

정책적 결정계수의 변화에 의한 모선송전가격의 민감도 분석

유청일, 정구형, 김발호  
 홍익대학교 전기정보제어공학과

Nodal Transmission Price with the cost allocation ratio

Chongil Yoo, Koohyung Chung, Balho. H. Kim  
 HONGIK UNIV. School of Electrical Engineering

**Abstract** - In deregulated power market, transmission pricing methodology should maintain non-discrimination amongst all participants while ensure that TRANSCOs recover their revenue requirements. The proposed transmission pricing methodology for Korea needs cost allocation ratios, such as allocation ratio of physical transport to network security and that of generators to loads. In this paper, we studied the nodal transmission price determined by the cost allocation factors and its influence on GENCOs and DISTCOs.

1. 서 론

송전망 이용가격은 전력산업 구조개편 이후에도 독점으로 남는 송전회사의 필요수익을 회수하기 위해 산정하며, 결정된 송전가격을 이용하여 송전서비스 사용자에게 송전비용을 부과한다. 이러한 송전망 이용가격 산정방법은 적절한 경제적 신호제공, 사용자에게 대한 비차별성, 단순성 및 투명성을 가져야 하며, 합리적인 송전가격 산정을 개발하기 위해 지금까지 많은 연구가 진행되었다. 본 연구에서는 KEMA에서 제안한 송전가격 산정방안에서 정책적으로 결정해야 하는 요소인 전력전송 요금과 신뢰도 유지요금의 비율 및 이 두 가지 요금에 대한 발전사업자와 판매사업자의 할당비율의 변화에 대해 모선 송전가격이 어떻게 변화하는지 알아보고, 이 비율이 발전사업자와 판매사업자에게 어떠한 영향을 미치는지 살펴본다.

2. 본 론

2.1 KEMA제안 송전선 이용료 산정기법

KEMA는 송전선 이용료는 크게 세 가지 요소로 분리하여 비용을 할당하는 방법을 사용하고 있다. 이는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{송전비용} = \text{전력전송비용} + \text{안전도유지비용} + \text{접속비용} \quad (1)$$

여기서,

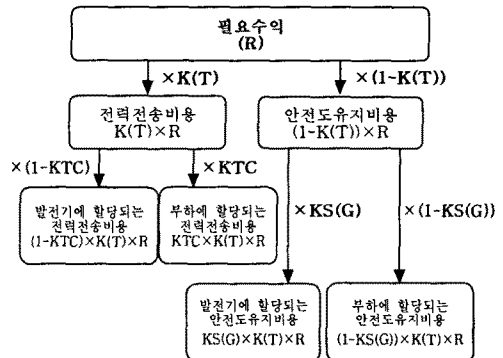
전력전송비용 : 참여자의 공유계통 사용정도에 대한 비용으로써 지역요금(locational pricing)을 사용하여 산정한다.

안전도유지비용 : 참여자가 계통에서 차지하는 용량에 대한 비용으로, 발전기는 정격용량 부하는 점두부하를 기준으로 우편요금제(Postage stamp)에 의해 산정한다.

접속비용 : 접속비용은 계통사용자의 접속설비에 대한 비용으로써 접속설비의 특성상 직접부과(shallow pricing)하는 방법을 사용하고 있으며, 본 논문에서는 고려하지 않는다.

2.2 비용할당계수

KEMA의 제안방법은 송전망 사용료의 계산에 대해 비교적 상세한 절차를 제시하고 있으나, 구체적인 값이 제시되지 않아 정책적으로 값을 결정해야 하는 비용할당계수들이 존재한다. 이는 송전망 사용료의 적용국가, 지역의 실정에 맞게 결정하여 사용해야 하는 부분이다. 비용할당계수들이 각 참여자의 송전비용에 미치는 영향을 간단히 표현하면 (그림 1)과 같다.



(그림 1) 비용할당계수에 의한 필요수익의 할당

2.2.1 전력전송비용과 안전도유지비용의 할당비율 이 계수는 미리 결정된 송전회사의 필요수익을 전력전송비용 및 안전도유지비용으로 각각 몇 %씩 회수할 것인지에 대한 비용할당계수이다. 따라서 이미 결정된 필요수익을 회수하기 위한 두 항목에 할당되는 비용은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{전력전송비용} &= K(T) \times R \\ \text{안전도유지비용} &= (1-K(T)) \times R \end{aligned} \quad (2)$$

여기서,

$K(T)$  : 송전비용에서 전력전송비용이 차지하는 비율

2.2.2 전력전송비용의 발전기 및 부하할당비율

다음으로 살펴볼 계수는 전력전송비용의 발전기 및 부하에의 비용할당계수이다. 이는 여러 가지 단계를 거쳐 산정된 전력전송비용을 발전기와 부하에 어떤 비율로 할당할 것인가의 정보를 지닌 계수이다. 전력전송비용에서 발전기와 부하가 감당하는 비용은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{발전기에 할당되는 전력전송비용} &= (1-KTC) \times [K(T) \times R] \\ \text{부하에 할당되는 전력전송비용} &= KTC \times [K(T) \times R] \end{aligned} \quad (3)$$

여기서,

$KTC$  : 전력전송비용에서 부하가 감당하는 비율

2.2.3 안전도유지비용의 발전기 및 부하할당비율

안전도유지비용의 발전기 및 부하 비용할당계수는 앞

단계에서 결정된 안전도유지비용을 발전기와 부하에 어떤 비율로 할당할 것인가의 정보를 가진 계수이다. 안전도유지비용에서 발전기와 부하가 감당하는 비용은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{발전기의 안전도유지비용} &= KS(G) \times [(1-K(T)) \times R] \\ \text{부하의 안전도유지비용} &= (1-KS(G)) \times [(1-K(T)) \times R] \end{aligned} \quad (4)$$

여기서,

KS(G) : 안전도유지비용에서 발전기가 차지하는 비율

### 2.3 비용할당계수에 따른 송전가격의 변화

앞에서 언급한 비용할당계수에 대해 아직 타당한 비율이 제시된 적은 없으며, 아직 계수 결정방법이 제시되지 못한 상태이다. 하지만, 비용할당계수는 모선송전가격에 큰 영향을 끼치므로 계수의 결정은 매우 중요하다. 예를 들어 큰 값의 K(T), KS(G)와 작은 값의 KTC를 가지는 송전비용 산정체계는 전기적으로 불리한 지역에 있는 발전사업자의 송전가격을 상당히 높게 만들 것이다. 본절에서는 비용할당계수에 대해 모선송전가격이 어떠한 민감도를 가지는지에 대해 분석하기로 한다.

#### 2.3.1 모선송전가격

KEMA의 방법에 의하면, 모선송전가격은 크게 발전 및 부하모선에 할당하는 송전가격으로 나눌 수 있다. 본절에서는 발전모선과 부하모선의 모선송전가격 식을 보이고, 계수변화에 의한 발전모선의 모선송전가격변화를 살펴보기로 한다. 부하모선은 발전모선에서의 동일한 절차에 의해 구할 수 있으므로 생략하기로 한다.

발전모선 g 및 부하모선 l의 모선송전가격은 다음과 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} Pr_g &= K(T) \times (1-KTC) \times \frac{\sum_{j=1}^L [npm_{g,j} \times R_j]}{RC_g} \\ &+ (1-K(T)) \times KS(G) \times \frac{\sum_{j=1}^L R_j}{\sum_{g=1}^G RC_g} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} Pr_l &= K(T) \times KTC \times \frac{\sum_{j=1}^L [npm_{l,j} \times R_j]}{AL_l} \\ &+ (1-K(T)) \times (1-KS(G)) \times \frac{\sum_{j=1}^L R_j}{\sum_{l=1}^L AL_l} \end{aligned} \quad (6)$$

여기서,

- K(T) : 전력전송비용이 송전비용에서 차지하는 비율
- KTC : 전력전송비용에서 부하가 차지하는 비율
- KS(G) : 안전도유지비용에서 발전기가 차지하는 비율
- Pr<sub>g</sub> : 발전모선 g에서의 송전가격
- Pr<sub>l</sub> : 부하모선 l에서의 송전가격
- npm<sub>g,j</sub> : 발전모선 g에 존재하는 발전기의 선로 j 사용률
- npm<sub>l,j</sub> : 부하모선 l에 존재하는 부하의 선로 j 사용률
- RC<sub>g</sub> : 발전모선 g에 존재하는 발전기의 정적용량
- AL<sub>l</sub> : 부하모선 l에 존재하는 부하의 첨두부하
- R<sub>j</sub> : 선로 j에서 회수해야하는 송전회사의 필요수익
- G : 계통 내의 총 발전기
- L : 계통 내의 총 부하

본 연구에서는 편의상 A를 지역비용요소, C를 용량비용요소라 하고 다음과 같이 정의한다.

$$A_g = \left[ \frac{\sum_{j=1}^L (npm_{g,j} \times R_j)}{RC_g} \right] : \text{발전모선 } g, \text{ 전력전송비용에 대한 송전가격의 최대값}(K(T)=100\%, KTC=0\%)$$

$$A_l = \left[ \frac{\sum_{j=1}^L (npm_{l,j} \times R_j)}{AL_l} \right] : \text{부하모선 } l, \text{ 전력전송비용에 대}$$

한 송전가격의 최대값(K(T)=100%, KTC=100%)

$$C_g = - \frac{\sum_{j=1}^L R_j}{\sum_{g=1}^G RC_g} : \text{발전모선 } g, \text{ 안전도비용에 대한 송전가격의}$$

최대값(K(T)=0%, KS(G)=100%)

$$C_l = \frac{\sum_{j=1}^L R_j}{\sum_{l=1}^L AL_l} : \text{부하모선 } l, \text{ 안전도비용에 대한 송전가격의}$$

최대값(K(T)=0%, KS(G)=0%)

정의에 의해서 식 (5)와 (6)을 다음과 같이 간략하게 나타낼 수 있다.

$$Pr_g = A_g \cdot K(T) \cdot (1-KTC) + C_g \cdot (1-K(T)) \cdot KS(G) \quad (7)$$

$$Pr_l = A_l \cdot K(T) \cdot KTC + C_l \cdot (1-K(T)) \cdot (1-KS(G)) \quad (8)$$

식 (5)와 (6)에서, 특정한 계통상태에서의 A<sub>g</sub>는 발전 모선 g에, A<sub>l</sub>은 부하모선 l에 대해서 변하지 않는 고정값이다. 마찬가지로, C<sub>g</sub>는 발전모선 g에 대해, C<sub>l</sub>은 부하모선 l에 대해 고정값이다. 각 모선별로 결정된 A와 C의 값을 비교함으로써, 참여자의 입지가 불리한지 유리한지를 판별할 수 있다.

각 모선에 대한 A와 C값이 구해진 상태에서 각 계수의 변화에 의한 모선 송전가격변화를 살펴보기로 한다. 발전모선과 부하모선 송전가격은 동일한 절차에 의해 계산되므로, 여기에서는 발전모선의 송전가격 변화에 대해서만 언급하도록 한다.

#### 2.3.2 K(T)에 의한 모선송전가격 변화

먼저, 송전비용을 전력전송비용과 안전도유지비용으로 나누는 비율인 K(T)에 의해 모선 송전가격이 어떻게 변화하는 지에 대해 살펴보기로 한다. K(T)의 변화에 대한 발전모선 g의 송전가격변화는 다음과 같다.

$$\Delta Pr_{g,K(T)} = [A_g \cdot (1-KTC_0) - C_g \cdot K_0(G)] \times \Delta K(T) \quad (9)$$

위의 식에서, K(T)의 변화에 의한 모선송전가격의 변화는 다른 계수의 초기값인 KTC<sub>0</sub>, KS<sub>0</sub>(G)의 영향을 받을 수 있다. 또한, 모선별로 결정된 A<sub>g</sub> 및 C<sub>g</sub>의 영향을 받는다.

#### 2.3.3 KTC에 의한 모선송전가격 변화

전력전송비용에서 발전기와 부하의 분담비율을 나타내는 KTC의 변화에 의한 발전모선 g의 모선송전가격의 변화는 다음과 같다.

$$\Delta Pr_{g,KTC} = (-A_g \cdot K_0(T)) \times \Delta KTC \quad (10)$$

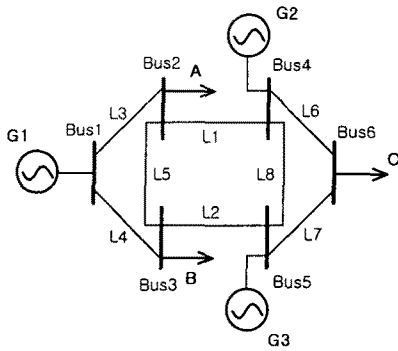
#### 2.3.4 KS(G)에 의한 모선송전가격 변화

안전도유지비용에서 발전기와 부하의 분담비율을 나타내는 KS(G)의 변화에 의한 발전모선 i의 모선송전가격의 변화는 다음과 같다.

$$\Delta Pr_{g,KS(G)} = [C_g \cdot (1-K_0(T))] \times \Delta KS(G) \quad (11)$$

## 3. 사례연구

위에서 언급한 방법을 보이기 위해 다음과 같은 사례 연구를 수행하였다. 또한, 발전모선송전가격과 부하모선 송전가격의 산정절차가 유사하므로 발전모선송전가격에 대해서만 살펴본다. 사례연구 계통은 다음과 같은 3기 6모선 계통이다.



(그림 2) 6모선 예제계통

선로, 발전기 및 부하데이터는 다음과 같다.

(표 1) 선로데이터

	필요수익 (\$)	R	X	C
Line1	800	0.0031	0.0938	0.326
Line2	700	0.0029	0.13123	0.271
Line3	100	0.0023	0.0323	0
Line4	200	0.0031	0.0364	0
Line5	230	0.0022	0.0521	0.271
Line6	200	0.0025	0.0326	0
Line7	250	0.0022	0.0332	0.181
Line8	220	0.0031	0.028	0

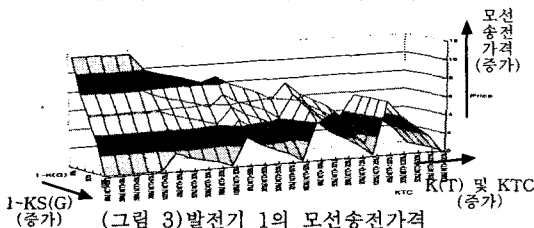
(표 2) 발전기 및 부하데이터

	발전 (MW)	부하 (MW)
모선1	40 (G1)	0
모선2	0	120 (A)
모선3	0	150 (B)
모선4	160.9 (G2)	0
모선5	120 (G3)	0
모선6	0	50 (C)

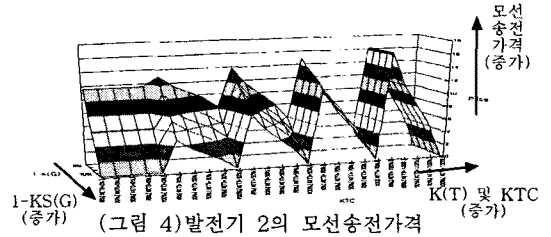
앞에서 언급한 절차에 의해 발전모선의 송전가격은 다음과 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} Pr_{\alpha} \\ Pr_{\omega} \\ Pr_{\alpha} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5.7771 \\ 16.3646 \\ 11.0070 \end{bmatrix} [K(T) \cdot (1 - KTC)] + \begin{bmatrix} 11.7391 \\ 11.7391 \\ 11.7391 \end{bmatrix} [(1 - K(T)) \cdot KS(G)]$$

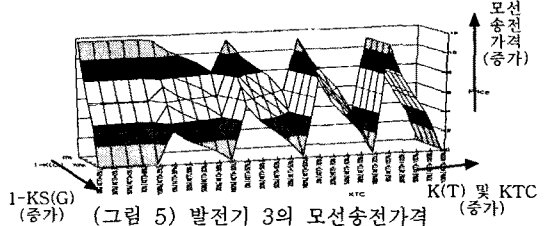
계수( $K_0(T)$ ,  $KTC_0$ ,  $KS_0(G)$ )가 0에서 1사이의 고정 값이면, 각 발전기의 A값에 의해 G1은 전기적으로 불리한 위치에, G2는 전기적으로 유리한 위치에 입지하고 있음을 알 수 있다. 정책적 계수변화에 의한 각 발전기의 모선송전가격 변화는 다음의 그림과 같다.



(그림 3) 발전기 1의 모선송전가격



(그림 4) 발전기 2의 모선송전가격



(그림 5) 발전기 3의 모선송전가격

그림에서 발전기 1은 지역비용요소가 작으므로,  $K(T)$ 가 증가함에 따라 모선송전가격이 급격히 감소함을 알 수 있다. 발전기 2는 지역비용요소가 크기 때문에,  $K(T)$ 의 증가에 의해 모선송전가격이 증가하게 된다. 이를 요약하면 다음과 같다.

(표 3) 지역 및 용량비용요소에 의한 모선송전가격변화

발전기	지역 및 용량비용요소의 관계	$K(T)$ 값에 의한 영향
G1	$A_{G1} < C_{G1}$	큰 값이 유리
G2	$A_{G2} > C_{G2}$	작은 것이 유리
G3	$A_{G3} \approx C_{G3}$	거의 영향을 받지 않음

#### 4. 결 론

본 연구는 KEMA가 제안한 송전망 이용가격 산정방법에서 정책적 결정과제로 남긴 비용할당계수  $K(T)$ ,  $KTC$ ,  $KS(G)$ 값의 변화에 대해, 각 모선에 존재하는 참여자가 지불해야 하는 모선송전가격의 변화를 검토하였다. 본 연구의 결과로써, 실제적인 모선송전가격은  $K(T)$ ,  $KTC$ ,  $KS(G)$ 에 의해서만 결정되는 것은 아니며, 모선별 특성인 지역비용요소(A) 및 용량비용요소(C)도 송전가격에 매우 중요한 영향을 미친다는 것을 보였다. 참여자에게 할당되는 최종적인 비용할당계수 및 모선송전가격은 지역비용요소와 용량비용요소 및 비용할당계수들이 서로 선형관계를 가지면서 변화한다. 즉, 계수  $KS(G)$  및  $KTC$ 의 조정에 의해서 특정 참여자집단(발전사업자 또는 배전사업자)에 이익을 주는 것은 가능하다. 하지만,  $K(T)$ 는 지역비용요소와 용량비용요소에 의해 상대적인 중요도가 결정되므로, 특정 사업자에게 이익을 주는  $K(T)$  값을 구할 수는 있으나 특정집단전체(발전 또는 배전)에 이익을 주는  $K(T)$ 를 산정하는 것은 불가능하다.

#### (참 고 문 헌)

- [1] KEMA Consulting, "Transmission Pricing Methodology", KEPCO Restructuring Programme Technical Advisor Pricing Methodology, Vol 1, 2001.2
- [2] 한국전력공사, "송전망 이용가격 산정 및 전산모형 개발 I 부", 한국전력공사 송전전처, 2001.10
- [3] 김발호, 박종배, "송전선 이용료 산정기법", 홍익대학교, 2001
- [4] VPX, "Transmission Use of System Charges for Victoria", VPX Approached Statement of Charges, 1998