

전력 시장에서의 선도계약의 시장지배력에 대한 영향 연구

유태현, 김도한, 김유창, 박종근
서울대학교

Research of future contract to market power in electricity market

Yoo Tae Hyun, Kim Do Han, Kim You Chang, Park Jong Keun
Seoul National University

Abstract - 세계 전력 시장의 흐름은 기존의 수직 통합적 구조를 벗어나 발전, 송전, 배전, 판매가 나누어진 형태로 변화하고 있다. 이에 따라 전력 거래에 있어서도 시장지배력에 대한 문제가 발생 됨에 따라 이에 대한 연구가 이루어 지고 있다. 전력 시장에서는 송전 계약으로 인하여 자유로운 거래가 이루어 지지 않고, 따라서 통상적으로 시장지배력을 완화시킬 수 있는 수단으로 여겨졌던 시장 계약이 되려 시장지배력을 강화시킬 수도 있게 되었다. 이에 대한 2모선에서의 해석적 증명은 이미 이루어졌으며 이 논문에서는 일반화를 위해 3모선에서의 영향을 MATLAB 이라는 툴을 이용하여 시뮬레이션을 하여 접근한다. 송전 계약 상황에서 3모선에서의 강제적 선도계약 참여와 발전회사의 선별적 선도계약 참여에 대하여 시뮬레이션을 하고 있다.

1. 서 론

세계 전력 시장은 발전, 송전, 배전, 판매가 모두 합쳐진 독점적 형태에서 시장 경쟁을 도입하기 위해 위의 4가지를 나누어 세분화 하고 있는 추세이다. 변화의 과정 속에서 전력 시장에도 기존의 거래 방식에서 벗어나 전력도 일반 상품처럼 선도, 선물 계약을 통해 거래되는 형태를 나타내고 있다. 발전 회사들이 전력 시장에 입찰을 하고 거래하는 구조가 형성된 것이다. 이러한 구조 속에서 기존의 상품들에서 나타난 독, 과점기업들의 시장지배력 행사 문제는 전력 부분에도 역시 나타나고 있다. 일반적으로 시장 계약은 이러한 시장지배력을 완화시킬 수 있는 수단으로 널리 알려져 있었고, 실제 다른 재원들에 있어서 그 효과가 증명이 되었다. 그러나 전력 부분에서는 송전 계약이라는 특수한 상황으로 인하여 시장지배력이 행사된다. 통상적인 이해로는 전력 시장 부분에서도 시장 계약을 통하여 시장지배력을 완화시킬 수 있다고 믿어왔다. 하지만, 송전 계약이라는 특수한 상황에서 발전 회사가 전략을 조정하여 시장 계약을 함으로써 되려 시장지배력을 강화시킬 수도 있음이 해석적으로 증명되었다. 이런 해석적인 방법은 2모선이라는 특수한 상황을 가정하고 시장 계약의 영향을 증명한 것이다. 특수한 상황을 좀더 일반화 시키기 위해서는 3모선, 그리고 그 이상의 모선에서의 해석적 증명이 필요할 것이다. 3모선 이상의 해석적인 증명을 수행하기에 앞서 본 논문에서는 3모선에서의 시장 계약, 발전기 변수들, 모선 구성을 바탕으로 하여 상황을 가정하고 이를 MATLAB 을 이용하여 시뮬레이션 해봄으로써 송전계약에서의 선도 계약의 시장지배력에 대한 영향을 살펴보고자 한다.

2. 본 론

2.1 2모선에서 3모선으로 확장 시 고려 사항

본 논문에서는 기존의 2모선 2플레이어의 상황을 확장하여 3모선 2플레이어에서의 상황을 상정하고 이에 대한 분석을 시도한다. 기존의 2모선 2플레이어 가정에서 3모선 2플레이어 상황으로 넘어오면서 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

- 대상이 되는 지역은 내부에서 모든 전력을 소모하며, 다른 지역과의 전력 교류는 없다.
- 지역 내의 발전 회사는 2개이며, 카르텔을 만들지 않는 복점 상황이다.
- 2모선에서는 주된 조류의 방향을 가정하였으나 3모선에서는 주된 조류방향을 정하지 않는다.
- 두 발전 회사는 서로의 전략을 생각하여 자신의 생산자 이익을 최대화 할 수 있는 전략을 선택한다.
- 기존의 연구의 가정과는 달리 두 발전 회사 모두 서로의 전략을 생각하여 자신의 전략을 수정한다.

외부에서의 전력 유입 또는 유출의 경우, 외부 가격이 각 모선 별 가격에 대하여 영향을 줄 수 있기 때문에, 두 발전 회사의 시장 지배력 행사만을 통제 요인으로 사용하기 위하여 지역은 고립되어 있는 것으로 가정하였다. 또한, 카르텔 결성으로 인한 전략이 변화를 막기 위하여 각 발전 회사들은 카르텔을 만들지 않는 것으로 제한 하였다.

기존의 2모선 2플레이어 분석과 달라진 점은 두 가지를 들 수 있다.

첫 번째로 3모선 2플레이어 계통을 상정하면서 주된 조류의 방향을 고려하지 않았다. 기존의 연구에서는 유출 지역과 유입 지역을 나누어 각 지역에 위치한 발전 회사 별로 영향을 분석하였다. 하지만, 3모선 2플레이어 계통으로 확장하면서 주된 조류 방향 선정에 대한 문제점이 발생한다. 각 부하에 대하여 발전 회사의 전략에 따라 전력 조류가 결정 되고, 그에 따라 세 개의 송전선에 흐르는 조류의 방향은 바뀔 수 있다. 따라서 이를 고려하면 기존의 연구에서 제시하였던 유출 지역과 유입 지역을 나누는 방법을 사용할 수 없다. 모선1 과 모선2 는 각각 유입 지역이 될 수도 있고 유출 지역이 될 수도 있다. 따라서, 본 연구에서는 유입 지역, 유출 지역의 구분 없이 각각의 모선들이 모두 유입 또는 유출 지역이 될 수 있도록 설정하였다.

두 번째로 발전 회사들은 서로의 정보를 가지고 스스로의 전략을 수정하여 자신이 가질 수 있는 최적의 전략을 선택하도록 하였다. 기존의 연구에서는 한 발전 회사가 자신의 최적 반응 곡선에서 이윤 최대화 점을 구하고자 할 때, 상대 전략을 모른다는 가정 하에서 그 회사의 전략을 정했다. 그 후, 다른 발전 회사는 이 발전 회사의 전략을 토대로 전략이 움직이지 못하게 고정된 후, 자신

의 발전 전략을 세우는 방향으로 하여 결과를 분석하였다.

3모션 2플레이어 계통 설계에서는 첫 번째 발전 회사와 같은 경우에도 상대 발전 회사의 전략을 고려하여 끊임 없이 자신의 전략을 바꿀 수 있도록 설계하였다. 따라서 자신의 이윤을 최대화하는 전략은 두 회사 모두 하나로 고정될 수 없으며, 끊임없이 변화하게 된다.

2.2 내쉬 균형

게임 내에서 플레이어들이 특정 전략을 선택할 용의가 있을 때 그것을 게임의 해라고 부른다. 플레이어들이 특정 전략을 선택할 용의가 있다는 말은 그들이 상대 플레이어가 선택할 전략을 예상하고 그 예상 하에서 자신의 최선의 전략을 택한다는 말이다. 이와 같이 모든 플레이어들이 다른 플레이어의 전략을 예상하고 자신의 전략을 선택하며, 그 선택된 전략들이 사후적으로 플레이어가 각각의 예상과 맞아 들어갈 때 그 전략들을 내쉬 균형 전략이라고 한다.

2.3 발전 회사들의 최적 전략 수립

발전 회사들은 자신의 이윤을 최대화하기 위해 앞서 설명하였던 내쉬 균형을 기초로 하여 상대방의 전략을 생각하면서 자신의 전략을 지속적으로 바꾸게 된다. 이러한 최적 전략 수립의 순서도는 다음과 같다.

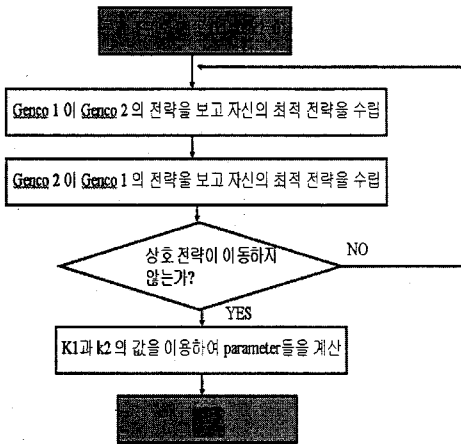


그림 1. 최적 전략 수립 순서도

상대방의 전략에 대한 자신의 전략을 지속적으로 수정해 나가면서, 서로의 전략이 움직이지 않는 균형점에 도달할 때, 그 균형점에서의 전략을 각각 택하게 된다. 그림 2. 와 같이 상대방의 전략에 대한 자신의 전략을 나타내는 최적 반응 곡선들이 한 점에서 교차하게 된다면, 결과적으로 두 발전 회사는 그 교차점의 전략을 선택하여 최적의 결과를 도출한다. 하지만, 반드시 최적 반응 곡선이 교차하는 것 만은 아니다. 그림 3. 과 같이 최적 반응 곡선이 교차하지 않는 경우, 발전 회사들은 혼합 전략을 사용하여 자신이 가질 수 있는 최적 전략 쌍들에 대하여 확률적으로 선택하도록 전략을 수립한다.

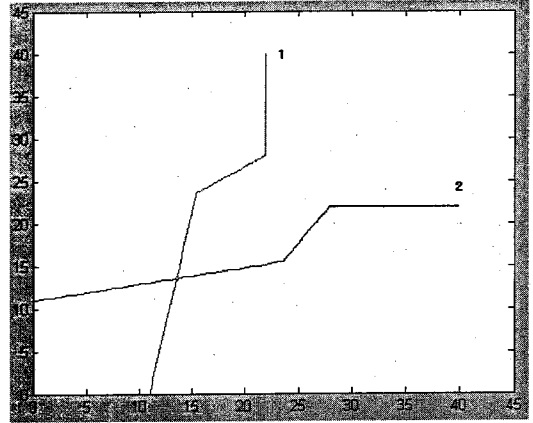


그림 2. 순수 전략 사용 사례의 최적반응 곡선

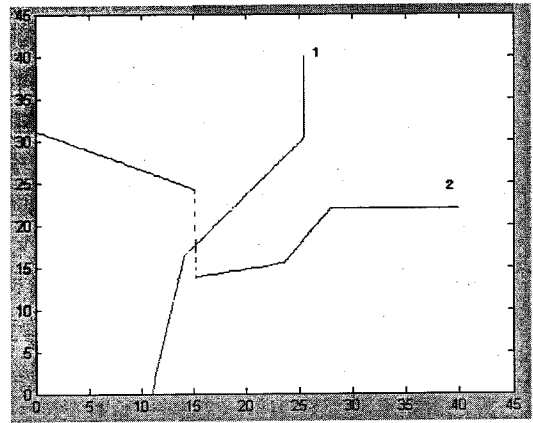


그림 3. 혼합 전략 사용 사례의 최적 반응 곡선

2.4 송전 제약 시, 선도 계약의 시장지배력에 대한 영향

앞서 언급한 사항들을 바탕으로 3모션 2플레이어의 계통을 상정한다. 3모션은 각각 지역 1, 지역2, 지역 3으로 구성되어 있다. 발전 회사는 2개로 각각 지역 1, 지역 2에 분포하였으며, 소비자는 지역 2, 지역 3에 있다고 가정한다.

선행 연구에 의하면, 송전 제약이 고지되는 상황에서 발전 회사는 고의적으로 송전 선로에 혼잡을 발생시켜 자신의 이윤을 높임으로써 시장지배력을 행사할 수 있는 것으로 알려졌다. 만약 유출 지역의 발전 회사만 선도 계약을 체결하게 된다면, 시장지배력을 행사할 수도 있다는 사실도 해석적으로 증명되었다.

3모션에서의 적용은 지역 1과 지역 2사이의 송전선로에 제약이 발생할 것으로 기대하게 하고 지역 1의 발전 회사와 지역 2의 소비자가 선도 계약을 맺었을 때, 각 발전 회사들의 기대 이윤을 비교함으로써 시장지배력의 행사여부를 분석하였다.

표 1. 은 선도 계약 량에 따른 발전 회사들의 기대 이윤을 나타낸다. 발전 회사들은 각각 혼잡을 일으키는 전략과 혼잡을 일으키지 않는 전략을 가지고 있으며, 균형점이 없는 전략 구성을 가지고 있다. 따라서, 각각의 전략 쌍에 대해 발전 회사들의 기대 이윤을 최대화하는 확률을 부여하고, 이를 이용하여 선도 계약 량 별로 기대

이윤을 계산하면 표1. 과 같다.

[참 고 문 헌]

표 1. 선도 계약 량에 따른 발전 회사들의 기대 이윤

	발전 회사 1 의 기대 이윤	발전 회사 2 의 기대 이윤
선도 계약 량 =0 MW	1872.87	1936.46
선도 계약 량 =30 MW	1732.6	2011.2
선도 계약 량 =57 MW	1652.30	2069.79
선도 계약 량 =60 MW	1683.2	2063.7
선도 계약 량 =90 MW	1636.30	2057.6
선도 계약 량 =150 MW	996.54	2036.9
선도 계약 량 =160 MW	843.33	1796

[1] 남영우, "송전계약이 있는 전력시장에서 시장계약의 시장지배력에 대한 영향 연구", 2006
 [2] A. K. David and F. S. Wen, "Market power in electricity supply", IEEE Trans. Energy Convers., vol. 16, no. 4, pp. 352-360, 2001.
 [3] A. Mas-Collel, A. Whinston, and J. Green, Microeconomic theory. New York: Oxford University Press, 1995.
 [4] S. Borenstein, J. Bushnell, and S. Stoft, "The competitive effects of transmission capacity in a deregulated electricity industry," Rand J. Econ., vol. 31, no. 2, pp. 294-325, 2000

표 1. 선도 계약량에 따른 발전 회사들의 기대 이윤

선도 계약이 없을 때와 선도 계약 량이 57MW 이하 일 때의 모든 경우를 고려해보면, 지역 2에 있는 발전 회사 2의 기대이윤이 지속적으로 증가하게 됨을 알 수 있다. 이는 선도 계약이 시장지배력을 완화한다는 기존의 이론과는 달리 선도 계약으로 인하여 생산자잉여가 증가할 수도 있음을 보여주는 사례가 된다. 하지만, 선도 계약 량이 크게 증가하는 경우, 즉, 160MW 이상 증가하게 되는 경우 선도 계약이 시장지배력을 완화시키는 모습을 보이게 되었다.

3. 결 론

송전선 용량이 작아 발전 회사의 전략에 의해 시장 지배력에 영향을 받을 경우, 일정 선도 계약 량에 대해서는 그 값이 증가하게 될수록 모션 1에 있는 발전 회사 1의 기대 이윤은 감소하게 되며, 발전 회사 2의 기대 이윤은 증가하게 된다. 각각의 전략 쌍에 대하여 기대 이윤이 증가할수록 송전 혼잡을 일으키는 경우가 많아졌으며, 임계 값인 57MW 보다 작은 량의 선도 계약의 경우, 선도 계약 량이 많아질 수록 시장지배력이 강화되는 것을 알 수 있었다. 하지만, 송전 혼잡이 발생한다고 해서 반드시 발전 회사 2의 기대 이윤이 높아지는 것은 아니다. 선도 계약 량이 150MW 일 경우, 모든 전략 쌍에 대하여 송전 혼잡이 발생하지만, 선도 계약이 없을 때와 기대 이윤을 비교하게 되면, 훨씬 작게 나와 시장지배력이 완화될 수 있음을 보였다. ISO에 의해 강제적으로 부과되는 선도 계약과 같은 경우, 그 선도 계약 량에 대해 ISO는 면밀히 검토하여 부과하여야 할 것이다.

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