

## 중장기 분산전원계획 수립용 모델연구(Ⅰ)

김용하\*, 우성민\*, 연준희\*\*, 정현성\*\*\*, 오석현\*\*\*  
 인천대학교\*, 인천국제공항공사\*\*, 한국전력공사\*\*\*

### A Study on Development Model for the Plan of Long and Mid Term Distributed Generation(Ⅰ)

Yong-Ha Kim\*, Sung-Min Woo\*, Jun-hee Yeon\*\*, Seok-Hyeon Oh\*\*\*, Jung-Huy You\*\*\*  
 University of Incheon\*, IIAC\*\*, KEPCO\*\*\*

**Abstract** - This paper presents development of the long and mid term power expansion planing for distributed generation. This planing model reflect WADE Economic Model's advantage that special quality of DG(Decentralized Generation) and WASP Model's advantage that special quality of CG(Centralized Generation) each other. Through these synergy, we develop better the Plan of Long and Mid Term Distributed Generation then existent model.

#### 1. 서 론

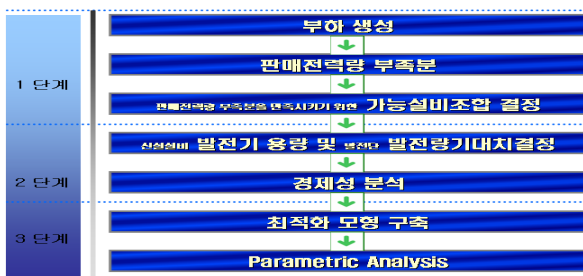
경제성장과 산업·사회생활의 고도화에 따라서 증대하는 전력수요에 대해서, 에너지 자원량과 지구환경의 제약이 거론되고 최근의 에너지를 둘러싼 심각한 상황인식을 고려하여 전력수급의 장기적 안정을 확보하기 위해서 현재 전력계통에 분산형전원의 도입이 선진국을 중심으로 추진되고 있으며, 분산형전원의 개발과 도입은 에너지절약, 에너지Security의 향상, CO2배출대책 등의 환경측면과 병행하여 대도시권 전력수급의 지역간 불평형 및 전력수급의 편박을 완화하는 등 수도권 분산형전원으로서 기존 대형발전소의 보완역할의 효과도 기대된다. 우리나라의 경우에는 장기전원개발계획을 WASP 모델을 사용하여 수립되고 있다. 그러나 우리나라에서 사용되고 있는 WASP 모형은 상술한 세계적 전원개발계획의 추세를 적절히 반영하고 있지 못하고 있다. 즉, 분산형전원의 고려문제, 환경영향의 고려 문제 그리고 생산된 전력을 소비자에게 전송하기 위한 송배전망에 대한 평가를 적절히 반영하지 못하고 있다.

이에 본 연구에서는 기존의 전원개발계획 방법론의 단점을 보완하고자 분산형 전원의 특성이 잘 반영된 WADE Economic Model의 장점과 WASP Model의 장점을 서로 융합하여 중장기 분산전원 계획수립모형을 개발하고자 한다.

#### 2. 본 연구의 전원개발계획 방법론

##### 2.1 개발알고리즘

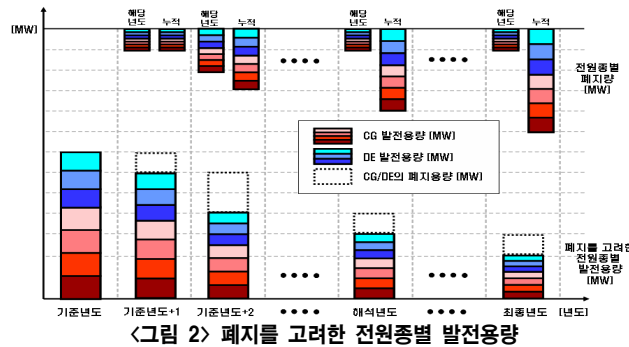
본 연구의 개발알고리즘은 크게 3단계로 나누었다. 1단계에서는 부하 생성, 판매전력량 부족분, 판매전력량 부족분을 만족시키기 위한 가능설비조합을 결정한다. 2단계에서는 신설설비 발전기 용량 및 발전량 기대치를 결정하고 이에 대한 경제성 분석을 수행한다. 3단계에서는 DP(Dynamic Programming)를 통해서 설비가능조합중에서 최적화 모형을 구축한다. 마지막으로 파라미터분석을 통해서 민감도를 분석한다.



〈그림 1〉 본 연구의 흐름도

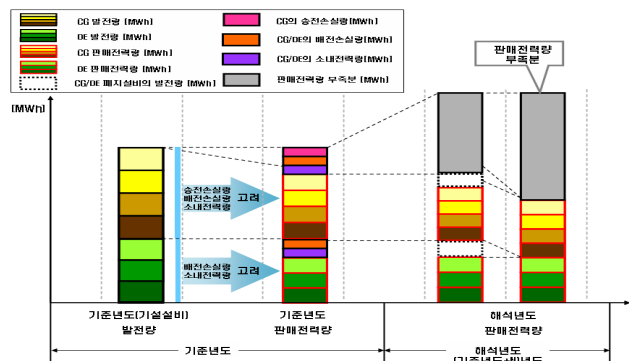
##### 2.2 1단계

1단계에서는 수요예측을 통해서 미래의 부하를 예측하여 이를 담당하는 발전설비를 정하기 위해 기존설비에 대해서 발전시뮬레이션(보수유지계획, 조류계산)을 수행하였다. 그러나 기존설비만을 발전시뮬레이션을 수행할 경우 미래에 증가하는 수요를 만족시키지 못하며, 또한 기존설비는 <그림 2>와 같이 폐지도 고려되어있다.



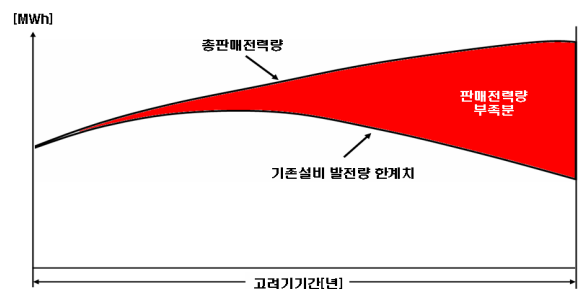
〈그림 2〉 폐지를 고려한 전원종별 발전용량

본 연구에서의 판매전력량 용어의 기준은 다음과 같다. 이에 앞서 본 연구에서는 크게 2가지 전원으로 구성되어 있다. 중앙집중형전원(CG ; Centralized Generation)과 분산형전원(DG ; Decentralized Generation) 이에 대한 특성을 반영하기 위해서 크게 3가지특성을 고려하였다. 첫째는 소내소비전력량을 고려하였다. 둘째, 송전손실을 고려하였다. 셋째, 배전손실을 고려하였다. 이중 송전손실의 경우 DG의 특성상 수요지 근방에 위치하여 송전손실이 CG에 비해 상당히 작으므로 적용하지 않는 것으로 하였다. 이러한 방법론을 반영하여 기존설비의 발전량에서 3가지 특성을 제외한 발전량을 판매전력량으로 하였다. 이를 미래년도에 기존 설비로 담당하지 못하는 판매전력량 부족분을 도출하였다.



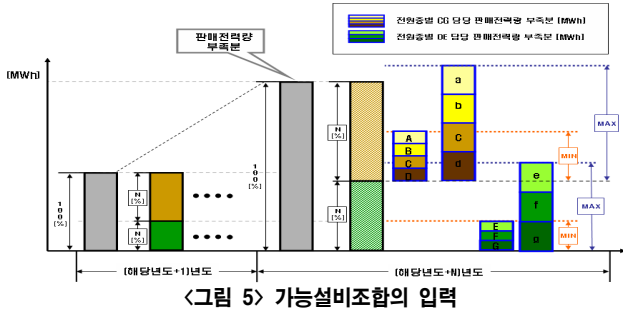
〈그림 3〉 판매전력량 부족분 개념도

상기의 과정으로부터 고려기간에 대한 판매전력량 부족분은 <그림 4>와 같다.



〈그림 4〉 고려기간에 대한 판매전력량 부족분

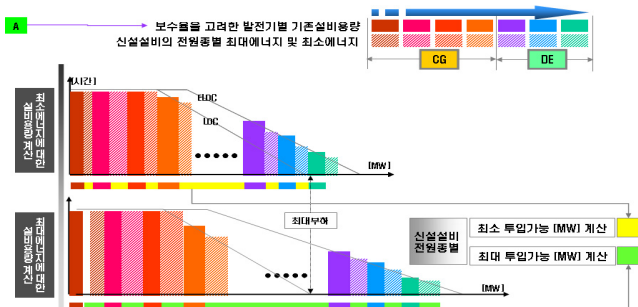
판매전력량 부족분을 만족시키기 위한 가능설비조합은 년도별 판매전력량 부족분을 신규설비가 담당할 수 있도록 하기 위해서는 입력데이터를 구성해야 한다. <그림 5>과 같이 판매전력량 부족분을 CG 및 DE로 분배하고 각 전원종별이 담당할 판매전력량으로 구분하는 것은 의사결정 문제이다. 그러므로 입력으로 CG와 DE를 2가지의 합이 100[%]가 되는 범위내에 사용자가 입력한다. 또한, CG의 전원종별이 담당할 수 있는 담당량을 최소값과 최대값으로 입력하여 그 사이에서 설비조합이 담당할 수 있도록 한다.



<그림 5> 가능설비조합의 입력

### 2.3 2단계

판매전력량 부족분을 담당할 전원종별 CG와 DE를 입력하면, 기존은 발전기별 용량을 입력으로 하며, 신설 판매전력량 부족분을 담당할 CG와 DE 에너지량을 입력으로 발전시물레이션을 수행한다. 즉, 최대 및 최소로 입력된 CG와 DE 에너지량으로부터 발전시물레이션의 역 계산을 통하여 전원종별 가능설비 최대용량 및 최소용량으로 계산한다. 이때 투입순위는 기존설비 발전기가 투입되고 그 다음에 신설설비는 판매전력량 부족분의 에너지를 입력하여 1[MW]씩 증가시켜 설비용량이 판매전력량 부족분을 만족하는 시점에서의 MW를 도출한다. 이러한 과정을 통해서 전원종별로 신설설비의 최대 CG와 DE 설비용량 및 최소 CG와 DE 설비용량이 도출된다.



<그림 6> 신설설비 전원종별 최대투입가능용량 및 최소투입가능용량 계산

결정된 최대투입가능용량과 최소투입가능설비용량으로 신설발전기 투입 상한대수 및 하한대수를 정하기 위해서 본 연구에서는 표준용량이라는 입력자료를 적용하였다. 즉, 각 전원종별 표준용량이 입력으로 결정되면 산정된 최대 및 최소 투입가능용량을 표준용량으로 나누어 상한대수 및 하한대수가 도출된다.

이러한 상한대수와 하한대수에 대한 후보설비조합구성을 (식 1)과 (식 2)와 같이 구성한다. 즉, 계획기간 각 연도마다 건설할 전원별 건설대수의 상한대수와 하한대수의 간격(확장 폭)사이의 후보설비 조합을 구성한다. 이러한 후보설비조합의 개수를 State라 칭하였다.

$$C_i = (T_1 + 1) \times (T_2 + 1) \times (T_3 + 1) \times \dots \times (T_i + 1) \quad (1)$$

단,  $C_i$  : i년도의 State 개수

$$S_i = \sum_{i=0}^N C_i \quad (2)$$

단,  $S_i$ 는 계획기간(N년간) 총 State 갯수

상기와 같이 구성된 설비용량 및 발전량기대치로부터 경제성분석은 (식 3)과 같이 구성하였다. 즉, 본 논문에서의 경제성분석은 전력소매요금원가로 하였으며 기존설비를 제외한 신설설비에 대한 비용으로써 발전설비 및 송배전설비 건설비, 연료비, 운전유지비, 환경비 다섯 가지 항목을 모두 종합하여 목표연도 신설발전설비(기준년도부터 목표연도까지 신설된 총누적설비)의 판매전력량 담당분으로 나누어서 단위 전력량 전력소매요금원가를 계산하였다.

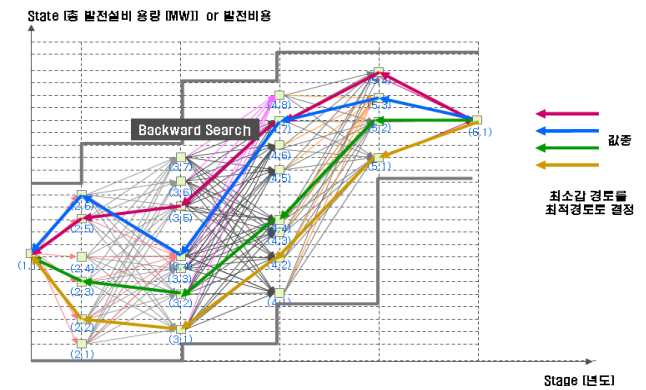
$$RC = \frac{CA + TDA + OMC + FC + CC}{SSP} \quad (3)$$

- 단, RC : 전력소매요금(Retail Cost), 원/kWh
- CA : 발전설비 건설비의 분할상환금액 (Capital Amortization on New Capacity), 원
- TDA : 송배전설비 건설비의 분할상환금액 (T&D Investment Amortization), 원
- OMC : 발전설비 운전유지비 (Operation & Maintenance Cost), 원
- FC : 연료비(Fuel Cost), 원
- CC : 이산화탄소 배출비용(CO2 Cost), 원
- SSP : 신설설비의 판매전력량 담당분, kWh

### 2.4 3단계

최적발전소 건설계획을 수립하는 것이다. 최적 후보발전설비 건설계획이란 대상계획기간에 걸쳐 요구되는 신뢰도를 만족하고, 연도별 전력소매요금의 합이 최소가 되는 계획을 도출하기위해서 동적계획법을 이용하여 최적 건설계획을 도출하였다.

본 연구에서는 <그림 7>과 같이 대상기간을 “stage”로 정의하였고 다음 stage로 넘어갈 때는 반드시 어떤 후보발전설비의 추가 여부를 결정해야 하며, 이러한 판단은 모든 대상발전기(Unit)에 대하여 행하도록 하였다. 2.3절에서 구성된 후보설비 중에서 최적경로를 찾기 위해 마지막 stage로부터 역으로 출발하여 각 state에서 최소비용을 찾아가는 Backward 방법을 적용하였다.



<그림 7> 동적계획법을 이용한 본 연구의 최적건설계획

### 3. 결 론

본 논문에서는 주요결과는 다음과 같다. 첫째, 기존의 전력수급기본계획을 수립하는데 이용되는 설비용량[MW] 기준의 전원개발계획을 수립하는 방법과는 달리 전력수요량[MWh]을 기준으로 신설전원개발계획을 수립하는 알고리즘을 제안하여 좀 더 합리적이다.

둘째, 전원개발계획과 전력소매요금원가를 연계함으로써 수요측면을 기준으로 전원개발계획을 평가할 수 있는 방법론을 개발하였다. 전력소매요금원가의 구성은 전력계통을 구성하는 발전, 송배전 부문을 총체적으로 반영하여 소비자 측면을 기준을 분석하였으며, 국제적 대기환경규제에 대응하기 위하여 환경비용을 추가적으로 반영하였다.

후후, 우리나라 실 계통을 사례연구로하여 WASP 모형의 결과와 비교함으로써 본 연구의 타당성을 증명해야 할 것으로 판단된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] “송전요금 및 전력시장 용어해설집”, 한국전력공사, 2006. 7
- [2] 전력 Pool시장에서 발전경쟁을 위한 가격결정 및 적정제도에 관한 연구
- [3] 신재생에너지 발전차액지원제도 개선 및 RPS제도와 연계방안, 산업자원부, 2006.03.31
- [4] 한국전력공사, “공급능력 및 LOLP를 고려한 발전설비 적정수준에 관한 연구”, 1995
- [5] Greenpeace, “Decentralising UK energy : Cleaner, Cheaper, More Secure Energy for the 21ST century”, WADE Publications, 2006
- [6] WADE, “World survey of Decentralized Energy 2006”, 2006.