2007년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2007. 7. 18 - 20

공정한 가격 신호를 위한 송전 요금 할당

박영현*, 변융태*, 김동민*, 김진오*
한양대학교 전기공학과*

Transmission cost allocation for a fair price signal

Yeong-Hyeon Park*, Yoong-Tae Byun*, Dong-Min Kim*, Jin-O Kim*
Dept. Electrical Engineering, Hanyang University*

Abstract - 단일요금제를 사용하는 우리나라 전력시장은 시장 참여자에게 지역적 가격신호를 제공하지 못한다. 그래서 부하가 밀집되어있는 수도권 지역에 발전사업자와 부하에 혜택을 주고 비수도권 발전사업자와 부하에는 페널티를 주어 부하가 밀집된 지역에 발전기를 유치하기 위한 지역적 가격신호를 줄 수 없다.
가격신호는 공정하고 논리적인 이유를 갖추고 시장 참여자에게 제공되어야 한다. 본 논문에서는 시장 참여자에게 공정한 가격신호를 주기위한 송전요금할당 방법을 제안한다.

1. 서 론

각 국가별로 전력 계통의 구조와 국가의 전반적인 환경의 차이에 의해 조금씩 다른 특성을 갖는 전력시장의 형태가 나타나고 있다. 그래서 각각의 전력 시장 특성에 맞는 송전 요금 할당 방법의 개발은 중요한 문제이다[1].

모선별 가격제를 도입한 전력시장은 전력 가격이 지역적 가격신호를 제공한다. 그래서 송전 요금은 모선별 가격차이로 발생한 잉여를 통해 거둘수 없는 나머지 비용에 대해서만 비교적 단순한 송전 요금제를 통해 회수하고 있다. 단일 가격제를 사용하는 CBP(Cost Based Pool) 시장에서는 에너지 시장에서 지역적 가격신호를 제공하지 못하기 때문에 지역적 가격 신호를 제공할 수 있는 송전 요금 산정 방법의 개발이 요구된다[2].
송전 요금에서 제공하는 지역적 가격신호는 시장 참여자에게 공정하고 논리적 방법을 통해 시장참여자에게 할당되어야 한다. 본 논문에서는 지역적 가격신호를 제공하는 송전 요금 산정 방법을 제안한다.

2. 본 론

모선별 가격제로 발생한 잉여는 계통의 구성과 송전 선로의 용량에 의해 발생되는 송전 혼잡과 관계가 있다. 그렇기 때문에 모선별 가격제가 제공하는 가격 신호는 송전 혼잡에 의해 발생된다고 할 수 있다. 송전 요금을 통해 제공하는 지역적 가격 신호에도 이러한 송전 혼잡을 고려하기 위해 계통을 구성하는 각 선로가 조류 증가에 어떤 영향을 받는가를 고려하였다. 조류 증가에 취약한 선로에는 더 많은 송전 요금을 할당하여 취약한 선로를 이용하는 송전망 이용자에게 더 많은 송전 요금을 할당한다.

2.1 IMPACT FACTOR

임의의 원인에 의해 어떤 선로에 조류의 양이 증가했을 때, 그 선로의 여유 용량에 미치는 영향의 정도는 다음의 수식으로 나타낼 수 있다.

$$M_{l,k} = \begin{Bmatrix} \dfrac{|f_{l,k}| - |f_{l,O}|}{|C_l| - |f_{l,O}|}, & |f_{l,k}| > |f_{l,O}| \\ 0, & |f_{l,k}| < |f_{l,O}| \end{Bmatrix} \quad (1)$$

여기서, k : 고장 선로 혹은 부하 모선
l : 선로
$f_{l,k}$: k 번째 선로 고장 혹은 k 번째 피크 부하가 증가했을 때의 선로 l 의 조류량
$f_{l,O}$: normal 상태에서의 l 선로의 조류량
C_l : 선로 l 의 정격 용량

기존의 연구에서는 증가된 조류의 비율에 따라 송전 요금을 할당하였다[3]. 하지만, 본 논문에서는 증가된 조류가 선로의 여유 용량에 미치는 영향을 고려함으로써, 선로가 조류 증가에 취약한 정도를 구할 수 있다.

선로 l 의 조류 증가에 대한 취약성은 다음의 수식으로 나타낼 수 있다.

$$M_l = \sum_{k=1, k \neq l}^{m} M_{l,k} \quad (2)$$

2.1.1 선로 고장에 의한 조류증가 고려

앞의 Impact Factor에 선로의 고장을 고려하기 위해 각 선로의 FOR을 이용한다.

$$V_{l,k} = M_{l,k} F_k \quad (3)$$

각 선로의 고장 확률을 식 (1)에 곱하여 계통의 선로 특성에 따라 조류 증가에 대한 취약성을 위의 식으로 구할 수 있다. 각 선로의 취약성을 구하는 식은 다음과 같이 나타낸다.

$$V_l = \sum_{k=1, k \neq l}^{m} V_{l,k} \quad (4)$$

2.1.2 피크 부하 증가에 의한 조류증가 고려

위의 선로 고장에 의한 조류증가를 고려한 방법과 같은 방법으로 미래 부하의 피크부하를 예상하여 현재 선로들의 조류 증가에 대한 취약성을 계산한다. 피크 부하를 고려한 선로의 취약성은 다음 수식으로 나타낼 수 있다.

$$V_{l,k} = M_{l,k} LR_k \quad (5)$$

임의의 부하의 피크 부하 증가율을 다음의 식으로 나타내었다.

$$LR_k = \frac{IL_k}{\sum_{k=1}^{n} IL_k} \quad (6)$$

2.2 송전 요금 할당

수식 (3),(4)에서 구한 값을 적용하여 각 발전기들이 내야할 비용을 구하는 식은 다음과 같다.

$$GC_{Gi} = \sum_{k=1, k \neq l}^{m} \sum_{l=1}^{m} V_{l,k} P_{Gi,k} \quad (7)$$

여기서, $P_{Gi,k}$: 선로 k혹은 부하 k에 Gi발전기가 공급하는 발전량

선로 k가 고장이 났을 때, k 선로를 흐르던 조류가 다른 선로에 미치는 영향에 따라 Gi 발전기는 다른 비용을 지불하게 된다. P 값은 proportional tree method를 이용하여 구하였다[4].
윗 식을 전체 발전기에 대해 노말라이즈화 하면 다음의 식으로 표현된다.

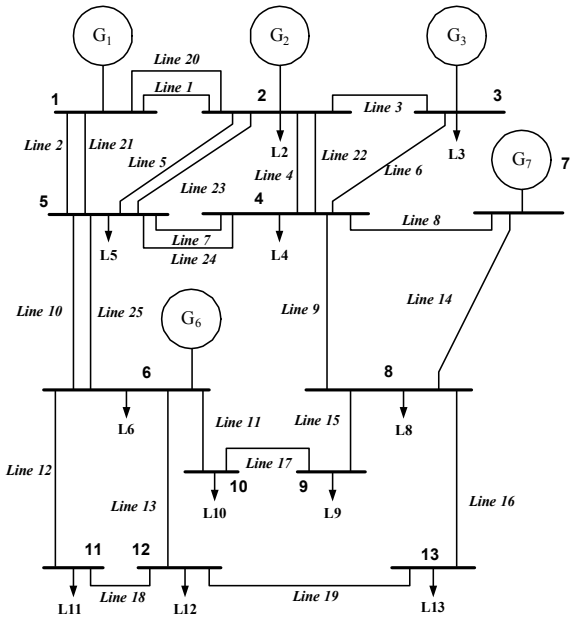
$$NGC_{Gi} = \frac{GC_{Gi}}{\sum_{i=1}^{n} GC_{Gi}} \quad (8)$$

노말라이즈화 된 값을 선로 투자에 대한 비용에 곱하면 각 발전기들이 실제 지불해야할 비용을 구할 수 있다.

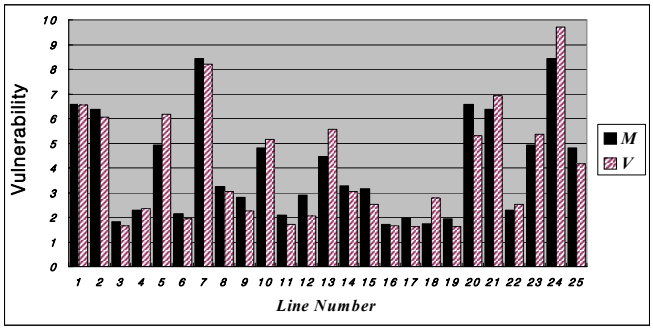
$$C_{Gi} = TC_{LI} \times NGC_{Gi} \quad (9)$$

여기서 TC_{LI} : 송전 요금에서 선로에 투자에 이용하는 총비용

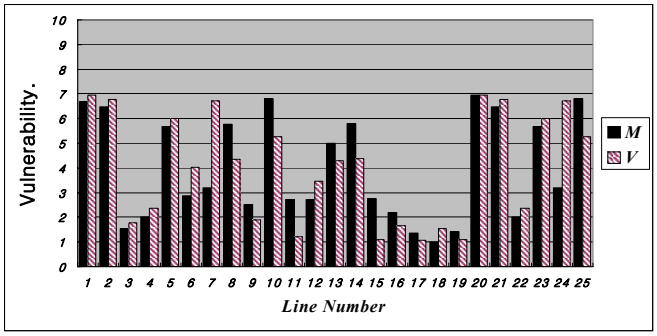
3. 사례연구



<그림 1> 13-bus test system



<그림 2> 선로 고장을 고려한 선로의 조류증가에 대한 취약성



<그림 3> 피크부하증가를 고려한 선로의 조류증가에 대한 취약성

위의 계통은 IEEE 14-bus test system을 변형한 시스템이다. 14-bus 중 8번 모선을 삭제하고, 그 모선에 있던 발전기를 7번 모선으로 옮겼다. 원래의 시스템에서 7번 모선과 8번 모선은 하나의 선로로 연결되어 선로 고장시에 혼잡이 발생하기 때문에, 본 논문에서는 혼잡을 고려하지 않기 위해 시스템을 변형하였다. 나머지 계통데이터는 원래의 계통데이터를 이용하였다.

그럼 2와 3은 수식 1과 2를 통해 구한 그림으로 각 선로의 취약성을 나타낸다. 선로의 여유용량이 적은 선로는 어떤 원인에 의해 조류가 증가했을 때, 선로의 여유용량이 큰 선로에 비해 혼잡이 발생할 가능성이 더 높다. 그래서 위의 결과에서 알 수 있듯이, normal 상태에서 선로의 여유용량이 적을 수록 취약성이 높게 나타남을 알 수 있고, 이렇게 취약성이 높은 선로를 흐르는 증가조류는 더 큰 비용을 송전회사에 지불하여 취약성이 높은 선로에 투자가 이루어 지도록 해야한다.

<표 1> 선로 고장을 고려한 발전기의 송전요금할당 비율

Generator Number	Transmission Price (%)
1	61.824
2	23.672
3	12.312
6	2.168
7	0.0238

<표 2> 피크부하증가를 고려한 발전기의 송전요금할당 비율

Generator Number	Transmission Price (%)
1	57.269
2	26.58
3	10.87
6	5.265
7	0.0157

위의 두 표는 각 발전기가 송전 회사에 내야할 송전 비용을 백분율을 이용하여 나타내었다.

4. 결 론

본 논문에서는 지역적 가격 신호를 고려한 송전 비용 할당에 관한 방법을 제안하였다. 이 방법에서 가장 중요한 점은 시장 참여자에게 공정하고 논리적인 방법으로 비용을 할당하는 것이다. 계통 혼잡에 취약한 선로를 이용하는 선로 이용자에게는 더 많은 요금을 부과해야 한다. 왜냐하면 그 선로 혹은 그 선로가 있는 지역에 더 많은 투자가 필요할 것이기 때문이다.

그림 2와 3의 각 선로의 V 값은 그 선로의 조류 증가에 대한 취약성 혹은 민감도를 나타낸다. 값이 높을수록 높은 취약성 과 높은 민감도를 나타낸다. 이 값들은 송전망 소유자에게 투자의 우선순위를 제공하는 지표로 활용될 수 있다.

감사의 글

이 논문의 연구는 산업자원부 지정 '전력신뢰도/품질 연구센터'에서의 재정적인 지원을 받아 진행되었습니다. 본 센터에는 경상대, 서울대, 숭실대, 전북대, 한양대의 교수님들과 대학원생들이 연구원으로 참여하고 있습니다.

[참 고 문 헌]

[1] Danitz, F, "Use Based Allocation Methods for Payment of Electricity Transmission Systems", PowerCon 2002 international conference. P907-911, 2002

[2] Jeong, H.S., "Pricing for Transmission Services in Korean Electricity Market", Power Engineering Socity General Meeting, 2006

[3] Koo-Hyung Chung, "Transmission reliability cost allocation method based on market participants' reliability contribution factors", Electric Power Systems Research.

[4] Peng Wang, "Transmission Cost Allocation Using Proportional Tree Methods", Power Engineering Conference 2005