

신규발전설비 평가시 공급신뢰도지수 활용방안에 관한 연구

이승현 김종혁 한석만 정구형 김발호
홍익대학교

A study on the utilization of the supply reliability index applicable to the generation resource expansion

Seung-hyun Lee, Jung-hyuk Kim, Seok-Man Han, Koo-Hyung Chung, Balho Kim
Hong-ik University

Abstract - 현재 전력수급기본계획은 경쟁적 전력시장 출범에 따라, 시장기능 중심의 개념으로 전환되어, 사업자의 건설의향을 토대로 수립한다. 설비 과잉시 각 사업자별 건설의향 발전설비는 다양한 계량지표와 비계량지표로써 평가하게 되며, 이를 바탕으로 평가순위를 매겨 전력수급기본계획이 수립되게 된다. 하지만, 공급신뢰도측면에서 각 건설의향 발전설비의 가치는 시스템 전체별, 각 지역별, 연계지역별로 달라진다. 본 논문에서는 신규발전설비 평가시 공급신뢰도지수를 활용하는 방안 에 대해 제안하고자 한다.

1. 서 론

전기 에너지는 비저장성, 필수적 공공재의 특징 및 공급중단으로 인한 사회적 영향을 고려할 경우 높은 공급신뢰도가 요구된다. 최근 들어 신규 설비 투자계획이 감소하는 추세를 보이면서 지역간 수급 불균형문제와 관련한 수도권 수급(지역별 차등), 전원 Mix, 적정 예비력과 관련한 설비 과잉/과소 논란 등이 수급계획 관련 현안으로 부각되고 있다. 설비 과잉시 발전사업자의 건설의향은 계획에 모두 반영하는 것이 시장원리 상 바람직하나 근본적으로 시장에서 적절한 투자신호가 제공되도록 제도 정비가 필요하다. 시장제도가 도입되지 않은 상태에서, 지나치게 과다한 건설의향시, 신규발전설비에 대해 평가하여 적정 설비용량까지 반영함으로써 적정 예비력과 관련한 설비과잉논란에 대해 해결하고자 한다. 현 전력시장에서는 발전비용과 송전비용을 포함하는 계량지표와 주민수용성, 사업진척도, 정책성을 포함하는 비계량지표를 통하여 신규발전설비를 결정하게 된다. 본 연구에서는 비계량지표에 공급신뢰도지수를 활용한 건설의향 평가기준안을 추가하여 보다 다양한 평가요소를 반영함으로써 발전사업자의 건설의향발전설비를 평가하고자 한다.

2. 본 론

2.1 연구방법

지역적 특성, 발전기타입별로 신규발전설비는 시스템 전체별, 투입되는 지역별, 연계계통 지역별로 공급신뢰도(LOLP) 측면에서 계통의 기여도가 다르다. 본 장에서는 LOLP를 고려하여 신규발전설비를 평가함으로써 기존의 평가방법을 개선하고자 한다.

2.1.1 일반적인 신규설비 평가기준

기존의 신규발전설비의 평가기준은 다음의 <표 1>과 같다. 계량지표와 비계량지표를 이용한 평가기준에 의해 득점순을 원칙으로 하여 평가순위에 따라 지역별, 전원별로 신규발전설비를 결정하게 된다.

<표 1> 신규발전설비 평가기준

구분	평가지표	세부내용	평가기준	가중치
계량지표	송전비용	계통접속비용 계통보강비용	비용의 전체합	8
	발전비용	발전소건설비 운전비용		
비계량지표	주민수용성	지역희망정도	유치희망 및 지역발전	20
		사업진척도	발전소 부지확보	확보정도
	사업진척도		계통연계 설비확보	확보정도
		사업진척도	사전준비정도	건설타당성 환경영향평가
	정책성		노후설비폐지	대체건설사업
		정책성	사업지연억제	사업지연정도
	정책성		민간기업 진입촉진	민간추진사업

2.1.1 제안하는 신규설비 평가기준

일반적인 신규설비 평가기준 하에 비계량지표로써 공급신뢰도지수를 활용한 평가항목을 추가한다. 따라서 <표 1>의 평가항목에 대한 가중치는 변화한다. 이는 <표 2>와 같다.

<표 2> 제안된 신규발전설비 평가기준

구분	평가지표	세부내용	평가기준	가중치
비계량지표	주민수용성	지역희망정도	유치희망 및 지역발전	15
		사업진척도	발전소 부지확보	확보정도
	사업진척도		계통연계 설비확보	확보정도
		사업진척도	사전준비정도	건설타당성 환경영향평가
	정책성		노후설비폐지	대체건설사업
		정책성	사업지연억제	사업지연정도
	정책성		민간기업 진입촉진	민간추진사업
		계통기여도	LOLP개선율	LOLP개선 기여도

2.1.3 공급신뢰도지수를 활용한 연구방법

계통기여도는 시스템전체별(Global-LOLP), 투입된 지역별(Self-LOLP), 연계계통 지역별(Another-LOLP) LOLP개선률을 이용하여 나타나며 각 LOLP는 다음과 같이 정의한다.

Global-LOLP : 시스템 전체 LOLP (1)

Self-LOLP : 발전설비투입지역 LOLP (2)

Another-LOLP : 발전설비투입지역과 연계된 지역 LOLP (3)

신규발전설비대안들의 상대적인 계통기여도를 알 수 있는 공급신뢰도지수를 활용한 LOLP개선률은 다음과 같이 정의한다.

개선률= (4)

: 기존설비를 고려한 LOLP (5)

: 기존설비와 신규설비를 고려한 LOLP (6)

위에서 정의한 각 LOLP를 대상으로 신규설비 투입 전과 후의 LOLP를 이용하여 LOLP개선률을 계산하게 된다. 또한 식(1)의 LOLP개선률 계산식(5),(6)에서 정의된 개념을 이용한다. 하지만 식(2),(3)은 연계계통에서 공급신뢰도를 평가하는 방법인 등가전원법을 이용하여 계산한다. 또한 식(5),(6)도 등가전원법을 이용하여 계산한다.

등가전원법이란 신규설비가 투입되는 지역과 연계된 계통의 예비력을 선로용량만큼 별도의 발전기로 취급하는 방법으로 공급받는 계통입장에서 동일한 가상전원으로 취급하여 LOLP를 구하는 기법이다. 등가전원법의 계산절차는 다음과 같다.

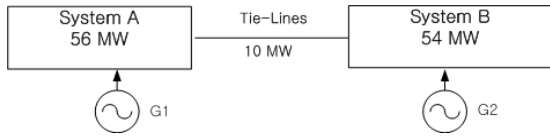
- 단계 1 : 각 지역의 예비력을 계산
- 단계 2 : 연계선로를 통해 공급가능한 전력량을 계산
- 단계 3 : 공급가능한 전력량과 연계선로의 고장정지율(FOR)을 고려하여 타 계통을 등가전원으로 대체
- 단계 4 : 계통의 전원과 연계계통을 대체한 등가전원으로 공급신뢰도지수 계산

위와 같이 계산된 각 LOLP개선률을 통하여 신규발전설비를 평가하게 된다. 신규설비평가기준은 계산된 각 LOLP개선률에 가중치를 부여하여 계산된 값이 설비에 가산점을 부여한다.

2.2 사례연구

다음에 보이는 사례계통에서 각 지역별로 신규발전설비가 건설의향을 제출하였을 경우 공급신뢰도지수를 활용하여 개선된 평가방안과 기존의 평가방안을 비교 분석하고자 한다. 사례연구계통은 다음과 같다.

<그림 1> 사례 시스템



2.2.1 각 신규발전설비 데이터

기존의 계통 데이터는 <표 3>과 같으며, <표 3>는 공급신뢰도지수로써 LOLP (Load of Loss Probability)를 구하기 위해 각 지역의 설비용량과 부하 그리고 고장정지율(FOR(Forced Outage Rate)만을 고려한다. <표 4>는 건설의향을 제출한 신규발전설비 데이터로써 각 지역별 신규발전설비의 설비용량 및 FOR을 나타낸다.

<표 3> 기존계통 데이터

계통	발전기	설비용량	고장정지율	부하
지역 1	A	20	0.02	35000
	C	33	0.02	
	D	3	0.02	
지역 2	B	20	0.02	40000
	E	10	0.02	
	F	40	0.02	
연계선로계통	연계계통	연계선로수	연계선로용량	
지역 1	지역 2	1	10	

<표 4> 신규발전설비 데이터

투입계통	발전기	설비용량	고장정지율
지역 1	G1	13	0.04
지역 2	G2	12	0.03

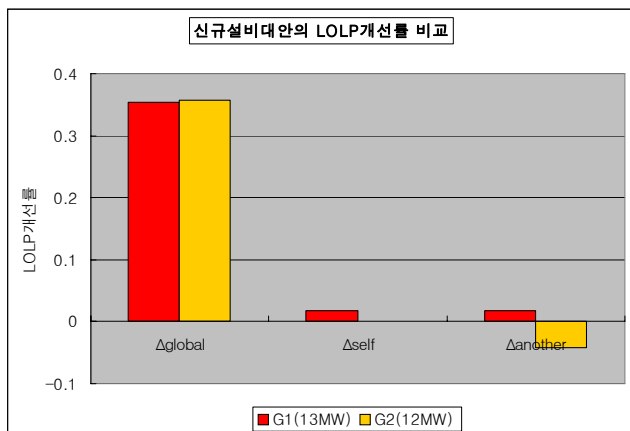
2.2.2 공급신뢰도 지수별 결과

<표 5>에 Base(G), Base(S), Base(A)는 기존발전설비만을 고려한 G-LOLP와 S-LOLP, A-LOLP를 나타내며, ΔGlobal, ΔSelf, ΔAnother는 기존설비와 신규설비를 고려한 각 LOLP와 기존설비만을 고려한 각 LOLP간의 LOLP개선률을 식(4)을 이용하여 나타낸 것이다. <표 5>의 각 LOLP개선률을 바탕으로 하여 신규설비대안을 그래프로 표현한 것으로 <그림 2>과 같다.

<표 5> 신규설비 투입 후 각 LOLP개선률

	Base(G)	Δglobal	Base(S)	Δself	Base(A)	Δanother
G1(13MW)	0.003089	0.353344	0.20392	0.017369	0.0396	0.01755
G2(12MW)	0.003084	0.357024	0.0396	0	0.020392	-0.04222

<그림 2> 각 LOLP개선정도



<그림 2>은 대안별 G-LOLP개선률, S-LOLP개선률, A-LOLP개선률을 보여준다. G2설비의 경우 A-LOLP에서 식(4)을 이용하여 나타낸 것이다. <표 5>의 각 LOLP개선률을 바탕으로 하여 신규설비대안을 그래프로 표현한 것으로 <그림 2>과 같다.

<표 6> 가중치를 고려한 각 LOLP개선률 환산

	가중치	G1(13MW)	G2(12MW)
Global	3	1.0600305	1.07107137
Self	4	0.06947616	0
Another	3	0.05264988	-0.12666186
	평가점수	1.18215654	0.94440951
	환산점수	10	7.99

<표 6>은 각 LOLP개선률별로 가중치를 부여하여 평가점수를 계산한 결과이며, 대안 중 평가점수가 가장 높은 대안을 10점으로 환산하여 다른 대안을 계산한 결과이다. G1발전기는 10점, G2발전기는 8점으로 환산한 결과이다. 이를 최종평가방법인 계량지표와 비계량지표의 다른 항목들과 함께 신규발전설비를 평가하여 순위를 결정한다.

<표 7> 최종 평가방법을 통한 신규발전설비의 평가순위

기존의 평가방법						
비계량지표	주요수용성	G1(13MW)	G2(12MW)	가중치	환산점수(G1)	환산점수(G2)
		7	8	20	140	160
	사업신뢰도	7	6	25	175	150
	정확성	7	9	55	385	495
					700	805
					⓪	⓪
제안하는 평가방법						
비계량지표	주요수용성	G1(13MW)	G2(12MW)	가중치	환산점수(G1)	환산점수(G2)
		7	8	15	105	120
	사업신뢰도	7	6	25	175	150
	정확성	7	9	25	175	225
	공급신뢰도	10	8	35	350	280
					805	775
					⓪	⓪

<표 7>은 기존의 평가방법과 제안한 평가방법을 비교한 것이다. 기존의 평가방법을 이용한 대안에서는 G2발전기가 신규발전설비를 결정된다. 하지만 제안된 평가방법을 통하여 결정된 대안은 G1발전기이다. 제안된 평가방법은 각 발전설비별로 투입되는 지역, 타입에 따라 계통에 기여하는 정도가 달라진다는 결과를 보여준다.

3. 결론

본 연구에서는 신규발전설비를 평가시 공급신뢰도지수를 활용하는 방안에 대해 제안하였다. 다양한 발전기 타입별, 지역적 특성에 따라 신규발전설비는 공급신뢰도측면에서 계통에 기여하는 정도가 달라진다. 이를 통해 기존의 평가방법을 개선·보완하기 위해 계통기여도(LOLP개선률)를 평가항목으로써 이용하였다.

사례연구에서는 발전비용과 송전비용을 포함하는 계량지표를 제외한 비계량지표를 이용하여 신규발전설비를 평가하였다. 하지만, 계량지표를 포함하였을 경우, 기존의 평가방법과 제안된 평가방법을 이용한 평가순위가 달라질 수 있는지, 즉 경제성을 고려하였을 경우, 제안된 평가방법을 통한 평가순위가 달라질 수 있는가 하는 문제는 향후 연구가 필요할 것이다.

감사의 글

본 연구는 교육인적자원부에서 시행하는 BK21(2차) 사업(과제명 : 신 에너지원 개발 및 전력시스템 연계 기술 연구팀)의 지원에 의해 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] Roy Billinton, Ronald N Allan, Reliability Evaluation of Power Systems, PLENUM press, New York and London, 1984
- [2] Roy Billinton, Ronald N Allan, Reliability Evaluation of Engineering Systems, PLENUM press, New York and London, 1983
- [3] Daniel Kirschen, Goran Strbac, Fundamentals of power system economics, John Wiley & Sons, Ltd, 2004
- [4] Ronald L.Rardin, Optimization in operations research, Prentice-Hall International, Inc, 1998
- [5] Roy Billinton, Wenyan Li, Reliability assessment of electric power systems using monte carlo methods, PLENUM PRESS · New York and London, 1994[3]
- [6] Roy Billinton, Robert J.Ringlee, Allen J.Wood, Power-system Reliability calculations, The MIT press, 1973
- [7] Fred I.Denny, David E.Dismukes, Power system operations and electricity markets, CRC press, 2002