

한국 전력 시스템의 적정 설비 예비율에 대한 연구
: 프로젝트 리뷰

노준우, 김문겸, 오창석, 천이경, 박종근
서울대학교 전기, 컴퓨터 공학부 전력 경제 연구실

The Investigation of the Adequate Reserve Margin in the Korean Power System
: A Project Review

Jun-Woo Noh, Mun-Kyeom Kim, Chang-Seok Oh, Yi-Kyung Chyun and Jong-Kuen Park
School of Electrical Engineering and Computer Science Seoul National University

Abstract - 본 논문의 목표는 한국 전력에서 의뢰한 용량 과제를 리뷰하기 위한 것이다. 한국 전력은 현재 책정된 용량 가격(CP)을 최적화하려고 한다. 이러한 과정에서 한국 전력과 발전사들 간에 논란이 있었다. 우리 연구팀은 중립적인 입장에서 한국 계통의 안정성에 초점을 맞추어 연구를 진행하였다.

본 리뷰에서 다른 내용은 한국 계통의 적정 설비 예비율을 구하기 위해, Loss of Load Probability-이하 LOLP를 산출하는 과정을 시뮬레이션을 통해 보여주는 것이다. 더 정확한 결과를 산출하기 위해 2007년 실제 부하 및 설비 용량 자료가 사용되었다.

또한 본 연구에서 진행된 여러 가지 과제 수행 단계 중, 본 논문은 2번째 단계인 적정 설비 예비율을 12~15%로 하향시킬 가능성을 찾는 연구를 설명한다. 한국 전력 계통의 안정성 모델을 만들고, 그 모델을 사용하여 기존 LOLP에 맞는 적정 설비 예비율을 찾는다.

1. 서 론

2008년, 원자재 가격 상승과 유가 상승은 국제 경제의 뜨거운 이슈이다. 이것은 또한 화석 연료가 국내 전력 생산의 60%를 차지하고 있기 때문에, 한국 전력 시장의 가격 변동에 큰 영향을 주고 있다. 이런 추세에 발맞춰 근래 원자력 에너지와 신재생 에너지가 각광을 받고 있는 것이 현실이다.

한국 전력은 현재 책정된 용량 가격이 적절한 수준인지를 재검토하려 한다. 현재 국내 기준 설비 용량 예비율은 15~17%이다. 따라서 우리 연구팀은 중립적인 입장에서 한국 전력 계통이 안정적으로 운영할 수 있는 적정 설비 예비율을 구하고, 그에 따른 용량가격, 또한 관련된 완화계수 등을 연구하였다. 본 논문에서는 과제를 수행하기 위해서 진행한 연구에서 2번째 단계인 적정 설비 예비율을 12~15%로 하향할 수 있는 가능성을 살펴보는 연구를 다루었다.

본론에서 다른 첫 번째 내용은 한국 전력 시장은 어떤 발전사들로 이루어져 있는지, 그리고 설비 예비 용량을 산정하기 위해 어떤 모델을 사용하는 지를 간략하게 설명하면서, 본 연구에서 진행한 LOLP를 사용한 설비 예비율 산출 방법의 타당성을 보여주는 것이다. 두 번째로 한국 계통의 안정성을 측정하기 위해 안정성 모델을 만들고, 그 모델을 바탕으로 LOLP를 구하는 시뮬레이션을 수행하였다. 보다 정확한 데이터를 얻기 위해 2007년 실제 부하와 설비 용량 데이터가 사용되었으며, 보다 실제 발전기 운용 측면에 가깝게 접근하기 위해 발전기 정비

계획 자료가 사용되었다.

2. 본 론

2.1 한국 전력 시장의 전형적인 순환 구조

2.1.1 한국 전력 시장에서 발전사들 간의 관계

참고 논문 [3]에서 설명된 바와 같이 한국 발전사는 크게 3가지 구조로 구성되어 있다. 첫 번째로 한국 수력 원자력 공사가 주관하는 원자력 발전소가 있고, 두 번째로 5개의 화석연료 발전회사가 있다. 마지막으로 민간 발전 회사가 있는데, 한국 전력 시장의 구조상 3종류의 회사는 표 1과 같은 특징을 가지고 있다.

원자력 발전소와 5개의 화석 연료 발전회사는 한국 정부의 규제 하에 발전소를 운영하고 있다. 표 1에서 보인 바와 같이 화석 연료 발전회사는 수익금이 7%로 고정되어 있고, 원자력 발전소는 정부의 정책으로 운영이 되고 있다. 또한 원자력과 석탄과 같은 화석발전은 국내 기저발전을 담당하고 있기 때문에 발전소 가동률이 높은 편이다.

그러나 민간 발전 회사는 정부의 규제를 받지 않는 편이며, 10%의 수익을 목표로 운영이 되고 있다. 발전소의 종류는 기저보다는 중간, 첨두 발전을 담당하는 복합 발전소의 비중이 높기 때문에 용량가격이 수입원의 큰 비중을 차지할 수밖에 없다.

2.1.2 모델 개관

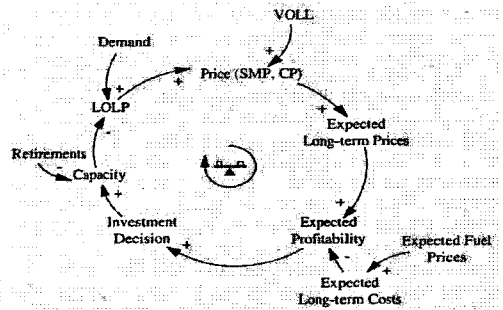


그림 1 한국 전력 시장의 전형적인 순환 구조

그림 1은 한국 전력 시장의 전형적인 순환 구조이다. 이것은 Bunn과 Larsen(1992)[1]이 제시한 모델로서,

발전회사	원자력 발전소	화석 연료 발전소	민간 발전소
목표	정부의 정책에 따름	현재 시장 유지 (정부 규제)	성장파 이익
이익회수율	N/A	7%	10%

표 1 발전사들의 투자 구조 : 인터뷰 결과

LOLP를 기반으로 하여 장기 발전 계획에 있어서 가격을 산정하는 것을 보여주고 있다.[2]

본 과제는 그림 1의 순환구조에서 용량에서 LOLP를 산출하고 그것에 따른 가격을 산출하는 방안을 제시하는 것을 연구하였다. 본 논문에서는 국내에서 사용하는 LOLP 값을 0.5 일/년으로 기준을 잡고, 설비 예비율을 측정하는 방식으로 진행을 하였다.

2.2 LOLP 연구

일반적으로 계통의 안정성을 구하는 문제에서 사용하는 간략화한 모델은 다음과 같이 만들 수 있다. 그림 2는 설비예비용량의 안정성을 파악하기 위한 모델이며, 그림 3은 계통을 간략화 시키기 위한 모델이다. 실제 계통은 부하와 발전기가 복잡한 형태로 연결되어 있지만, 전체적인 안정성을 측정하는 모델은 발전기들은 하나의 발전기로 묶고, 부하는 하나의 부하로 묶어서 그림 3처럼 단순한 형태로 표현한다. 또한 그림 2와 같이 발전기 모델에서 부하모델을 차감한 값으로 새로운 위험 모델을 만들어 LOLP를 산출한다. 여기서 송전선제약은 고려하지 않는 것으로 한다.

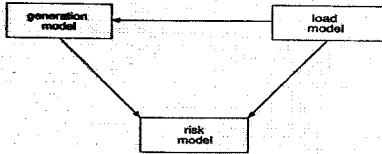


그림 2 안정성을 측정하기 위한 모델

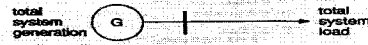


그림 3 계통을 간략화 하는 모델

2.3 시뮬레이션

2.3.1 발전기 모델

발전기 모델을 만들기 위해, 본 연구에서는 MatLAB 소프트웨어를 사용하였다. 발전기 모델이란 하루 동안 가용한 발전기들의 조합을 산출하고, 각각의 조합에 따른 고장 정지 확률을 구하는 것에서 시작한다. 예를 들면, 그림 4와 같이 발전기의 조합이 9160MW의 전력을 생산할 때, 이 전력을 생산하지 못할 확률이 2.53%라는 의미이다. 이것은 발전기의 고장정지율(Forced Outage Rate)에 근거한 것이며, Recursive Algorithm을 적용하였다.[5]

Variable Editor - ans		
ans <67952x2 double>		
	1	2
8925	9156	0.0254
8926	9157	0.0254
8927	9158	0.0254
8928	9159	0.0253
8929	9160	0.0253
8930	9161	0.0253
8931	9162	0.0253
8932	9163	0.0253
8933	9164	0.0253
8934	9165	0.0253
8935	9166	0.0252
8936	9167	0.0252
8937	9168	0.0252
8938	9169	0.0252

그림 4 발전기 모델

2.3.2 침투부하 모델과 위험 모델

시뮬레이션을 수행한 365일 중 233일의 예를 제시하였다. 233일의 침투부하는 59192MW이었다. 침투부하에 소내소비율(4.3%)을 적용하여 이 날 침투부하는 62389MW가 되었다. 233일의 설비용량은 68425MW이다. 즉 다음과 같이 설비 예비 용량은 두 값의 차가 된다.

$$68425\text{MW} - 62389\text{MW} = 6036\text{MW}$$

그림 5를 참조하면, 이 날 발전기 모델에서 전력을 공급하지 못할 확률은 6036MW의 확률부분에서 찾을 수 있다.

5800	6031	0.1427
5801	6032	0.1426
5802	6033	0.1426
5803	6034	0.1426
5804	6035	0.1425
5805	6036	0.1424
5806	6037	0.1424
5807	6038	0.1424
5808	6039	0.1423
5809	6040	0.1422

그림 5 233일의 발전기 모델

233째 날의 계통의 고장 확률은 14.24%이다. 이것은 간략화 한 모델에서 계통에 전력을 전달할 수 없는 확률이 14.24%가 된다는 것을 의미한다.

2.3.3 LOLP를 365일 합산

위와 같은 방법으로 일 별 계통의 고장 확률(LOLPt)을 365일 모두 더하면 1년 간 계통의 LOLP를 구할 수 있다.

$$\text{LOLP (일/년)} = \sum_{t=1}^{365} \text{일별 LOLP}_t$$

설비예비율과 LOLP와의 관계를 알아보기 위해 현재 부하패턴을 유지한 채 설비예비율을 조정하면서 LOLP를 산출하였다. 결과는 그림 6과 같다.

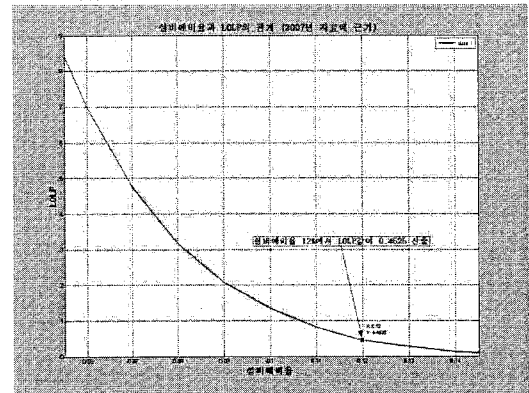


그림 6 설비예비율과 LOLP와의 관계

본 시뮬레이션에서 설비 예비율이 12%일 때 LOLP가 0.4526일/년이 산출됨을 알 수 있었다. 한국 적정 LOLP 기준이 0.5일/년임을 감안할 때, 적정 설비 예비율은 약 12% 정도가 적절함을 확인할 수 있었다.

3. 결 론

적당한 설비 예비력을 결정하는 것은 계통의 안정성 뿐만 아니라 경제에도 바람직한 영향을 끼친다. 그러므로 너무 높지도 작지도 않은 적절한 값이 선정되어야 하는 것이다. 본문에서 다룬 내용은 이번 용량과제에서 적정 설비 예비율을 계통의 안정성 측면에서 산출하는 단계를 설명하였다. 그리고 이것은 적정 용량 가격을 구하는 연구단계의 밑바탕이 될 것이다.

결론은 한국 계통에서 권장하는 수준의 안정성을 지니기 위한 적정 설비 예비율은 약 12% 정도이다. 여기서 한국 계통에서 권장하는 수준은 LOLP가 0.5일/년임을 의미한다. 그리고 기타 부가적인 요소가 더 추가된다고 하더라도 종래 사용하였던 설비 예비율(15~17%)까지 적정 설비 예비율이 증가하는 것은 어렵게 보인다.

본 연구는 지식경제부의 지원에 의하여 기초전력연구원 주관으로 수행된 과제로서 관계기관에 감사드립니다.

[참 고 문 헌]

- [1] Bunn, D. W., Larsen, E.R., 1992. Sensitivity of reserve margin to factors influencing investment behavior in the electricity market of England and wales. *Energy Policy*, 420-429.
- [2] Olsina, F., Garcés, F., Haubrich, H.-J., 2006. Modeling long-term dynamics of electricity markets. *Energy Policy* 34, 1411-1433.
- [3] Jung-Yeon Park, Nam-Sung Ahn, Yong-Beum Yoon, Kyung-Ho Koh, Derek W. Bunn, 2007. Investment incentives in the Korean electricity market. *Energy Policy* 35, 5819-5828.
- [4] *IEEE Standard Definitions For Use in Reporting Electric Generations Unit Reliability of Probability Methods Subcommittee*, *IEEE Transactions*, PAS-91(1972), pp762-1980
- [5] Billinton, R., *Power System Reliability Evaluation*, Gordon and Breach, New York(1970)