



- (3) 발전기 집합 각각의 용량철회 또는 발전기 탈락을 가정하여 시장지배력의 유무를 dummy 발전기의 발전량으로 체크한다.
- (4) Dummy 발전기 발전량 가운데 가장 큰 값을 발전기의 must-run 제약의 기준으로 삼는다.

일반적 OPF 정식화

$$\begin{aligned} \min C(P_{GR}) \\ \text{s.t } F(P_G, Q_G, V, \theta) = 0 \quad (\text{Equality constraints}) \\ H(P_G, Q_G, V, \theta) \geq 0 \quad (\text{Inequality constraints}) \end{aligned}$$

시뮬레이션 계통 OPF 정식화 (임의 발전기 탈락)

$$\begin{aligned} \min C(P_i) \quad (= P_i = P_{Gi} + P_{Di}) \\ \text{s.t } F(P_i, Q_i, V_i, \theta_i) = 0 \quad (\text{Equality constraints}) \\ H(P_i, Q_i, V_i, \theta_i) \geq 0 \quad (\text{Inequality constraints}) \\ C(P_{Di}) \gg C(P_{Gi}) \\ P_{Gi} : \text{실제(real) 발전기 유효전력 발전량} \\ P_{Di} : \text{가상(dummy) 발전기 유효전력 발전량} \end{aligned}$$

이상의 정식화를 통해 각 발전기의 시장지배력을 수치화할 수 있다. 각 발전기를 동일 발전회사 집합으로 구분하고 묶은 후에 위의 정식화를 이용, 시장지배력을 산정하여 must-run의 제약의 기준으로 삼을 수 있다. 논문에서는 모든 경우의 수를 고려하였다.

Dummy 발전기의 발전량을 must-run 제약의 기준으로 삼는다. 이를 위해선 먼저 발전기를 발전집중지역과 부하 집중지역으로 나눌 필요가 있다. 부하집중 지역의 발전기를 6대로 가정한 실험 계통에서 경우의 수는 각 발전기별로 3번의 경우가 나온다. 이 중에서 자신을 대체하는 dummy 발전기의 최대 발전량을 그 발전기의 must-run 용량 기준으로 한다. 발전기별 계산횟수는 다음과 같다.

$$\text{발전기별 계산횟수} : \sum_{i=1}^{N-1} M(G_1) \times M(G_i)$$

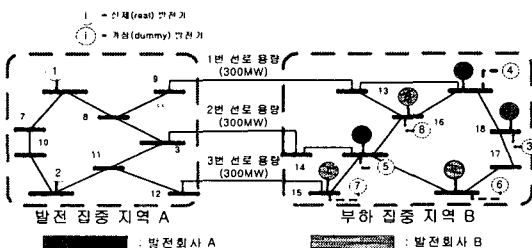
$$\text{전체계통 계산횟수} : \sum_{i=1}^N M(G_1) \times M(G_i)$$

N : 발전회사의 개수  
M(G<sub>i</sub>) : i-발전회사의 발전기 대수

발전회사별 모든 발전기에 대해 대체 dummy 발전기 용량 계산을 하면 전체 계통의 계산을 모두 수행한 것과 같다. 발전회사의 개수가 늘어날수록 계산횟수는 증가한다. 다음의 식에서 각 발전회사의 용량철회는 최대 자신의 발전기 중 1대를 초과하지 못한다고 가정한다.

### 3. 사례연구 결과

사례연구에 사용된 계통은 다음과 같다.



<그림 2> 사례연구 계통도 및 혼잡선로 용량

각 발전기의 위치에 있는 dummy 발전기의 최대발전

량은 충분히 크게 설정하고 사례연구를 실시하였다. 각 발전기와 부하 DATA는 다음과 같다.

< 표 1 > 발전기, 부하 DATA

발전기#	용량제한	부하 DATA			
		모선 번호	부하량 (MW)	모선 번호	부하량 (MW)
G1	600	BUS 2	100	BUS 17	300
G2	400	BUS 10	100	BUS 18	500
G3	200	BUS 11	100		
G4	350	BUS 12	100		
G5	350	BUS 13	200		
G6	250	BUS 14	100		
G7	200	BUS 15	500		
G8	300	BUS 16	200	Tot	2200

발전기 #	A	B	C
G1	922	12.14	0.0020
G2	620	14.70	0.0030
G3	356	14.64	0.0035
G4	560	15.57	0.0033
G5	560	15.57	0.0033
G6	560	15.57	0.0033
G7	922	12.14	0.0020
G8	620	14.70	0.0030
G-dummy	9000	100	1.000

$$\text{발전 비용 함수(F)} \Rightarrow F(P_G) = A + BP_G + C(P_G)^2$$

각 발전기 사례별로 가장 큰 dummy 발전기의 발전량을 선택하여 must-run 용량으로 선택한다. 이러한 must-run 계약용량의 기준은 실제 계통에서는 조금 더 융통성 있게 사용될 수 있을 것으로 보인다. 실제 최대 dummy 발전기의 발전량 전체를 must-run으로 삼기 보다는 7-80%수준으로 결정하여 전력이가격의 급상승을 억제하는 정도로 사용되는 것이 실제 시장에서는 더욱 유용할 수 있다.

Dummy 발전기의 발전용량이 발전기별로 상당히 크게 나타난 점은 계통이 매우 작기 때문에 나타나는 결과이다. 실제 계통에서 base 발전기는 제외될 것이므로 (수력과 원자력) 사례연구에서처럼 발전기용량의 대부분을 must-run 계약해야 되는 상황은 빈번하지 않을 것으로 보이며, 융통성을 발휘한다면 그러한 경우의 수는 더욱 줄어들 것으로 보인다.

이러한 방법이 적용되는 데에 있어서 중요한 점은 시장 지배력의 행사를 1MW/h도 없도록 하는 것이 목적이 아니고 시장의 혼잡비용이 비정상적으로 커지는 것에 대한 견제의 뜻을 가지고 있기 때문이다. 각 발전기 용량 철회를 조합하여 발전량을 보인 결과는 다음과 같다.

<표2> 발전기 용량철회가 없는 경우 (단위 MW/h)

발전기 #	발전량	발전기 #	발전량
G1	464	G5	215
G2	221	G6	250
G3	200	G7	200
G4	350	G8	300
Payment	3 83 * 10 <sup>8</sup> won/h		

이는 혼잡이 존재하더라도 경제급전과 큰 비용차이를 보이지 않는다. Dummy 발전기가 운영되지 않는 한 계통의 급격한 비용 상승은 없으며, 다른 말로 강력한 시장지배력을 행사하는 것은 불가능하다는 것을 보여준다. (경제급전의 계통 비용은 380\*10<sup>8</sup>won/h 이다.)

<표3> 발전기 3의 사례연구 (발전회사 A)  
(발전기#-동시용량철회 발전기, 발전량단위-MW/h)

발전기 #	G3-1 발전량	비용증가(won/h)
G6	121.8	614 * 10 <sup>8</sup>
G7	93.8	413 * 10 <sup>8</sup>
G8	145.5	856 * 10 <sup>8</sup>
Max G3-1 Generation		145.5

(※ G3-1은 G3의 위치에 세운 dummy 발전기이다.)

<표4> 발전기 6의 사례연구 (발전회사 B)

발전기 #	G6-1 발전량	비용증가(won/h)
G3	101.3	614 * 10 <sup>8</sup>
G4	172.2	1269 * 10 <sup>8</sup>
G5	183.3	1123 * 10 <sup>8</sup>
Max G6-1 Generation		183.3

두 사례연구를 보면, G3과 G6의 발전기가 시장지배력을 발휘하지 못하도록 must-run 계약을 맺기 위한 용량의 기준을 결정할 수 있다. 이러한 결과는 모선의 수가 매우 적고, base 발전기(일정한 용량을 시장가격과 상관없이 발전하는, 대개는 한계비용이 매우 저렴한 발전기)가 없다고 가정함에 따라 나타나는 특성에 의해 must-run 계약의 용량이 매우 크게 나타난다. 그러나 실제 상황에서는 계통발전용량에 여유용량이 좀더 있으며, base 발전기 운용되므로 이러한 must-run 계약이 필요한 발전기는 매우 적으며 또한 peak 시간대에만 일어날 확률이 높은 관계로 엄격하게 적용, 시장지배력 행사를 완전히 제거하기 보다는 일정정도 이상의 시장지배력 행사를 삭감하는 방향으로 사용될 것으로 예상된다. 모든 발전기에 대하여 위의 사례연구를 한 결과는 다음과 같다.

<표5> 발전기별 dummy 발전기 발전량과 비용증가

발전기 #	용량	Dummy 발전기 최대 발전량	비용증가 (원/h)	동시철회 발전기
G3	200MW	145.5 MW/h	856*10 <sup>8</sup>	G8
G4	350MW	231 MW/h	1564*10 <sup>8</sup>	G8
G5	350MW	197.9 MW/h	1388*10 <sup>8</sup>	G8
G6	250MW	183.3 MW/h	1123*10 <sup>8</sup>	G5
G7	200MW	117.6 MW/h	1012*10 <sup>8</sup>	G4
G8	300MW	219 MW/h	1564*10 <sup>8</sup>	G4

위의 표를 보면 발전기 사이의 용량차이가 부하의 크기에 비하면 적지 않은 50~150MW 차이이므로 완벽한 선형적 결과는 아니지만 크기에 비례하여 dummy 발전기의 발전량이 커짐을 알 수 있다. 그리고 대개는 동시에 용량을 철회하는 발전기의 용량도 클수록 자신의 dummy 발전기의 발전용량도 커짐을 확인할 수 있다. 그러나 완벽한 선형이 아니라는 점은 실 계통이나 좀더 복잡한 계통에서는 발전기의 용량뿐 아니라 발전기의 위치 등에 따라 결과가 바뀔 수 있음을 의미한다. 실 예로 G4와 G5의 발전용량은 같지만 두 발전기는 대체 dummy 발전기 발전량에서 33MW/h의 차이가 난다.

많은 발전기들이 자신의 용량 중 상당한 부분을 must-run 계약을 맺어야 한다고 사례연구 결과가 나타내고 있지만, 앞서서도 언급한대로 계통의 상황에 따라 나오는 사례일 뿐이다. 비용의 증가 역시 비교는 될 수 있지만, 비현실적인 dummy 발전기 비용합수를 사용한 결과이므로 구체적인 DATA 활용성은 없다. 그런 비교에 의의를 두는 것보다는 다음과 같은 사례를 통해 시장

지배력 삭감을 위한 must-run 계약의 기준을 정하였다는 점에 논문의 주안점을 두고 사례연구를 하였다.

또한 일부 발전기의 경우, 높은 발전단가 때문에 price spike 시간대에 필요수입 중 많은 부분을 벌어들여야만 한다. 계통에 혼잡이 존재하지 않는다면 가장 이상적이겠지만 송전선로의 증설에는 막대한 돈이 들어가기 때문에 송전선로의 건설을 잠시 유보하고 시장의 자율성을 해치지 않는 범위에서 시장지배력의 행사를 최대한 삭감하는 것은 좋은 대안이 될 수 있다.

#### 4. 결 론

시장의 공정한 거래를 방해하는 시장지배력은 경쟁시장의 도입에 있어 매우 중요한 요소가 될 것임은 자명하다. 이러한 시장지배력의 행사를 미리 예측하여 규제하고 삭감하는 것은 시장운영에 중요한 tool로서 자리 잡게 될 것이다. 단일 발전기의 용량철회만을 고려한다는 것은 시장지배력의 행사를 알아내는데 있어서 완벽하지 못하다는 가정에서 이 논문은 출발하고 있다.

그러나 각 발전기 하나하나의 전략을 예상하고 전 용량의 용량철회를 가정한다는 것은 경쟁시장에 있어 무의미한 결과를 보이게 될 것이다. 시장지배력의 행사를 규제하기 위한 제안방법은 발전회사의 발전기는 동시에 2대 이상 용량철회(또는 발전기 유지보수 계획)를 할 수 없다는 가정과 발전기 담합이 존재하지 않는다는 가정 하에서 시장지배력 행사를 막기 위한 방법으로서의 must-run 계약용량의 기준을 선정하는 방법을 제시하고 있다.

시장의 규제법규가 좀더 명확해지고 현실화되면, 그에 따라 논문의 방법도 좀더 개선될 수 있을 것이다. 따라서 앞으로 발전사 상호 전략에 의한 담합이나, 기타 실제 시장에 근접하기 위한 가정 및 제약의 추가, 예를 들면 용량철회에 대한 단계적인 사례의 적용 같은 추가 시장조건이 필요할 것으로 보인다.

이 논문은 산업자원부에서 시행한 전력산업 인프라 구축지원사업(과제번호:I-2002-0-042-5-00)으로 수행된 논문입니다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] Leeprechanon, N., David, A.K., Moorthy, S.S., Brooks, R.D.& Nealand, J.H, "Market Power in Developing Country", International Conference. IEEE, Vol 3, pp. 1805-1813, 2002
- [2] Allen J. Wood & Bruce F. Wollenberg, "POWER GENERATION, OPERATION, AND CONTROL", JOHN WILEY & SONS, INC., pp 369, 1996
- [3] Gan, D.& Bourcier, D.V., "A Simple Method for Locational Market Power Screening", Power Engineering Society Winter Meeting. IEEE, Vol 1, pp 434-439, 2002