

2015년 해외 전력시장 동향

WORLD POWER MARKET TREND *Yearly*

ISO-NE

2015. 12.



동 자료에 수록된 각종 통계자료, 조사결과 등은 내부 업무목적에 따라 작성된 것으로
수집된 자료의 범위, 작성시기, 작성기준 등에 따라 그 결과가 달라질 수 있으므로
참고용으로만 활용하시기 바랍니다.

우리소는 동 자료 내용의 정확성, 타당성 등에 대하여 보장하지 않으며
동 자료의 내용을 임의로 인용하거나 상업적으로 활용함으로써 발생하는
문제들에 대하여 우리소에 법적 책임이 없음을 알려드립니다.

ISO-NE

전력시장동향

I. 전력산업 체계 및 전력시장 구조	3
II. 전력수급	11
III. 전기요금	15
IV. 주요 전력회사 동향	17
V. 주요 정책방향	20
VI. 주요 현안 및 시사점	25

I 전력산업 체계 및 전력시장 구조

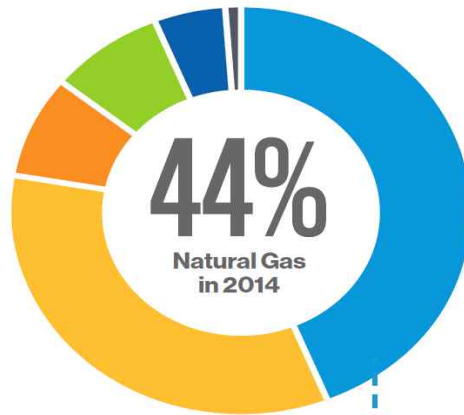
1. 전원구성

1.1 천연가스 위주의 전원구성 및 영향

New-England ISO는 지난 15년 동안 석탄 및 중유에서 천연가스로 에너지 지원이 변해왔다.

도표 1. 천연가스 비중

NET ENERGY		2000	2014
	NATURAL GAS	15%	44%
	NUCLEAR	31%	34%
	RENEWABLES	8%	9%
	HYDRO	7%	8%
	COAL	18%	5%
	OIL	22%	1%



출처 : ISO New England 홈페이지

1.2 천연가스의 신뢰도 영향

New-England 관내의 천연가스 파이프용량은 겨울에 난방과 발전기 에너지 지원 모두로 사용하기에는 부족한 상황이다. 석탄과 중유발전소가 겨울에는 필요한 실정이지만, 현실적으로 이러한 발전기들이 모두 폐지되고 있는 상황이라서 신뢰도를 저하하고 있다.

1.3 천연가스의 전력시장가격 영향

New-England의 전력시장가격은 천연가스 가격과 직결된다. 관내의 천연가스 파이프용량 부족은 천연가스 가격을 상승시키면서 전력시장가격 상승으로 이어지고 있다.

1.4 천연가스의 환경 영향

석탄과 중유발전에서 천연가스 발전으로의 변화는 온실가스 배출을 줄이게 하였다. 하지만, 겨울에 천연가스 파이프라인의 제약으로 인해 석탄 및 중유발전량이 늘어나면서 다시 온실가스 배출이 늘어나고 있다.

2. 전력수요

New-England ISO의 피크는 여름에 나타나며, 겨울에는 여름보다 약간 작은 피크가 발생한다. 여름 최고수요는 28,100MW, 겨울 최고 수요는 22,800MW를 기록하고 있다. 주에서 지원하는 에너지 효율 프로그램 EE(Energy-Efficiency)는 피크수요는 증가추세이지만 전반적인 수요는 거의 수평을 유지하고 있다. 주정부는 2017년부터 2023년까지 EE프로그램에 60억 달러를 사용하고 있다.

2014년도에 EE Project는 1,400MW를 제공하였으며, 수요관리 및 배전용 발전기를 포함하는 DR(Demand Response)는 700MW를 제공하였다.

3. 발전설비용량

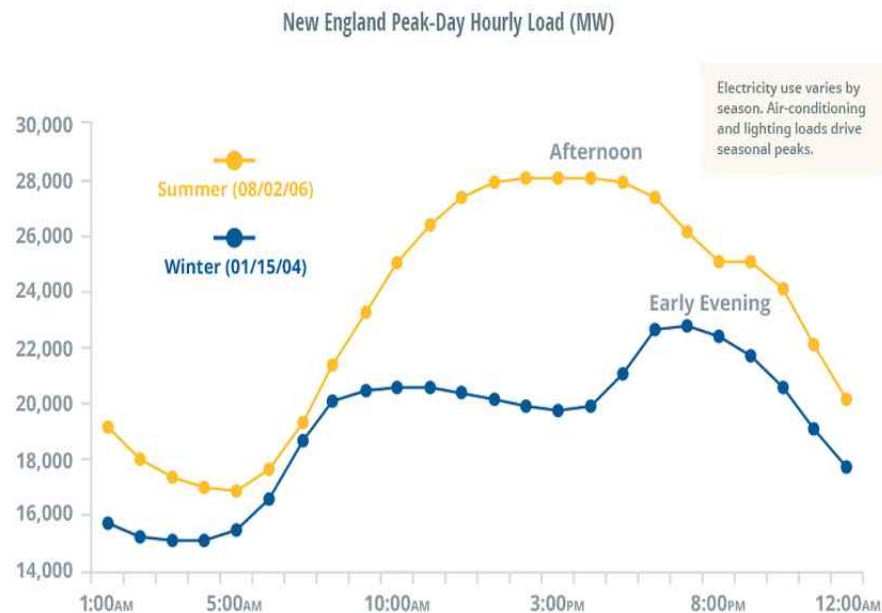
3.1 발전설비 현황

New-England는 약 31,000MW의 발전설비용량을 보유하고 있다. 석탄과 중유발전은 전체 설비용량의 약 30%를 차지하고 있지만, 피크기간에만 사용되고 있으며 점점 폐지되고 있다. 2017년 중반까지 설비용량의 10%인 약

3,000MW가 폐지 예정이며, 2020년까지 약 5,000MW가 폐지될 예정이다.

추가 발전설비 건설의향은 2015년 1월 기준으로 9,500MW 건설을 제시했으며, 천연가스, 풍력과 원자력으로 구성되어 있다.

도표 2. NE 피크 시간대 부하량



3.2 연계전력

New-England는 인근의 뉴욕, 케백 및 뉴브런즈윅에서 전력을 수입하고 있다. 송전사업자는 저탄소전력을 공급하겠다는 몇 가지 전략을 제시하고 있다.

3.3 풍력발전

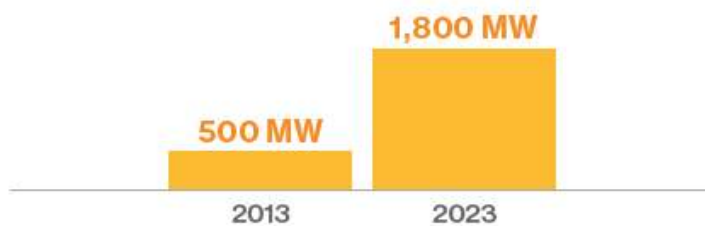
New-England는 약 800MW이상의 풍력발전기가 설치되어 운전되고 있다. 발전사업자들은 관내 북쪽에 육상풍력, 남쪽에 해상풍력으로 4,000MW 추가건설을 제시하고 있다. 풍력설비 추가 건설은 송전선로의 추가건설을 필요할 것으로 전망된다.

3.4 태양광발전

New-England 주정부는 배전용 PV(Photovoltaic) 태양광 건설을 장려하고 있다.

도표 3. 태양광 예측 용량

ISO-NE 2014 Solar PV Forecast
AC NAMEPLATE CAPACITY

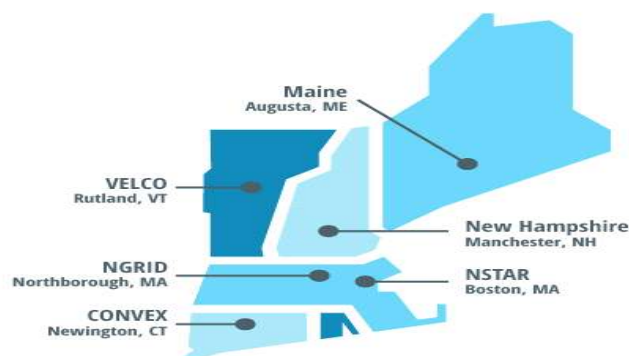


출처 : ISO New England 홈페이지

4. 지역급전 현황

New-England ISO관내에는 송전사업자가 소유한 6개의 LCC(Local Control Center)가 ISO를 지원하고 있다.

도표 4. 지역급전 현황



5. 주요지표

New-England ISO 주요지표들은 다음과 같다.

도표 4. ISO 주요 지표

6백50만 수용가 1천4백만 인구	8,500마일의 고전압 송전선로
350대의 발전기	뉴욕과 캐나다 동부와의 13개 연계선로
31,000MW의 설비용량	2002년까지 약 70억달러의 송전선로 투자 및 2018년까지 추가로 45억달러 투자예정
2006년 8월 2일 기준 최대수요 28,130MW	2014년에 약 100억달러규모의 전력시장운영 (900억달러의 에너지시장, 10억달러의 용량 및 A/S시장)
향후 5년동안 3,500MW발전기 시장에서 퇴출예정	
신규 9,500MW 발전기 건설예정	
1,200MW의 수요관리 및 1,500MW의 EE 프로젝트	전력시장내 회원사 400이상 확보

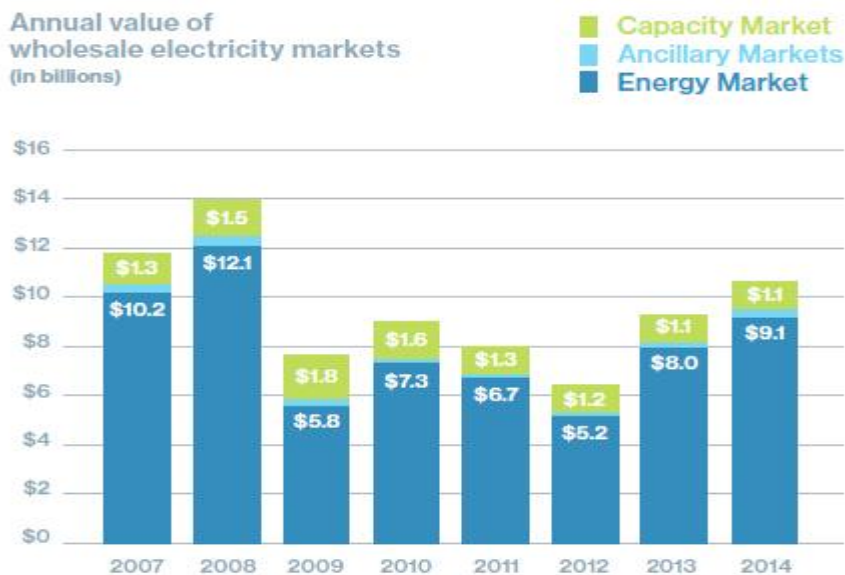
출처 : ISO New England 홈페이지

6. 전력시장

6.1 전력시장 도매가격

New-England ISO는 1990년 말에 전력시장을 개설하였다. New-England ISO의 세계적 수준의 에너지, 용량, A/S 서비스 시장은 생산과 수요자가 가장 효율적인 방식으로 전력을 사고 팔 수 있게 도와주었다. 도매시장의 개설은 ISO가 충분한 에너지를 저렴한 가격으로 확보하게 해주었다. 이 가격은 전력 생산자가 연료비를 포함한 전력수송비를 모두 포함하고 있다. 2014년에는 천연가스가격의 상승으로 에너지 비용이 상승하였다. New-England ISO에는 대용량의 천연가스 발전기를 포함하고 있기 때문이다. 이러한 추세는 향후 5년간 계속될 전망이다.

도표 5. Annual value of wholesale electricity markets



출처 : ISO New England 홈페이지

6.2 발전기투자 진흥정책

New-England ISO의 시장의 또 다른 중요한 역할은 발전기투자가 필요할 때 이 시그널을 시장가격에 반영할 수 있다는 것이다. 높은 시장가격은 새로운 발전자원 및 송전선로 추가건설의 필요성을 의미한다. 근래의 천연가스 상승에 의한 시장가격 상승은 사른 신재생에너지원들의 투자필요성을 반영하고 있다. 사기업 발전사업자들이 발전소 건설에 투자함으로써, 소비자들은 경쟁 시장이전에 안아야 했던 투자 리스크를 덜 수 있게 되었다.

- 전력시장은 2000년도에 시장참여자가 200, 총 400 시장참여자가 늘어나면서 전력시장의 경쟁성을 강화시킴
- New-England ISO가 1997년도부터 운영되면서 효율적이면서도 친환경적인 새로운 15,000MW 발전력이 증가
- 2015년 1월 기준으로 약 9,500MW의 신규 발전소프로젝트가 접수되었으며, 이중 25% 이상이 부하중심지에 위치함

6.3 전력시장의 효율 증대

새로운 개선된 기술을 가진 가스발전기들이 등장하면서 기존의 저효율적인 발전기 4,000MW가 시장에서 퇴출되었으며, 현재 2018년 기준으로 약 3,000MW가 더 퇴출될 것으로 보인다.

수요관리자원은 시장에서 전력수요를 줄이면서, 새로운 발전기와 송전선로 투자비를 감소시킨다. 수요관리는 부하관리, 배전용 발전기와 에너지 효율 프로젝트를 포함한다. 현재 New-England ISO는 약 1,200MW의 수요반응자원과 1,500MW의 에너지효율 프로젝트 자원을 보유하고 있다.

6.4 환경문제 개선

환경개선 정책은 최근 20년 동안 유류 및 석탄발전기의 사용을 감소시켰다. 2001년부터 2013년까지 NOx는 66%, SO2는 91%, CO2 방출량은 23% 감소했다.

7. New-England ISO역사

도표 6. ISO 역사

1971	New England Power Pool(NEPOOL)이 설립되면서 계통운영 및 정산 일체를 수행
1977	미 의회는 Federal Power Commission을 Federal Energy Regulation Commission(FERC)로 재정비함
1970S ~ 1990S	경쟁이 없는 수직 독점체계의 전력산업구조 유지
1996	Deregulation("market restructuring")이 FERC Orders 888과 889에 의해 송전계통을 개방하면서 시작되었으며, NEPOOL은 ISO를 제안함
1997	ISO NEW ENGLAND가 설립되면서 전력계통 운영 및 송전계통 개방
1999	ISO NEW ENGLAND 도매전력시장 개설 및 약 200개의 회원사가 시장에 참여 FERC Orders No.2000이 RTO(Regional Transmission Organization) 설립 독려
Late 1990s ~ 2000s	관내 발전기 에너지원이 천연가스로 이전
2001	Demand-Response Program 도입
2005	관내 RTO 도입
2008	FCM(Forward Capacity Market)도입
2010	시장참여 회원사 450으로 증가
2012	천연가스 비율이 52% 차지
2013	synchrophasor infrastructure and data utilization 프로젝트 완성

출처 : ISO New England 홈페이지

II 전력수급

1. 예비력관련 용어정의

1.1 First Contingency Loss

단일 고장으로 발생할 수 있는 가장 큰 고장(MW)

1.2 Operating Reserve

TMSR(TEN MINUTE SPINNING RESERVE), TMNSR(TEN MINUTE NON-SPINNING RESERVE), TMOR(THIRTY MINUTE OPERATING RESERVE)로 구성되어 있음

1.3 RCA/BAA

RCA는 RELIABILITY COORDINATOR AREA를, BAA는 BALANCING AUTHORITY AREA를 의미함

1.4 Replacement Reserve

Replacement Reserve는 추가적인 TMOR(THIRTY MINUTE OPERATING RESERVE)을 의미함

1.5 Reportable Events

다음 기준을 넘어가는 고장들을 의미함

- 연계선로 조류량이 500MW이상 벗어날 때
- 500MW이상의 발전력 차단
- 5초동안 $\pm 0.03\text{Hz}$ 이상 주파수가 벗어날 때

1.6 Secondary Contingency Loss

First Contingency Loss이후 단일 고장으로 발생할 수 있는 가장 큰 고장(MW)

2. 실시간 운영예비력 필요량

2.1 10분 예비력 필요량

정상조건에서 ISO는 First Contingency Loss * CRA(Contingency Reserve Adjustment)를 대체할 수 있는 10분 예비력을 유지해야 한다. ISO는 DCS(Disturbance Control Standard)를 만족시키지 못할 경우 분기별로 CRA를 조정하여 10분 예비력을 늘여야 한다. CRA는 다음 수식에 의해 정해진다.

$$CRA = 2 - (\text{분기별 DCS평균})$$

NEW ENGLAND의 10분 예비력은 100% TMSR이나 NERC기준을 만족하면서 관계당국의 승인이 있을 경우에는 TMSR을 10분 예비력의 25%까지 줄일 수는 있다. 여기서 DCS기준은 연계선로가 고장 발생후 15분 이내에 고장 전 주파수로 돌아올 수 있어야 하며, 과거 실적이 모두 돌아온다면 이처럼 TMSR기준을 낮출 수 있다.

2.2 30분 예비력 필요량

10분 예비력과 더불어 ISO는 Second Contingency Loss의 50%에 해당하는 예비력을 TMOR로 확보해야 한다. 10분 예비력을 초과하는 예비력은 모두 이에 해당한다. 계통에 고장이 발생하여 10분 예비력을 사용하게 될 경우 TMOR은 10분 예비력을 유지하기 위하여 발전지시해야한다. TMOR이 사용될 경우 ISO는 TMOR용량의 100% 이상을 확보할 수 있다.

2.3 운영예비력 산정

ISO는 10분 및 30분예비력 산정을 위한 First Contingency Loss와 Second Contingency Loss의 기준을 정할 수 있다. 이때, First Contingency Loss 고려 시 이 고장으로 인한 계전기 동작도 고려할 수 있다.

3. 피크부하

3.1 여름 피크

New England power grid는 1년 중 여름에 최대부하가 발생한다. 여름날 일반적인 Peak demand는 17,500MW에서 22,000MW정도이다. 2006년 8월 2일에 28,130MW로 최대를 기록했다. Summer peak demand는 1년에 약 200MW씩 증가하고 있는 추세이며 이는 중간용량 발전기 추력의 50%정도의 크기이다. (이러한 예측은 수요자원 즉, 에너지 효율정책 및 전기절약정책 등을 고려한 것이다.)

겨울에는 peak demand가 일반적으로 18,000MW에서 19,700MW 정도를 기록하고 있다. 2004년 1월 15일에 winter peak가 22,818 MW를 기록했다.

전형적인 봄철의 부하는 peak demand가 15,000MW에서 16,900 MW에 이르고 있으며, 가을철 부하는 일반적으로 15,900MW에서 17,300MW에 이르고 있다. 그러나, 늦봄이나 초가을에는 이보다 더 높은 부하대를 이루고 있다.

1989년까지는 New England의 피크는 겨울에 발생하였으나, 1990년대 초반부터 여름에 발생하기 시작했다. 여름피크의 발생은 에어컨 부하의 증가 및 겨울철 난방부하의 감소가 가장 큰 원인이었다.

3.2 피크대책 방안

다른 나라와 마찬가지로, New England's peak demand는 평균수요의 증가보다 크게 증가하고 있다. 이러한 현상은 1년에 단지 몇 시간 또는 몇일을

사용하기 위해서 비싼 발전기를 건설해야 하는 이유가 되고 있다. 이러한 건설된 비싼 발전기들이 1년에 비주기적으로 운전된다면 매우 비효율적인 계통 운영상황이 된다. 이러한 비싼 발전기들은 시장에서 자주 기동이 되지 않음으로써 에너지 시장에서 비용회수를 못하게 되는 현상이 발생한다. 이러한 이유로 capacity market을 운영하고 있는 것이다. capacity market를 통해서 이러한 비싼 발전기들에 대한 유지비용을 보상해줌으로써, 필요할 경우 기동시켜서 계통신뢰도 확보에 기여하게 하는 것이다. 또한, 이러한 이유로 수요관리 정책이 피크수요 억제에 중요한 역할을 하고 있는 것이다.

전기요금

1. 도매시장 가격

New England's 도매시장가격은 전력수요를 충족시키기 위한 발전회사의 비용을 정확히 반영하는 경쟁체제 가격을 유지하고 있다. New England's 도매시장가격은 2012년에 천연가스 가격이 10년만에 최저를 기록하면서 2003년 현 전력시장을 개설한 이후 최저를 기록하였다. 2013년에는 New England's 도매시장은 에너지시장 가격이 54%가 증가하였는데, 이는 천연가스 가격의 상승때문이었다. New England의 2013년 Natural gas 가격은 사상 최고치를 기록하였으며, 관내의 천연가스에 대한 높은 요구는 천연가스 배관의 부족으로 인한 제약을 발생시켰다. 천연가스를 사용하는 발전기들이 연료제약으로 정지하면서 매우 비싼 발전기를 기동시켰고, 이로 인해 New England's 도매시장가격은 급등하였다.

2. 도매시장 가격조정 정책

New England's 도매시장가격은 여름피크기간에 사용되어지는 전기양과 발전기 사용연료에 직결되어져 있다. New England 관내는 많은 천연가스 발전기들이 있으며, 이 발전기들이 도매시장가격을 결정하고 있다. 천연가스가격의 유동성과 위험성이 그대로 도매전력시장 가격에 반영되어진다. 결론적으로, 천연가스 가격이 안정되면, 도매전력시장가격은 떨어지게 된다.

여름철 피크에 전력소비는 매년 2%이상 상승하고 있으며, 이는 전력수요의 평균증가량보다 훨씬 높은 수치이다. 이러한 여름철 피크시 전력수요 증가는 1년에 단지 몇일 도는 몇시간 발전을 위해 추가적인 발전기를 건설하게 함으로써, 관내 용량요금을 상승시키고 비효율적인 전력계통 운영을 하게 만들고 있다.

ISO New England는 전기요금을 상승키는 원인을 분석한 후 전기요금을 조정할 수 있는 방안을 마련하였다.

- Fuel costs 및 primarily natural gas는 규제시장 및 도매시장 모두 전기요금을 상승시키게 된다.

- 저가의 발전기 및 에너지저장장치 건설은 전기요금을 조정하는데 매우 효과적이다.

- 저가로 건설된 발전기 출력 1,000MW는 소비자에게 1년에 \$600 million을 절약하게 해준다.

- 여름철 피크시간에 전기사용량을 5% 줄이면, 소비자들은 1년에 \$580 million을 절약하게 해준다.

- 수요관리 500 MW의 증가는 1년에 \$32 million을 절감할 수 있게 해준다.

- “Business As Usual” 는 전기료를 항상 높게 유지하게 한다. 전기사용량 5% 증가는 비용을 \$700 million 상승시키게 한다.

- 소비자 전기가격은 세 가지 요소, 발전, 송전 및 배전계통에 의해 결정

- ISO는 세계 연료시장가격에 민감한 전력생산비용이 2006년 평균적인 전기요금의 반을 차지한다고 추정하고 있다. 이러한 발전비용중 연료비용과 용량요금이 전체의 95%를 차지한다.

- 전기요금의 나머지 50%를 차지하는 송전과 배전비용은 규제되어지며, 이 비용에는 송전 및 배전선로 건설 및 유지보수 비용이 포함되어 있다.

- 다음 10년 동안은, 전력비용이 천연가스비용과 용량비용을 추종할 것이다. Capacity costs는 용량시장이 미래의 증가하는 수요를 충족시키기 위해 새로운 발전원을 건설하면서 현재보다 약 75%가 더 증가할 것으로 전망된다. 비록 적은 포션이지만, 송전비용은 현재보다 77% 더 증가할 것으로 전망된다. 배전비용은 상당히 안정적인 모습을 보일 것으로 전망된다.

Ⅳ 주요 전력회사 동향

1. 송전설비 투자

New-England ISO는 매년 RSP(Regional System Plan)을 주주들과 함께 개발한다. RSP는 향후 10년간의 소비자 전력소비 패턴, 발전기 폐지 및 신재생에너지원 개발들을 고려하여 수립된다. RSP에 의거하여, New-England ISO는 송전사업자와 함께 신뢰도 및 효율성 강화 프로젝트를 시작한다. 2002년부터 역 550회선 이상이 보강되었으며, 약 70억 달러의 예산이 소요되었다.

- 남서부와 보스턴을 포함한 부하밀집지역과 부하가 상대적으로 적은 북서부지역 모두를 보강하였으며, 14개의 345kV 송전선로 프로젝트 중 11개의 프로젝트가 완료되었다.

- 보강된 송전선로는 전력계통 제약을 감소시키고 발전소가 부하중심지에 위치해야 하는 필요성을 감소시킴

- Greater Boston지역의 Salem Harbor 발전소(794MW)가 2014년도에 폐지되면서, 이 지역의 발전력이 749MW가 감소되었음. 신뢰도기준을 만족하기 위해서 송전선로 5회선을 보강하여 현재 운영중임.

- New-England에서 캐나다로의 새로운 연계선로가 운영됨

약 45억 달러의 송전선로 투자계획이 2018년까지 신뢰도 기준, 전력계통시스템 효율성 향상 및 신재생과 대체에너지 증설을 만족하기 위해서 계획되어 있다. 더욱이, 주주의 요청과 시장의 효율성이 송전선로 보강계획과 부합하기 위해서, New-England ISO는 송전선로 보강계획에 MRA(Market Resource Alternatives)를 평가하고 있다. New-England ISO는 부하중심지에 MRA분석을 시작하였으며, 2015년에 추가적인 MRA를 평가할 것이다.

.

도표 7. 송전선로에 대한 투자

New transmission investment in New England to maintain reliability (in billions)

■ Cumulative Investment through 2014: \$7.0 Billion ■ Estimated Future Investment through 2018: \$4.5 Billion



Estimated future investment includes projects under construction, planned, and proposed.

Source: ISO New England RSP Transmission Project Listing, October 2014

송전선로 보강비용은 신뢰도 기준과 New-England ISO 관내 모든 소비자가 만족할 수 있어야 한다. 송전선로 보강비용은 전기사용량에 비례해서 관내 각 주에 할당된다.

2 송전선로 보강

2.1 신뢰도 확보

현재 모든 산업과 삶은 모두 전력에 의존하고 있으며, 전력계통의 신뢰도를 유지하는 것은 New-England ISO에겐 최고의 우선순위이다. 이러한 신뢰도

를 유지하기 위해서는 ISO는 전력소비패턴을 정확히 예측할 수 있어야 하며, 급전지시를 했을 경우 빨리 응답할 수 있는 발전력을 보유하고 있어야 한다. 전력소비패턴 및 응답 속도가 빠른 발전력 확보는 갈수록 더욱 복잡해지고 있다.

2.2 과거의 전력계통

2000년도까지만 해도 발전기 연료원들은 제한적이었다. 이러한 종류의 발전원들은 지속적인 전력공급을 할 수 있었고, 수요 측면에서는 전력수요패턴이 일정하여 예측이 용이하였다.

2.3 현재의 전력계통(The Hybrid Grid)

현재의 전력정책은 저탄소정책, 전력생산, 수송 및 사용에 기술혁신을 통한 원가절감을 유도하고 있다.

- 향후 몇 십년동안은 시간 및 기상에 따라 출력이 가변적인 풍력과 태양광이 크게 증가할 것이다. 이로 인해, 발전력이 급변 또는 수요의 급변에 대비하여 응답속도 및 발전력 증발이 빠른 가스발전기가 상대적으로 신뢰도 유지에 중요한 역할을 하게 될 것이다.

- 석탄과 중유 발전기들은 점점 시장에서 퇴출될 것임

- 전국적으로 확산되는 주거용 태양광, 전기자동차 및 스마트관련 사업들은 사람들이 사용하는 전기량 및 공급량을 변화시킬 것이다. 일별 최대수요는 Shift될 것임.

- 전력계통은 점점 스마트해질 것이며, 사이버 공격에 대비한 많은 투자가 이루어질 것이다.

이러한 요소들은 이미 전력계통에 큰 영향을 주고 있으며, 전력계통의 운영 및 계획측면에서 고려되어지고 있다.

2.4 전력계통 신뢰도에 대한 도전

현재의 전력계통은 과거의 전통적인 전력계통에서 스마트그리드를 반영하는 미래계통의 중간 단계이다. 과거 몇 십년 동안, New-England ISO는 발전력 및 전력계통 신뢰도에 큰 영향을 미치는 몇 가지 요소에 집중해 왔다.

V 주요 정책방향

1. 신재생에너지

1.1 Greener Grid의 진화

New-England ISO는 신재생에너지원들의 발전력 증가를 목표로 삼고 있다. 풍력 및 태양광에너지 발전기들은 주정부의 세금 면제 등의 정책에 힘입어 무섭게 증가하고 있다. 기술진보로 인한 가격하락은 신재생에너지원들이 기존 발전기들과 경쟁에서 우위를 가질 수 있게 하였다. 비록, 설비용량으로 보면 신재생에너지원들이 양수를 제외하고 약 9%에 그치지만, 800MW 신규 풍력발전기 프로젝트가 진행 중이며 미래 신규 발전의 약 42%가 풍력발전기이다.

1.2 복잡한 특성을 가진 신재생에너지

풍력 및 태양광발전은 주정부의 환경목적을 달성하는데 도움을 주었다. 하지만, 역설적으로 신재생에너지 운영특성은 FOSSIL-FUEL-FIRED NATURAL GAS 발전기들을 증가시켰다.

- 풍력 및 태양광에너지원들은 풍속변화, 온도변화 및 일별 시간대에 따라 출력 변화가 심하다.(간헐적 자원)

- 이러한 에너지들은 피크기여도가 매우 낮다. 풍력발전기는 여름에 풍속이 낮고, 겨울이더라도 얼음에 의한 출력장애를 가질 수 있다. 반면에 태양광발전은 피크를 정오 이후로 변경시킬 수는 있다.

- 풍력발전기들은 주로 외진 지역에 건설되며, 이로 인해 송전선로의 추가건설이나 기존 송전선로에 과부하가 발생할 수 있어서, ISO가 풍력발전기 양을 강제로 줄여야 되는 상황도 발생한다.

신재생에너지들의 간헐적인 출력을 조정하기 위해서는, 전력계통에는 예비력으로 기동이 매우 빠르고 응답속도가 좋은 발전기를 보유하고 있어야 한다. 이러한 종류의 발전기들은 천연가스를 사용하는 복합발전기나 양수발전기들이다. 양수발전기들은 현재 설비용량의 5%정도만을 차지해서 많은 도움을 주지 못하며, 신규건설을 하려고해도 환경 및 비용문제로 여의치 않다.

1.3 배전용 발전기 및 스마트 그리드

배전용 발전기(DG)는 설비용량으로 5MW보다 작은 발전기들이다. PV태양광 발전은 여태까지 설치된 DG들의 대표적 발전기이다. ISO는 증가하는 PV들에 다음과 같은 신뢰도 문제를 접하고 있다.

- Data Gaps : 태양광 발전기들은 ISO가 원하는 시간에 발전을 할 수 없으며, 발전량을 예측하는 것 또한 어렵다.

- 송전선로 고장 시 많은 PV들이 차단될 경우 공급신뢰도에 영향을 미침

1.4. 더 많은 신재생 수용을 위한 준비

계통에서 신재생에너지원들의 비중을 늘리기 위해서는 전력 계통운영, 시장 및 계획에 큰 변화가 필요하다.

- ISO는 풍력 및 태양광의 발전량예측을 정확하기 위해 점점 복잡해진 툴을 개발하고 있다. ISO는 이미 일간, 주간의 예측량을 발표함으

로써, 풍력자원의 효율적인 사용을 도모하고 있다.

- 풍력과 수력을 실시간 급전 및 예비력에 반영하는 Wind Integration Project 2단계가 2015년말 완료예정이다.

- 전력시장 측에서는 운영예비력 양을 증대시키면서 응답 속도가 빠른 발전기들에 대해서 인센티브를 주는 방안이 마련되어졌다.

- 수십억 달러의 송전선로 증설과 강화가 대규모 풍력발전기를 수용하기 위해서 필요하다. 이를 위해 ISO는 송전선로 신뢰도 평가를 수행중이며 주주들과 함께 송전선로 보강방안에 대해 얘기중이다.

1.5 신재생에너지의 전력시장 가격에 대한 영향

신재생에너지원들의 비중이 늘어나면 전력시장 가격에 큰 영향을 줄 수 있다. 연료비가 없고 기술이 점점 개발되면서, 이러한 날씨 의존적인 발전원들은 전력시장가격을 크게 저하시킬 수 있다. 이것은 이 간헐적인 자원들로 인한 공급신뢰도 저하를 방지하기 위해 CAPACITY MARKET이 중요해지면서 비용이 더 많이 들어간다는 것을 의미한다. 또한, 풍력 및 수력건설로 인한 송전선로 증설은 전력시장가격 상승으로 이어질 것이다.

1.6. 신재생에너지를 위한 전력계통 스마트화

New-England주는 에너지효율, 수요반응 및 배전용 발전기를 포함하는 수요자원시장을 위해 계통을 스마트 화하려고 노력하고 있다. 이러한 노력은 다음과 같은 장점들을 가지고 있다.

- Self-healing을 통한 배전선로 신뢰도 향상
- 주정부가 지원하는 Microgrid프로그램은 태풍등과 같은 천재지변 시에 주 계통에서 분리되어 지역별로 계통이 운영될 수 있게 도움을 준다.
- Integrating behind the meter resources 프로그램은 DG또는 풍력, 태양광발전기로부터 공급되는 에너지를 냉·난방, 환기 등의 종합적 제어를 통해 효율적으로 사용할 수 있게 한다.

전력소비자가 더욱 가격에 민감해지고, 자신의 전력을 생산해낼수록 수요는 점점 예측하기 어려워지며, 공급 또한 조정하기 어려워져 계통운영은 점점 복잡해진다.

1.7. 에너지효율 증대

New-England주는 에너지효율측면에서 미국 내에서 리드역할을 하고 있다.

- 관내 6개주가 모두 미국 25위안에 드는 에너지효율을 가지고 있다.
- 관내 6개주가 2017년부터 2023년까지 60억달러 이상 에너지효율 사업에 투자할 예정이다.
- 2018년부터 2023년까지 주정부가 지원하는 EE프로그램은 주의 전력을 1,518GWh/year만큼 줄일 것으로 예상되고 있다.

2. Black Start

2.1 자체기동발전기 선정조건

자체기동발전기를 지정할 때 의무사항은 아니지만, 다음 항목들을 고려할 수 있다.

- 유효 및 무효전력 공급능력
- 주파수 조정능력
- 전압제어 능력
- 원자력발전소에 대한 근접성
- 중앙급전 또는 지역급전에 대한 근접성

자체기동발전기 서비스를 제공하기 위해서는 다음의 조건을 반드시 만족해야 한다.

- 발전기가 ISO 관내에 위치
- 발전기 유효 및 무효출력을 ISO와 지역급전에 실시간으로 전송가능
- ISO에 의한 급전지시가 가능해야함
- 다른 발전소 출력 없이 자체적으로 기동할 수 있어야 하며, ISO 또는 지역급전에 의해 부하를 공급할 수 있을 때까지 무부하 운전상태 유지
- 무압된 모선을 가압할 수 있는 차단기 보유
- ISO에 의한 기동지시를 받은 후 90분 내에 무부하 운전 가능해야함
- 발전기는 주파수를 59.0~61.0사이로 유지 가능해야 함
- 발전기 조속기는 ZERO GOVERNOR DROOP이 가능해야 함
- AVR운전이 가능해야하며 AV모드를 가지고 있어야함
- 발전기는 충분한 무효전력 능력을 가지고 있어야 하며, 매 5년에 한번씩 New-England Testing Program에 의거하여 시험을 해야 함
- 정격용량 기준으로 수력일 경우 2시간, 다른 에너지원일 경우 12시간 운전가능한 연료를 가지고 있어야 함
- 자체기동발전기 소유회사는 정전 시 일반전화나 핸드폰을 제외한 통화 가능한 수단 또는 iridium 인공위성폰을 보유하고 있어야 함

2.2 자체기동발전기 시험절차

자체기동발전기 시험절차는 다음을 가지고 있어야 한다.

- 외부로부터 전원 공급 없이 기동 가능해야 한다.
- 기동 지시 후 90분 이내에 부하 로딩 준비가 끝나야 한다.
- 기동 후 10분 동안 안정운전을 확인해야 한다.
- 통신설비가 정전 중 작동하는지 확인해야 한다.
- 차단기가 무압된 모선을 가압할 수 있는지 확인해야 한다.

VI 주요현안 및 시사점

1. 천연가스의 구조적 제약

1.1 천연가스 발전기의 증가

New-England ISO 관내에서는 현재 천연가스가 발전기의 주요 에너지원이다. 1990년대부터 환경 친화적이고 효율이 높으며 부지선정이 상대적으로 쉽고, 건설비용이 적게 드는 천연가스복합발전기가 사기업 투자가들에 의해 많이 건설되어졌다. 지속적인 기술개발과 저가의 원료로 펜실베이니아와 오하이 지역의 발전소건설의향의 57%를 차지하고 있다.

New-England ISO가 가변적인 신재생에너지원들로 인한 전력계통의 신뢰성을 확보하기 위해서 복합발전소를 선호하는 한 복합발전기들의 중요성은 점점 커질 전망이다.

1.2 증가하는 천연가스 유용성 문제

지난 몇 년 동안 복합발전기들의 원료인 천연가스를 공급하는데 여러 가지 문제점들이 나타났다.

- 부족한 파이프라인 : 현재 New-England ISO 관내 천연가스 파이프라인들의 용량은 특히, 겨울에 포화상태이다. 만일, 파이프라인에 여유가 있다라고 장기 계약을 하는 수용가한테 우선권이 돌아간다. 뉴잉글랜드에는 LDC(Local Gas Distribution Companies)가 상업용 및 주거용 천연가스 공급을 맡고 있다.
- 대부분의 복합발전기들은 LDC로부터 파이프라인을 통해 매일 연료를 공급받고 있다. 더 많은 사람들과 기업들이 가격이 저렴한 SHALE GAS를 공급받기를 원한다면 파이프라인 여유는 점점 더 없어지며, 복합발전기들간의 연료 확보 경쟁은 더욱 치열해지고 있다.
- 천연가스시장과 전력시장은 스케줄이 서로 다르기 때문에 복합발전기들

이 운전하기 원하는 날에는 가스가 부족한 경우가 생기고 있다.

- 다른 연료를 사용하는 발전기들과는 달리, 복합발전기들은 천연가스 저장고를 가지고 있지 않기 때문에, 더욱더 파이프라인을 통한 공급 위험성에 노출되어 있다.

- 복합발전기들은 기름으로 절체하는 Dual-Fuel 능력을 가질 수 있으나, 현재 복합발전기들의 40%만 이러한 능력을 보유하고 있다. 따라서 겨울철 신뢰도프로그램 및 전력시장 인센티브를 통해 복합발전기들이 이러한 이중연료 능력을 갖추게 하거나 LNG 저장창고를 건설하도록 유도하고 있다.

2. 천연가스의 영향

2.1 신뢰도 위협

New-England ISO 관내에 천연가스 비중이 높은 관계로, 가스 부족은 직접적으로 전력계통 신뢰도에 영향을 미친다. 예를 들면, 천연가스 파이프라인의 손실은 수천MW의 발전력 손실을 가져오게 된다. 또한, 천연가스 복합발전기가 기동이 불가능할 경우 ISO는 석탄 또는 중유 등의 대체 발전기들은 기동해야 하는 기동시간이 오래 걸리고, 연료부족 및 노후화로 인한 운전불가 등이 문제가 발생할 수 있다. 또한, 신재생에너지원들의 증가로 발전력 변동시 대응능력이 떨어지고 또한, 유효한 석탄 및 중유발전기들도 갈수록 줄어들고 있는 실정이다.

2.2 Price Spikes

연료비용은 전력시장비용과 직접적인 관계가 있다. 따라서, 관내 대부분을 차지하는 복합발전기들의 원료인 천연가스 가격의 상승은 전력가격에 큰 영향을 미친다. 또한, 매우 추운날에 파이프라인의 부족은 전력가격을 상승시킬 수 있다.

- 2008년부터 2012년까지는 shale가스의 생산량 증가로 뉴잉글랜드에서

천연가스 가격은 떨어졌다. 또한, 겨울 날씨가 춥지 않았기 때문에 천연가스 파이프라인의 제약이 없었다.

- 2012년부터 2013년까지는 겨울철 온도 저하로 인한 난방용 가스 공급증가로 파이프라인 제약이 생기면서 뉴잉글랜드에서 천연가스 가격은 상승했다.

복합발전기가 기동을 못할 경우 전력가격은 상승하게 된다. NCPC(Net Commitment Period Compensation)비용은 신뢰도 유지를 위해 비경제적으로 발전기가 기동될 때 사용되는 비용이다. 이러한 비용은 파이프라인의 문제 및 복합발전기 기동 불가 등의 혹독한 겨울철 추위를 대비해 만들어졌다. 예로써, NCPC비용은 2013년 1월에 이천만 달러, 2014년 1월에 칠천만 달러가 소요되었다.

고정된 전기요금을 내는 소비자들은 전력시장의 급격한 도매가격 변경에 대해서는 영향을 받지 않을 것이다. 하지만, 계약이 갱신될 경우, 전기 판매 회사는 소비자들에게 이를 반영시킬 것이다.

2.3 설비체계 개선

파이프라인 및 LNG 저장고의 많은 증가 없이는, 신뢰도 및 전기가격에 대한 영향은 계속되어질 전망이다. 최근 용량시장에서의 큰 변화는 고정출력 및 지속적인 연료공급을 보장하는 발전사업자 또는 새로운 대체에너지를 소유한 발전사업자에게 큰 인센티브를 주고 있다.

파이프라인 건설비용은 주로 15이상의 장기 계약을 맺은 소비자들에게서 충당된다. 하지만, 이러한 장기기간의 고정된 천연가스 공급은 발전사업자들에게는 큰 매력이지 않다. 왜냐하면, 발전사업자들은 전력도매시장에서 최소한 저렴한 가격을 유지하면서 경쟁성을 확보하기를 원한다. 따라서, 복합발전사들은 이중연료 사용이 가능한 설비개선에 초점을 두고 있다.

3. 기존 발전원들의 퇴출

3.1 환경정책으로 인한 기존 발전기들의 퇴출

석탄과 중유 발전기들은 비용 상승 및 환경문제로 시장에서 퇴출되면서 점점 천연가스 발전기들로 대체되고 있다. New-England ISO 관내에서는 이러한 이유로, 중유 및 석탄 발전기들은 피크 시 또는 천연가스 가격 상승 시에만 운전되고 있다. 전체설비용량의 약 28%를 차지하고 있음에도 불구하고 2014년 기준 발전량은 약 6%만을 차지하고 있다.

3.2 원자력발전 감소

New-England ISO는 원자력발전을 Baseload Power로 오랜 기간 동안 이용해왔다. 하지만, 2014년 Vermont Yankee 원자력발전소 폐지는 전력시장과 정부정책이 얼마나 전원구성에 영향을 미칠 수 있는지 보여주는 예가 되고 있다. 경쟁적인 전력시장가격은 원자력발전을 추가로 건설하기에는 건설 및 운영비용의 상승으로 부정적이다.

3.3 수력발전

New-England ISO관내의 수력발전기들은 주파수조정 및 예비력으로써 큰 역할을 해왔다. 하지만, 주정부의 환경정책으로 추가건설에 대한 추진력을 잃어버렸다. 현재 약 2,000MW 정도의 양수발전소는 2014년부터 2022년까지 모두 폐지될 전망이다.

3.4 발전기퇴출에 대한 신뢰도영향

약 3,500MW이상의 석탄 및 중유발전기들이 2018년까지 폐지되며, 수천 MW의 발전기들이 2020년까지 폐지예정이다. 노후화되고 비경제적인 발전기들의 퇴출은 일부측면에서는 긍정적이지만 공급신뢰도에 문제를 발생할 수 있

다. 2014년 ICF International report는 추가적인 450 million cubic feet/day용량의 새로운 천연가스 파이프라인 건설에도 불구하고 2020년까지 천연가스공급부족을 경고했다. 최근에, Main Public Utilities Commission and Massachusetts Department of Energy Resources에 의해 진행된 연구과제에서도 천연가스 부족을 경고했다.

〈 참 고 문 헌 〉

1. 2015 CELT Report
2. 2015 Regional Electricity Outlook
3. New England Power Grid 2014-2015 Profile
4. ISO New England Operation Procedure
5. ISO New England: <http://www.iso-ne.com/system-planning>