

WADE Economic Model에 의한 우리나라 전원구성

김용하*, 손학식**, 이원구**, 이성준*, 오석현***, 우성민*
 인천대학교*, 에너지관리공단**, 한국전력공사***

Generation capacity constitution outlook of Korea using WADE Economic Model

Y*H Kim*, H*S Son**, W*G Lee**, S*J Lee*, S*H Oh***, S*M Woo*
 University of Incheon*, KEMCO**, KEPCO***

Abstract - 현재 수립된 3차전력수급기본계획의 전원구성을 WADE Economic Model을 사용하여 친환경적이며, 경제적이고 기존 대형발전소의 보완 역할이 기대되는 분산형전원으로 우리나라의 전원을 구성하였다. 즉, WADE Economic Model로서 신규수요를 CG(Centralized Generation) 및 DE(Decentralized Energy)의 담당비율에 따라 시나리오를 구성하여 3차전력수급기본계획의 전원구성을 WADE Economic Model에 의한 시나리오로 전원을 구성한 경우와 비교 분석하였다.

1. 서 론

우리나라의 에너지 사용량은 산업화가 급격히 진행된 1970년대부터 현재에 이르기까지 꾸준한 증가 추세를 나타내고 있다. 즉, 총에너지 수요의 증가에 비해 전기 에너지 수요의 증가가 더 급격히 나타나고 있어 발전설비의 증가는 필수적이라고 할 수 있다. 이와 같이 급증하는 전력수요를 충족하기 위하여 전력수급기본계획에 따라 대규모 발전소의 건설과 송전선로의 확충·신설이 지속적으로 이루어지고 있으나, 화석연료와 같은 에너지 자원의 양이 한정적이며 최근 전 세계적으로 주목 받고 있는 환경문제 및 발전소, 송전선로 건설에 필요한 입지확보의 어려움 등으로 인하여 새로운 전력원에 대한 관심이 고조되고 있다. 현재 전력거래소에서 WASP 모형으로 전력수급기본계획을 수립하고 있다. 그러나 WASP 모형은 원칙론적으로 분산형전원을 고려하여 Simulation을 수행할 수 있도록 구성되지 않았으므로 분산형전원이 국가의 전원구성 및 경제·환경에 미치는 제반 영향을 분석하기에는 충분치 않은 것으로 판단된다. 이에 향후 신규수요를 충족을 중앙집중발전 또는 분산형에너지별 또는 두 가지를 혼합한 형태로 시나리오구성이 가능한 WADE Economic Model을 이용하여 우리나라의 전원구성을 구성하였다.

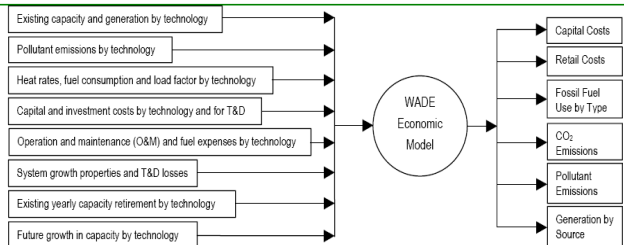
2. WADE Economic Model

WADE Economic Model은 증가하는 전력수요에 대응하기 위하여 Centralized Generation (CG)과 Decentralized Energy (DE)의 전원 Mix를 변화시킬 때 이들의 변화에 따른 경제성과 환경적인 영향을 평가하기 위한 Package이다. 즉, CG 또는 DE별 또는 두 가지를 혼합한 형태별 투자전략에 따른 시스템 비용을 비교할 수 있는 수단을 제공한다. 본 연구에서는 전원Mix의 시나리오에 따른 변화시 전원구성결과만을 분석하였다.

2.1 WADE Economic Model의 입력

WADE Economic Model의 입력은 크게 8가지로서 그림 1과 같다.

Figure 1. Flow Chart: Overview of the Model Inputs and Outputs



<그림 1> Existing capacity and generation by technology type

이중 전원구성과 관련된 입력자료는 Existing capacity and generation by technology, System growth properties, Existing yearly capacity retirement by technology, Future growth in capacity by technology의 자료이다.

2.1.1 Existing capacity and generation by technology type

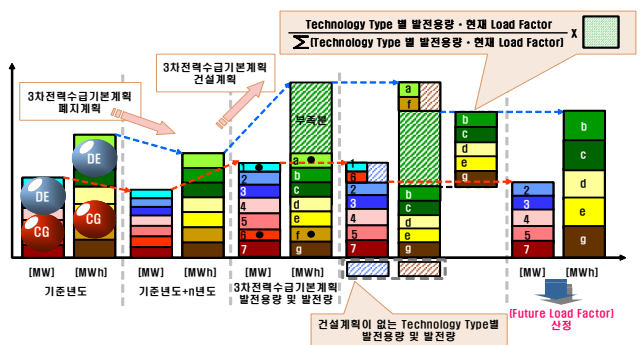
Existing capacity and generation by technology type에서는 크게 Modelling Settings와 Existing Capacity and Generation으로 구분할 수 있다. Modelling Settings은 Base Year와 Peak Demand로 구성되어 있으며, Existing Capacity and Generation에서는 Technology별로 구분된 CG와 DE에 대하여 Capacity, Load Factor Generation - reported, Future Load Factor로 구성되어 있다. Modelling Settings에서 Base Year는 3차 전력수급기본계획의 실적데이터인 2005년, Peak Demand는 수요관리 후 최대전력인 54,631[MW]로 하였다. Existing Capacity and Generation에서 CG와 DE구분은 급전형태로 구분하였다. 즉, 우리나라의 발전기는 급전의 형태에 따라 중앙, 비중앙, 기타로 구분되어지므로 발전기가 중앙이면 CG로 분류하고 비중앙과 기타는 DE로 하였다. 또한, 사용연료에 따라 Technology type별로 구분하였다. 이를 Capacity, Load Factor Generation-reported에 대하여 3차 전력수급기본계획의 자료를 기반으로 KPX의 2006년 발전설비현황의 자료와 전력통계시스템의 2005년 발전소별 발전현황의 자료를 이용하였다. Future Load Factor는 식 (1.1) ~ 식 (1.3)을 이용하여 그림 2와 같은 절차에 의해서 산정하였다.

$$Generation_{Future\ i}^{FT} = Generation_{3th\ i}^{FT} + \sum_{Tech} Generation_{Non\ construction\ i}^{Tech} \quad (1.1)$$

$$Generation_{Future\ i}^{Tech} = \frac{\sum_{Base\ Year} Capacity_{Future\ i}^{Tech} \times ExingLoadFactor^{Tech}}{\sum_{Base\ Year} \sum_{Tech} (Capacity_{Future\ i}^{Tech} \times ExingLoadFactor^{Tech})} \times Generation_{Future\ i}^{FT} \quad (1.2)$$

$$Future\ Load\ Factor[\%] = \frac{Generation_{Future\ i}^{Tech}}{Capacity_{Future\ i}^{Tech} \times 8760} \times 100 \quad (1.3)$$

단, Nonconstruction : 건설계획이 없는 발전설비, i : 해당년도
 FT : Fuel Type, Tech : Technology Type, 3th : 3차 전력수급기본계획



<그림 2> Existing capacity and generation by technology type

2.1.2 System growth properties for the chosen system

System Properties는 Annualized Demand Growth, Annualized Peak Growth, Year to be Analyzed, Avg. T&D Losses, Peak T&D Losses, Coincident Peak, CG Safety Margin, DE Safety Margin, DE random Outage, CO2 Mid Term Analysis, DE Peak Deliverability Penalty, 로 구성되어 있다.

Annualized Demand Growth와 Annualized Peak Growth는 3차 전력수급기본계획의 기준안에 대한 최대전력의 데이터 및 발전량의 자료를 이용하여 산정하였다. Year to be Analyzed는 3차 전력수급기본계획의 최종년도인 2020년으로 하였다. Avg. T&D Losses는 2001년도부터 5개년도의 평균치인 4.476[%]로 하였다. Peak T&D Losses는 부하율의 관계

로 부터 산정한 결과인 5.777[%]를 적용하였다. Coincident Peak는 부동률의 역수로 우리나라의 1차변전소 상호간의 부동률을 적용한 88.5[%]로 결정하였다. CG Safety Margin 및 DE Safety Margin은 향후 DE가 적절히 반영될때 전국과 수도권의 설비예비율을 평형화 시키기 위해서 CG는 수도권 기준 설비예비율인 21.2[%] DE는 전국기준 설비예비율인 24.4[%]로 하였다. DE random Outage는 현재 우리나라에서 관련된 자료는 존재하지 않으므로 1차 전력수급기본계획에 발전설비 보수 및 사고 데이터의 일반적 최소값인 4.9[%]로 하였다. DE Peak Deliverability Penalty는 3차 전력수급기본계획의 Peak 기여율 평균치인 36[%]로 하였다.(집단 중앙을 제외)

2.1.3 Existing yearly capacity retirement by technology type

Existing yearly capacity retirement by technology type는 3차 전력수급기본계획의 발전폐지용량을 적용하였다.

2.1.4 Future growth in capacity by technology type

Future growth in capacity by technology type는 3차 전력수급기본계획의 년도별 에너지원별 발전량 중에서 년도별로 발전량이 증가하는 부분만을 이용하여 해당년도에 신설하는 발전원의 담당비율을 정하였다. 이때, 식 (1.4)을 적용하여 해당 에너지원별을 발전설비의 비율로 분배하였다.

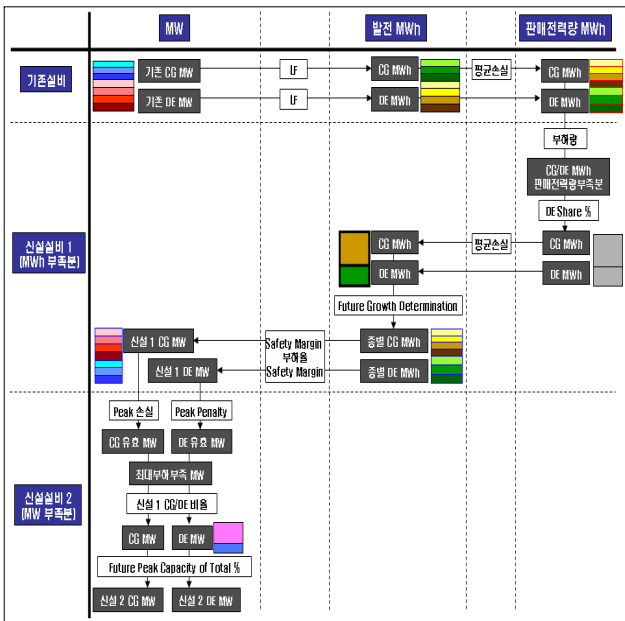
$$Generation_i^k = \frac{Capacity_i^k}{\sum_k Capacity_i^k} \times Generation_i \quad (1.4)$$

단, i : 해당년도, k : Technology Type

또한, Future Peak Capacity % of Total에서 CG는 첨두부하를 담당하는 발전원으로 SMP가 가장 비싼 LNG 발전원을 대상으로 하였으며, DE는 Peak 기여율을 담당하는 발전원으로 하였다. 피크 기여율에 대해서 년도별 피크기여 발전용량을 산정하고 이를 비율로 구성하였다.

2.2 WADE Economic Model의 계산절차

WADE Economic Model의 계산절차는 그림 3과 같다.



<그림 3> WADE Economic Model의 전원구성 계산절차

2.1에서 입력된 값으로부터 초기년도의 발전설비 및 발전량으로부터 폐지계획을 적용하여 초기년도 발전설비 및 발전량을 해당년도까지 도출한다. Annualized Peak Growth에 의해 해당년도의 발전량과 앞서 폐지계획이 고려된 발전량과 차이를 통해서 Avg. T&D Losses에 의한 판매전력량 부족분을 계산한다. 상기의 판매전력량 부족분을 DE Share % (DE 0%당당시, DE 25%당당시, DE 50%당당시, DE 75%당당시, DE 100%당당시)에 의해 CG와 DE의 담당비율로 분배하고 분배된 판매전력량을 CG Safety Margin과 DE Safety Margin을 고려하여 Future growth determination의 비율에 의한 판매전력량부족분을 담당할 신규발전설비의 MW를 도출한다. 이에 대해 신규발전설비와 기존발전설비의 합이 최대부하를 만족시키지 못할 경우 Future Peak Capacity % of Total에 의해서 최대부하용량을 추가적으로 건설하여 최종적으로 발전원별로 전원구성을 도출한다.

2.3 WADE Economic Model의 결과

WADE Economic Model의 결과는 그림 4와 같다.

구분	100%CG	75%CG	50%CG	25%CG	0%CG
	0%DE	25%DE	50%DE	75%DE	100%DE
CG	2020	2020	2020	2020	2020
Hydro - Large (committed)	2,790	2,663	2,536	2,409	2,300
Hydro - Large	1,565	1,552	1,539	1,527	1,516
Coal ST (lignite, old)	15,840	15,840	15,840	15,840	15,840
Coal ST	600	600	600	600	600
Oil ST	2,816	2,587	2,359	2,132	1,879
Gas ST	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Diesel Engine (Fuel Oil)	40	40	40	40	40
Diesel Engine (Diesel Oil)	183	149	115	81	44
Nuclear	25,925	23,968	22,011	20,054	17,716
Gas CC CHP >50MW (old)	15,029	15,029	15,029	15,029	15,029
Oil CC (Diesel)	808	808	808	808	808
Oil CC (Diesel - Committed)	105	105	105	105	105
Coal ST (lignite, new)	6,520	4,969	3,419	1,869	0
Gas CC CHP >50MW (modern)	16,559	11,992	7,424	2,856	0
계 (MW)	88,779	80,302	71,826	63,350	55,877
DE	2020	2020	2020	2020	2020
Hydro - Small	66	1,354	2,642	3,930	5,444
Wind (Local)	93	2,687	5,279	7,871	10,787
Solar (Local)	1	368	734	1,100	1,589
Recycle	44	707	1,370	2,034	2,517
Industrial Waste Heat Recycling	30	30	30	30	30
Other FF CHP	97	530	964	1,397	1,602
Gas CHP	127	5,820	11,516	17,212	20,015
Coal CHP	155	3,973	7,791	11,608	17,441
Oil CHP	62	62	62	62	62
Biomass CHP	0	52	104	156	228
계 (MW)	675	15,583	30,491	45,400	59,714
총계 (MW)	89,454	95,886	102,318	108,750	115,592

<그림 4> WADE Economic Model의 전원구성결과

WADE Economic Model의 분석결과 신규로 투입되는 전원을 CG100[%]로 구성을 하게 되면 총 발전설비에서 CG는 99.25[%], DE는 0.75[%]로 변화된다. 신규전원을 DE100[%]로 구성하면 총 발전설비에서 CG는 48.34[%], DE는 51.66[%]까지 구성이 가능하다.

3. 결 론

본 연구의 주요결과는 다음과 같다.

- (1) 2020년까지 신규로 투입되는 전원을 CG100[%]로 구성시 총 설비용량은 CG 91,554[MW], DE는 2,715[MW]의 설비용량을 가지며, CG는 97.12[%]로 DE는 2.88[%]로 산정되었다.
- (2) 2020년까지 신규로 투입되는 전원을 DE100[%]로 구성시 총 설비용량은 CG 55,877[MW], DE는 59,714[MW]의 설비용량을 가지며, CG는 48.34[%], DE는 51.66[%]로 계산되었다.
- (3) CG의 주요 전원인 Nuclear를 CG100[%]시 약 29[%]에서 DE100[%]당당시 약 15[%]까지 비율이 줄어들었다.
- (4) Coal은 CG100[%]시 약 28[%]에서 DE100[%]당당시 약 14[%]까지 비율로 감소하였다.
- (5) Gas은 CG100[%]시 약 30[%]에서 DE100[%]당당시 약 13[%]의 비율로 구성되었다.
- (6) DE100[%]에 주요전원인 Nuclear, Coal, Gas가 약 45[%]가 줄어든 반면 DE의 총 전원은 49[%]증가하였다.

상기의 결과는 전원구성의 전망이며 WADE Economic Model의 분석대상인 Pollution, Retail Cost, Total Capital Cost에 대한 분석이 추가적으로 연구되어야 할 과제이다.

[참 고 문 헌]

[1] Michael Brown, Thomas R.Casten, "The WADE Economic Model : China", WADE Publications, 2004
 [2] Greenpeace, "Decentralising UK energy : Cleaner, Cheaper, More Secure Energy for the 21ST century", WADE Publications, 2006
 [3] 산업자원부, "제 3차 전력수급기본계획", 2006
 [4] 전력거래소, "발전설비현황의 자료", 2006
 [5] 전력거래소, "발전소별 발전현황", 전력통계시스템, 2005
 [6] 한국전력공사, "WASP 운용안내서", 1995