

RPS 도입을 고려한 최적 전원구성에 관한 연구

이정인* 강동주** 김광모*** 김발호*
 홍익대학교* 한국전기연구원** 한국전력공사***

A Study on the Optimal Fuel Mix for the Introduction of RPS(Renewable Portfolio Standard)

Jeong-In LEE* Dong-Ju Kang** Gwang-Mo Kim*** Bal-Ho Kim*
 Hongik University* Korea Electrotechnology Research Institute** Korea Electric Power Corporation***

Abstract - 현재 우리는 화석연료의 고갈 및 에너지 수입 해외의존도의 심화, 최근의 고유가 등으로 신재생에너지원의 개발 및 이용, 보급 확대가 국가적 관심사항이 되고 있으며, 신재생에너지를 전원을 보급하기 위해 노력하고 있다. 정부는 2012년부터 RPS(Renewable Portfolio Standard)를 도입하여 신재생에너지전원의 비중을 설비용량의 5%(발전량의 7%)까지 확대하는 것을 목표로 하고 있다. 따라서 본 연구에서는 가격규제가 아닌, 보급목표를 규제하여 시장에서 가격이 결정되는 RPS를 도입하였을 경우의 현 전력수급계획의 수립절차에 대한 상세한 고찰과 문제점 분석을 통해 우리나라의 RPS를 반영한 최적 전원구성비를 도출하기 위한 방안을 GATE-PRO(Generation And Transmission Expansion PROgram) 모형을 이용하여 모색하고자 한다. 또한 이를 통해 우리나라의 RPS도입이 전력수급계획에 미치는 영향을 살펴보고자 한다.

제안을 위해 GATE-PRO 모형을 이용하였다. 이 모형은 특정 목표연도에서의 최적 설비수분을 도출하는 정적 선형계획 모형으로서 계절 및 시간대별 부하를 이용한다. 또한 GATE-PRO 모형은 시간대별 부하 처리 및 다양한 제약조건 처리가 가능하고 입력자료 작성이 상대적으로 간편하다는 장점을 갖는다. 그러나 정적 선형계획 모형으로서 전원개발계획의 연구대상 기간 동안의 연도별 설비계획 도출을 도출하는 단점이 있다.

2.1.1 GATE-PRO 모형의 목적함수

특정목표 연도에서의 발전설비 운전비용과 신규 발전설비 투자비용의 합을 최소화시키는 최적 설비계획을 도출하는 GATE-PRO 모형의 목적함수는 다음과 같다.

$$Min \sum_{i=1}^I \sum_{y=1}^Y \sum_{t_y=1}^{48} C_i \tau_{i,t_y} x_{i,t_y} + \sum_{i=1}^I K_i (r + b_i) ADD_i PU_i$$

단, i 는 발전설비의 전원유형을 나타내며, y 는 계절을 나타내며, t_y 는 해당 계절 내 근무일(1~24) 및 비근무일(25~48)의 각 시간대를 나타낸다. τ_{i,t_y} 는 해당 계절 내 근무일수와 비근무일수를 나타낸다. C_i 는 i 전원유형 설비의 운전(평균 연료)비용(원/MWh)을 나타낸다. K_i 는 i 전원유형 설비 증설 시 소요되는 단위용량 당 투자비(원/MW), PU_i 는 i 전원유형 설비의 단위용량(kW), r 은 투자보수율(rate of return), b_i 는 i 전원유형 발전설비의 연간 고정비용을 의미한다. 또한 x_{i,t_y} , ADD_i 는 결정 변수로써 각각 i 전원유형 발전설비의 t_y 시간대 운전용량(MWh) 및 목표연도에서의 i 전원유형 발전설비의 신규 증설용량(MW)을 의미한다.

2.1.2 GATE-PRO 모형의 제약조건

안정적인 계통운영을 수행하기 위해서는 연중 최대부하가 발생하는 시점에서의 총 공급용량이 예비력을 포함한 최대 부하수요량보다 커야한다. 다음은 이러한 제약조건을 정식화한 것으로 총 발전설비용량의 합이 최대 부하수요에 필요예비력을 합한 값보다 커야함을 의미한다. 여기서 Peak는 최대 부하수요를 의미하고 RES는 계통의 필요예비력을 의미한다.

$$\sum_{i=1}^I ADD_i PU_i \geq Peak + RES$$

2.2 사례연구

최근 화석연료의 고갈 및 고유가 등의 문제에 대처하기 위하여 향후에는 정부에서 신재생에너지원의 개발 및 이용, 보급을 확대시켜 나갈 것이다. 본 연구에는 단일 모선제도의 시스템을 이용하여 사례연구를 시행하였다. 이를 위하여 기존 GATE-PRO의 입력자료에 기존전원 및

1. 서 론

현재 화석연료의 고갈 및 에너지 수입 해외의존도의 심화, 최근의 고유가 등의 문제에 대처하기 위하여 정부에서는 신재생에너지원의 개발 및 이용, 보급 확대를 위하여 많은 노력을 하였다. 그러나 신재생에너지 공급비중(발전량)은 2007년 1.2%로 선진국과 비교할 때, 보급 정도가 미흡하다. 현재 정부는 이러한 문제 해결을 위하여 2012년부터 RPS(Renewable Portfolio Standard)를 도입하여 신재생에너지전원의 비중을 설비용량의 5%(발전량의 7%)까지 확대하는 것을 목표로 하고 있다. 현재 국가에서는 신재생에너지원의 보급·확대를 위한 신재생에너지 발전차액지원제도를 지원하고 있으며 지원제도에 의하여 보급된 발전량이 증가하고 있으며, 지원금의 수준도 상승하고 있다. 이러한 추세가 지속된다면 발전차액지원에 대한 예산 부담은 커져갈 것이다. 따라서 본 연구에서는 가격규제가 아닌, 보급목표를 규제하여 시장에서 가격이 결정되는 RPS를 도입하였을 경우의 GATE-PRO 모형을 이용하여 신재생에너지를 고려한 설비계획 결과를 도출하며, 현 전력수급계획의 수립절차에 대한 상세한 고찰과 문제점 분석을 통해 우리나라의 RPS를 반영한 최적 전원구성비를 도출하기 위한 방안을 모색하고자 한다. 이를 통해 우리나라의 RPS도입이 전력수급계획에 미치는 영향을 살펴보고자 한다.

2. 본 론

2.1 GATE-PRO 모형의 개념

GATE-PRO 모형은 러시아 ESI에서 제안한 ORISE 수리기법을 적용하여 한국에너지경제연구원과 홍익대학교에 의해 프로그램으로 구현되었으며[2], 본 연구에서는 신재생에너지전원을 고려한 설비계획 방법론

신재생에너지전원을 추가하여 RPS도입이 전원구성에 미치는 영향에 대하여 분석하였다.

2.2.1 주요 입력자료

입력자료는 부하특성자료와 발전설비특성자료로 나눌 수 있으며 발전설비특성자료에는 전원유형별 기존 발전설비용량, 단위용량당 투자비, 고정비율, 운전(평균연료)비, 가동률 및 고장정지율 등이 포함된다. 기존전원은 수력(HPP), 양수(PSPP), 화력(CPP) 및 원자력(NPP)으로 구분하며, 화력 발전설비는 석탄화력(COAL), 석유화력(OIL), LNG복합(GAS CC) 발전설비로 구분할 수 있다.

신재생에너지전원은 현재 11가지 신재생에너지전원 중 5개의 전원을 고려하였으며, 3차 전력수급기본계획에 신재생에너지 중 소수력은 수력에 포함되어 고려하였으나, 본 연구에서는 소수력, 양수, 수력을 나누어 소수력만 신재생에너지전원으로 고려하였다. 기존전원의 자료는 3차 수급계획의 자료를 이용하였으며, 신재생에너지의 입력자료는 한국전기연구원에서 연구한 지표산정 결과를 이용하였다. 신재생에너지의 고정비율은 자본회수계수, 법인세율, 운전유지비율을 합한 값을 의미하며, 건설비에 이 비율을 곱하여 연간 회수되어야 하는 고정비를 계산한다.

(단위 : MW)

TYPE-1	현재 설비용량	TYPE-2	현재 설비용량
HPP	1,529	SOLAR	8
LNG	17,437	WIND	164
OIL	4,686	LFG	101
COAL	18,465	FUEL CELL	0.27
NUKE	17,716	HYDRAULIC	45
PSPP	3,900		

제3차 전력수급계획에는 2010년 및 2020년의 전원별 적정 구성비가 주어져 있다. RPS도입에 따른 전원구성비의 변화를 분석하기 위해 제3차 전력수급계획에 제시된 기존전원의 적정 구성비를 반영하여, 2020년 전원별 최대 발전설비용량을 제한하였다.

단위	HPP	LNG	OIL	COAL	NUKE	PSPP
MW	2,389	24,149	2,325	26,420	27,316	4,700

기존전원의 건설비용은 2008년 발전설비현황의 데이터를 GATE-PRP 모형에 입력자료로 사용하였다.

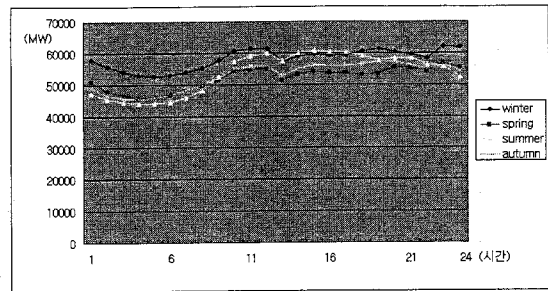
단위	HPP	LNG	OIL	COAL	NUKE	PSPP
천원/MW	332,574	134,888	409,115	497,132	942,000	207,340

신재생에너지전원은 5가지로 한정하였으며, 현재 신재생에너지의 전체 설비용량에 차지하는 비중을 고려하여 2020년 신재생에너지전원의 설비용량을 비율적으로 계산하여 제한하였다.

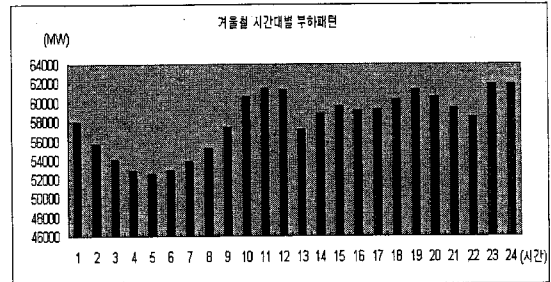
단위	Solar	Wind	LFG	Fuel cell	Hydraulic
MW	8	164	101	0.27	45

부하특성자료에는 목표연도의 계절별 시간대별 부하량이 포함되며, 미래예측 자료인 목표연도의 계절별 시간대별 부하량을 도출하기 위해 목표연도의 부하패턴은 특정연도(2006년)의 시간대별 부하패턴과 동일함을 가정하였다.

전력수요에 대한 미래 예측자료는 2020년을 대상으로 적용하였으며, 미래 예측자료는 연간 전력수요/최대전력치의 계절별 부하특성 자료를 이용하여 산정하였다. 미래 예측자료는 제3차 전력수급기본계획을 토대로 작성하였으며 최대전력은 수요관리 후의 값을 적용하였다.[11]



특정 목표연도의 부하패턴은 2006년의 부하패턴을 유지한다고 가정하였다. 다음은 겨울철 시간대별 부하패턴이며, 4계절의 부하패턴에 대하여 신재생에너지전원은 첨두부하의 10%의 발전량을 담당하는 것으로 가정하였다.



또한 기존전원과 신재생에너지전원의 부하당량비중을 고려하였으며, 1년을 4계절로 구분하고 각 계절의 주중과 주말 대표일의 시간대별 부하를 GATE-PRO 모형 입력자료로써 사용하였다.

계절 \ 일	주중	주말
SPRING	63	28
SUMMER	60	30
AUTUMN	62	30
WINTER	64	28

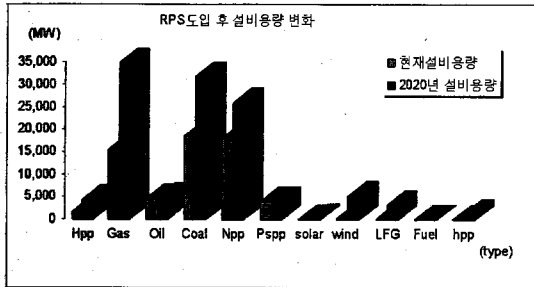
2.2.2 사례연구결과

본 연구는 2006년을 기준으로 2020년의 설비계획을 수행하였으며, 우리나라에 2012년 RPS도입이 될 경우의 설비계획결과를 제 3차 전력수급계획의 설비계획과 비교할 수 있도록 한다. 2020년의 신재생에너지 비율이 전체 발전량의 10%일 때를 가정한 경우이다. GATE-PRO 모형으로 도출한 결과는 다음과 같다.

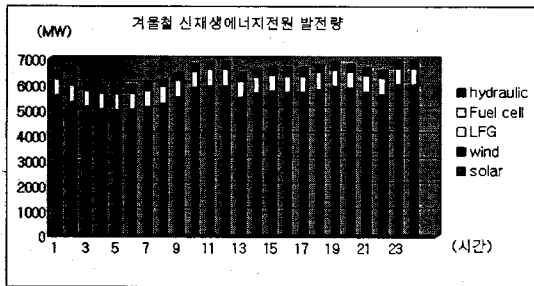
(단위 : MW)

TYPE-1	2020년 총 설비용량	TYPE-2	2020년 총 설비용량
HPP	4,396	SOLAR	248
LNG	34,861	WIND	5,158
OIL	4,686	LFG	3,175
COAL	31,792	FUEL CELL	8
NUKE	25,928	HYDRAULIC	1,416
PSPP	3,900		

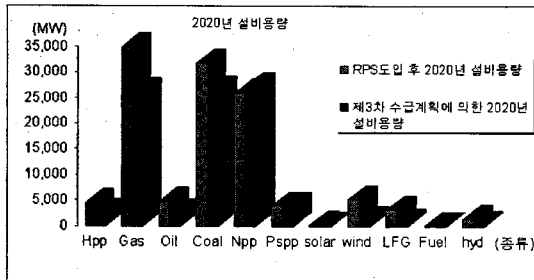
다음 그림은 RPS도입에 따른 설비용량의 변화를 나타내며, 전체적인 설비용량의 증가가 나타남을 알 수 있다. LNG 복합발전 설비의 경우 건설비가 저렴하고, 연료비가 비싸기 때문에 제3차 전력수급계획의 설비용량보다 첨두부하발전설비로서 증설이 크게 발생하고 이를 통해 계통의 예비력을 확보할 수 있다. 석탄 및 원자력 발전설비의 경우, 건설비는 비싸지만 연료비가 저렴하여 기저부하를 담당하는 설비로서 설비용량의 증가폭이 큰 것을 확인할 수 있다.



다음 그림은 신재생에너지 의무비율할당제(RPS)를 고려한 설비계획 도출 시, 배출권가격이 각 전원유형별 설비용량에 미치는 영향을 분석하고자 사례연구에서 적용한 발전량은 신재생에너지전원이 최대수요와 최대수요 10% 하한값 까지 담당한다는 가정 하에, 신재생에너지 전원 설비용량이 100%이라 가정하여, 2020년도의 각 전원의 발전량을 예상하였다.



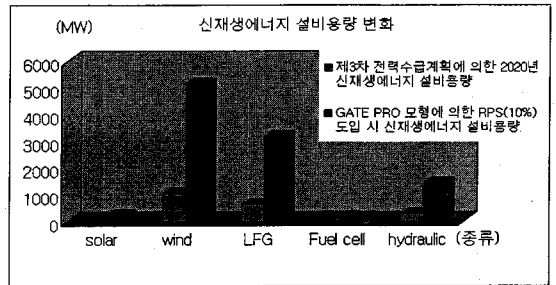
제3차 전력수급계획에 의한 전원별 예상설비용량과 RPS 도입을 고려하여 GATE-PRO 모형에 적용한 2020년 각 전원별 설비용량을 비교하였다. LNG복합발전과 석탄화력 발전의 경우에는 건설비가 저렴하고, 연료비가 저렴하여서 철두부하발전설비로서 증설이 발생하고, 건설비가 비싼 원자력 발전설비는 GATE-PRO 모형결과에서 전력수급계획보다 증가량이 감소한다.



다음은 GATE-PRO 모형에 총 발전량의 10%를 신재생에너지 의무할당제의 의무량으로 정하였을 때, 제 3차 수급계획에 의한 신재생에너지 설비용량과 GATE-PRO 모형에 의해 2020년도 신재생에너지의 설비용량의 변화를 나타낸 것이다. 발전단가가 다른 신재생에너지원에 비해 저렴한 풍력, LFG 및 소수력 발전설비의 증설용량이 증가되었다. 반면 태양광, 연료전지 발전설비는 발전단가가 비싸기 때문에 발전설비의 증설용량의 증가폭이 다른 에너지원에 비해 상대적으로 적음을 알 수 있다.

3. 결 론

본 연구에서는 가격규제가 아닌, 보급목표를 규제하여 시장에서 가격이 결정되는 RPS를 도입하였을 경우의 GATE-PRO 모형을 이용하여 신재생에너지 의무할당제를 고려한 설비계획 결과를 도출하였으며, 현 전력수급



계획의 수립절차에 대한 상세한 고찰과 비교 분석을 통해 우리나라의 RPS를 반영한 최적 전원구성비를 도출하기 위한 방안을 모색하였다. 이를 통해 우리나라의 RPS도입이 전력수급계획에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다.

하지만 GATE-PRO 모형은 동적계획법을 이용하는 WASP 모형과는 달리 선형계획법을 이용하여 연도별 발전설비계획을 도출할 수가 없다.[2] 따라서 연도별 설비계획을 도출할 수 있도록 모형의 개선이 필요하다. 또한 기존의 GATE-RPO 모형에 RPS 도입을 통한 신재생에너지의 발전단가에 따른 증설설비용량은 발전단가가 저렴한 신재생에너지원의 발전설비용량의 증대로 인하여 비균형적인 전원구성이 될 수 있으며, 향후 연구에서는 각 신재생에너지원의 특성을 고려한 가중계수를 고려하여, 균형적인 신재생에너지전원계획을 수립해야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 산업자원부, "신·재생에너지 발전차액지원제도 개선 및 RPS제도와 연계방안", 2006.03
- [2] 신혜경, "배출권거래와 공급신뢰도(LOLP)를 고려한 설비 계획 방법론 개발에 관한 연구", 2007
- [3] 장한수 외 2인, "신·재생에너지 RPS 국내 도입시 고려사항에 관한 연구", 에너지공학, 14권 2호, 2005
- [4] 산업자원부, "제3차 전력수급기본계획(2006~2020년)", 2006.12
- [5] 김유진, "국내 신·재생전원 보급지원제도의 평가 및 개선 방향", 2008
- [6] 에너지관리공단, "2006년 신·재생에너지통계", 2007
- [7] 한국전력거래소, "2008년 발전설비현황", 2008
- [8] 국무총리실, "제1차 국가에너지기본계획(2008~2030)", 2008.8
- [9] 산업자원부, "동북아 전력계통연계를 위한 기반구축연구(1)", 2005.11
- [10] 김영창, "발전설비 투자이론", 예경 M&B, 2006.7
- [11] 한국전력거래소, "탄소가격을 반영한 전력수급계획의 최적화 및 전력시장을 고려한 배출권거래제도 연구", 2007.12