

발전설비 용량변화 추이와 발전산업의 방향 고찰

Plant Technology



1. 우리나라 발전설비 변화 추이

우리나라의 발전설비 증가 추이를 보면 1945년도 전국의 발전설비 용량은 199 MW로서 1950년대 중반까지 대부분이 일제시대에 설치된 수력발전소와 미군이 제공한 발전함을 이용하였으며, 전력의 절대빈곤시대였다. 1956년부터 국산무연탄을 사용하



박 해 조

joepark@bseng.co.kr

울산대학교 기계공학 학사
 한양대학교 공학대학원
 플랜트엔지니어링 전공석사
 前 두산중공업주 직무
 現 벽산엔지니어링 부사장

는 마산·삼척화력발전소가 준공되면서 석탄화력발전소와 경유를 사용하는 내연기관발전소가 전력 공급의 축을 담당하였다. 경제 개발이 태동하는 1960년대와 1970년대를 거치면서 발전소 증설이 폭발적으로 이루어지게 되는데 1970년대는 대부분 경유를 사용하는 내연기관발전소와 중유를 사용하는 재래식 화력발전소가 주종을 이루었다. 표 1에서 보는 바와 같이 1970년부터 10년간씩 발전소 건설실적을 보면

<표 1> 발전설비 변화 추이

(단위 : MW)

연도	무연탄	유연탄	Oil	Gas	양수	수력	원자력	기타	계
1945	-	-	137	-	-	62	-	-	199
1960	100	-	124	-	-	143	-	-	367
1970	537	-	1,242	400	-	329	-	-	2,508
1980	425	-	5,484	1,538	400	957	587	-	9,391
1990	1,020	2,680	4,815	2,550	1,000	1,340	7,616	-	21,021
2000	1,291	14,240	4,815	9,818	2,300	775	14,716	10	47,959
2010	1,125	23,925	5,665	21,909	3,900	1,530	18,716	4,503	81,273
2020	1,125	37,257	4,280	26,262	4,700	1,621	31,516	4,227	111,000

1970년도에 6,900 MW를 증설하여 1980년에는 1970년 대비 4배인 설비용량 9,391 MW로 증가하였다. 1980년 대부터 우리나라가 고도경제성장과 올림픽 준비 등으로 대규모 발전소 건설계획을 수립하게 되는데 석유파동을 거치면서 발전연료를 수입유연탄을 사용하는 석탄화력 발전소와 원자력발전소 건설이 주종을 이루었으며, 범국가적 전략과제로 석탄화력발전소와 원자력발전소 건설을 위한 설계기술 표준화를 수행하여 발전소 종합설계기술, 화력발전소의 주기기인 보일러와 터빈 설계 및 제작기술, 원자로 설계 및 제작기술의 국산화와 자립화의 토대를 만들었다. 그 결과로 한국표준형 초임계압 500 MW급 석탄화력발전소와 1,000 MW 원자력발전소 건설이 차질없이 진행되었고, 이들 발전소의 효율, 가동률, 운전 및 보수의 용이성 등이 세계 최고수준으로 운용되고 있으며, 발전소 설계기술 표준화는 1980년 이후 2010년까지 매 10년마다 설비용량이 2배 이상씩 증설하는 경이적인 기록에 큰 기여를 하였다. 1990년대에는 제 2세대 설계기술 표준화를 수행하여 유연탄을 사용하는 초초임계압 800 MW급, 1,000 MW급 석탄화력발전소와 1,400 MW급 원자력발전소를 건설하고 있다.

2012년 현재 설비용량 81 GW로서 피크 부하 시 설비

예비율이 부족하여 2020년까지 설비용량은 약 111 GW로 증설할 것으로 전망된다.

1970년 대비 현재 기준 40년간 발전설비 용량은 32배가 증대되어 그간 폐지된 발전소 등을 고려하면 약 80 GW가 건설되었으며, 이 기간에 화력, 수력, 원자력 등 거의 모든 발전소의 설계, 설비 제작 및 건설의 황금시대를 가져왔다.

한편, 지구 온난화와 관련하여 2000년대부터는 풍력, 태양광, 각종 폐기물 및 매립가스를 이용한 신재생에너지 발전소 건설이 시작되어 현재 약 4,500 MW가 운용되고 있으며(표 2참조), 지속적인 성장이 이루어질 것으로 예측된다.

2. 주요 국가별 발전설비 용량

전력은 산업과 문명화된 인류의 삶에는 없어서는 안되는 청정에너지이다.

전력을 사용하기 위해서는 전기를 생산하는 발전소, 전기를 소비자에게 운반하는 송전 및 배전선로, 변전소 등이 있어야 하며, 이들을 설치하기 위해서는 대규모 자본과 시간이 소요되고 환경문제가 고려되어야 하기 때문

<표 2> 신재생에너지 발전 현황

(단위 : MW)

원별	풍력	태양광	연료전지	소수력	부생가스	매립가스	Bio	폐기물	계
용량(MW)	379	533	36	92	3,300	75	10	78	4,503

<표 3> 주요국의 인당 발전설비 용량

국가	미국	일본	영국	독일	프랑스	스페인	이태리	캐나다	한국
설비용량(GW)	1,120	287	93	157	124	99	101	129	81
인구(백만 명)	303	127	61	82	64	40	58	33	51
용량/인구(KW/인)	3.7	2.2	1.5	1.9	1.9	2.5	1.7	3.9	1.6

국가	중국	인도	태국	브라질	인도네시아	베트남
설비용량(GW)	870	170	30	103	33	19
인구(백만 명)	1,330	1,120	66	192	237	88
용량/인구(KW/인)	.65	.15	.45	.54	.14	.21

에 수요와 공급의 적정성을 결정하는 것이 대단히 중요하다.

통계에 따르면 산업화된 선진국의 경우 적정 설비용량은 인구 대비 약 2 KW이다. 물론 전력 과다소비 산업설비인 제철을 포함한 중화학공장을 가진 나라와 이들 설비를 제3세계로 이전한 경우 다를 수 있을 것이다.

표 3에 의하면 우리나라는 2012년 현재 인구대비 1.6 KW이나 제6차 전력수급계획(안)에 의하면 2.0 KW를 상회하거나 접근할 것으로 예측되어 우리나라의 발전설비 용량은 G7수준에 도달하게 된다.

전력 다소비 산업인 다수의 제철, 중화학 설비가 가동되고 있는 우리나라의 발전설비 적정용량은 전문가들의 많은 검토가 있어야 할 것이나, 주요 산업 선진국의 발전설비 용량과 비교 시 110 GW에 도달하여 2020년 이후에는 발전설비가 적정 수준에 도달할 것으로 기대된다.

3. 발전설비 예비율

발전설비 예비율은 발전설비 적정수준과 관련하여 전력수급의 안정성을 고려하여 피크 부하 대비 20% 이상을 확보하여야 한다는 등 많은 논란이 있다.

상기에 언급한 바와 같이 발전설비 증설에는 부지확보, 발전소 건설, 송전선로 및 변전소 건설 등에 따르는 대규모 자본과 기간은 물론 대기, 수질, 해양 환경문제가 복합적으로 얽혀있기 때문에 적정 예비율을 확정하기 위해서는 기술적인 요소와 경제성, 그리고 정책, 전략적인 요소들을 함께 고려하여야 한다.

우리나라의 경우 2013년 겨울철 피크 부하 시 전력 예비율이 6.7%로서 블랙아웃(대규모 정전)에 대한 위기감이 커져 예비율을 증대하여야 한다는 논란이 일어나고 있다. 또한 우리나라는 단위기 용량이 900 MW~1,000 MW인 대용량의 원자력발전소가 전체 발전량의 약 40%를 차지하고 있어 이들 발전소의 비상정지에 대비하여

즉시 전력생산이 가능한 Spinning Reserve로 양수발전소와 가스터빈 발전소의 확보는 물론 여기에 대비한 예비율을 별도로 고려하여야 할 것이다.

전력 예비율은 몇 %가 적정한지에 대해서는 산업구조와 겨울철과 여름철의 기온 등에 따라 다를 수밖에 없으며, 우리나라처럼 계절적 영향으로 아주 짧은 기간 동안의 최대부하를 기준으로 예비율을 결정한다면 평상시에는 과다한 설비 여유율을 갖기 때문에 이 기간에는 부하관리를 통한 예비율이 결정되어야 한다는 논리도 설득력이 있는 등 적정 예비율은 특정하게 얼마이어야 한다는 것을 결정하는 것은 어려운 일이다. 또한 전력 예비율은 전원 구성에 따라 무의미한 수치가 될 수도 있다. 예를 들어 수력발전소가 많은 나라에서는 갈수기에 전력생산량이 현저히 낮아지기 때문에 설비용량은 많으나 계절적으로 전력생산량에는 많은 차이가 있어 단순 예비율 수치만으로는 실제 예비율과는 차이가 있을 수 있다.

표 4는 주요국의 발전설비 예비율이며, 독일은 설비 예비율이 52.6%로서 비교국 중 가장 높고, 우리나라는 6.7%로서 가장 낮으나 2020년에는 20%를 상회할 것이며 25%까지 높이는 방안도 고려되고 있다.

4. 발전산업의 방향 예측

1970년 대비 현재 기준 40년간 발전설비 용량은 32배가 증대되어 그간 폐지된 발전소 등을 고려하면 약 80 GW가 건설되었으며, 이기간에 화력, 수력, 원자력 등 거의 모든 발전소의 설계, 설비 제작 및 건설의 황금시대를 가져왔다.

발전설비의 적정 예비율에 대해서는 여러 가지 의견들이 있으나, 2020년도까지는 이를 고려하여 여러 형태의 발전설비가 증설될 것이고, 2020년대부터는 북한과 연계된 변수가 없는 한 국내발전소 신규건설 시장은 포화상태가 될 것이다.

〈표4〉 주요국의 발전설비 예비율

국가	독일	미국	일본	프랑스	한국
예비율(%)	52.6	31.3	28.3	21.2	6.7

발전설비는 설계 시 설계수명이 있기 때문에 건설 후 무한정 운전할 수가 없다. 대체로 설계수명은 20년 또는 25년으로 설계하고 있으나 실제로 운전 시 부분부하 운전, 정기 정검 및 개·보수를 위한 정지 등을 고려한 실제 운전 시간으로 환산하면 통상 30년 이상 운전할 수 있으며, 거기에서 최근 뛰어난 IT 기술을 도입한 설비의 최적운전과 기자재 제작기술의 향상으로 발전소의 수명은 더 길어지고 있다.

2020년대가 되면 1990년대부터 대규모로 건설한 500 MW급 유연탄발전소와 900 MW급 원자력발전소가 순차적으로 설계수명에 도달하게 되어 잔존수명 진단 및 성능복구와 수명연장 사업이 붐을 일으킬 것이다.

미국이나 영국 등 서유럽의 기술선진국에서는 오래전부터 설계수명을 초과한 설비에 대한 정밀진단을 통한 잔존수명 예측 또는 운전 중 상시 설비의 사용 수명 및 잔존수명을 예측하여 필요 시 교체 또는 개·보수하여 설비의 수명을 늘리고 있다. 선진국에서는 발전소 건설에 따른 환경영향 평가 및 인허가, 부지 확보, 송전선로 및 변전소 건설, 까다로운 환경규제에 따른 환경설비 증설에 의한 발전소 건설비용 등으로 신설발전소 건설은 대단히 어려운 일이다. 따라서 전력 수요증가에 의한 경우를 제외하고는 신규발전소 건설을 꺼리고 있으며, 기존 발전소의 수명을 연장(Life Extension)하고 이 과정

에 최신기술을 접목하여 성능복구는 물론 출력을 증대하는 Rehabilitation, Performance Upgrade 사업이나, 발전 형식을 바꾼 리파워링 사업을 통해 신규발전소 건설을 대신하고 있다. 이러한 Life Extension, Rehabilitation과 리파워링 사업이 성공적으로 수행되면서 이들 나라에서는 발전소의 수명개념이 기존의 보일러나 터빈 등의 주요 설비를 기준으로 하여왔으나 근래에는 터빈 Pedestal, 보일러의 주철골을 기준으로 하여 신설발전소 건설에 따른 여러 가지 규제를 피하고 대규모 자금 투입도 줄이고 있다. 우리나라도 신규발전소 건설에 따른 이러한 어려움이 필연적으로 발생할 것이므로 2010년대 후반부터는 기존 석탄 및 중유발전소의 수명연장과 성능복구, 리파워링 사업이 신규발전소 건설 시장 규모를 초과할 것이다.

이러한 선진국의 사례와 우리나라 발전소 건설 및 운용 실적에 따르면 발전소 설계·제작·건설 업계는 Life Extension, Rehabilitation, 리파워링 사업과 관련한 기술개발과 실적을 쌓아야 신규발전소 건설사업이 급격히 감소할 2010년대 후반에 효과적으로 대응할 것이다.

발전소 Life Extension, Rehabilitation, Repowering 기술은 그간 쌓은 신설발전소 건설 기술과 함께 국내는 물론 해외 Mature Market과 Emerging Market 공략에 최적의 대안이 될 것이다. (KIEC)