LNG 설비용량을 각각 2GW, 3.2GW 증설할 계획을 가지고 있다. 하지만 신재생에너지와 기저 발전원이 전체 전원의 큰 비중을 차지하게 되면 신재생에너지의 불확실성을 대비할 발전자원을 좀 더 보충할 필요가 있다. 향후 신재생에너지의 불확실성과 변동성을 분석하여 전력계통의 안정성과 신뢰성을 제고시키기 위해 필요한 수력발전 설비용량 검토가 필요하다.

국내 모든 양수발전을 건설, 운영하는 한수원은 정부의 8차 전력수급기본계획에 따라 건설계획이 확정된 신규양수발전소 총 2GW를 건설 준비하고 있다. 국회, 정부와 양수발전 건설의 필요성에 대해 공감대 형성을 지속하고, 산·학·연의 지속적인 기술교류를 통해 주민수용성, 환경성, 기술성 등을 고려하여 최적의 지점을 선정하고 9차 전력수급기본계획에 반영할 예정이다. 또한, 설계사, 제작사와 한수원의 양수경험을 접목시켜 양수발전의 신기술 등 최적의 설계로 친환경 양수발전소를 건설할 계획이다.

더불어, 급격한 출력 변동성에 효과적으로 대응하고 경제적인 주파수 조정 예비력을 확보하고자, 양수 펌핑시에도 주파수조정이 가능한 가변속 양수나 1개의 동일한 축으로 펌프터빈과 수차발전을 분리하여 운영하고 발전운전과 양수운전을 동시에 가능하게 하여 신재생출력변동성에 대응하는 별치식양수를 신규건설에 적용할 예정이다.

가변속 양수 시스템은 풍력이나 태양광에너지가 출력변동이 증가하는 야간에 펌프수차의 회전속도를 변화시켜 심야의 주파수 변동에 대응이 가능한 양수발전 신기술이다. 일본의 칸사이 전력이 1981년 세계최초로 Hitachi와 공동연구를 통해 22MW를 개발한 후에 상용화를 시작하였으며 현재에는 스위

스, 프랑스 등 주요 국가에서 계통의 신재생 출력변동성 대응방안으로 도입되고 있다.

국내 신규양수건설에도 에너지전환에 따른 전원믹스를 기반으로 국내 전력계통을 분석하고 가변속 양수와 별치식양수 중 최적의 양수모델을 선정하여 적용할 계획이다. 이러한 양수발전의 신기술이 국내에도 도입이 된다면 정부에서 추진하는 신재생에너지 확대 정책에도 탄력을 받을 수 있을 것이다.

지자체의 양수발전소 건설 유치 희망 증가

타 발전원과 달리 양수발전은 지자체가 건설을 선호하는 추세이다. 2000년 이후로 양수발전소는 청송양수와 예천양수가 건설되었는데 청송양수는 국내 최초로 지자체와 주민이 유치한 사례이며, 예천양수도 군민 1만6천여명이 유치 서명을 하고 청송군과 유치경쟁이 치열할 정도로 건설 희망에 대한 인기가 좋다.

이와 같이 양수발전소가 수용성이 좋은 이유는 다른 발전원보다 수몰지역이 매우 작아(같은 용량의 태양광 부지의 1/20배) 친환경적이라 할 수 있으며 발전소 건설에 따른 지속적인 지역 지원, 지역경제 활성화, 청평양수 호명호수, 무주양수 와인동굴과 같이 지역 특성을 반영한 관광상품화가 되어 많은 관광객을 유치하는 효과를 가져다 주기 때문이다. 또한 물 부족이나 가뭄, 산림재난에 대비하여 필요시에 용수공급이 가능하기에 지자체에서 유치 선호도가 매우 높다. 앞으로 건설예정인 신규양수도 지자체의 유치 희망이 높을 것으로 예상되며, 이에 품격있는 양수건설을 위해 한수원에서 최선을 다 할 예정이다.