

송전요율 결정을 위한 새로운 신뢰도 지수 산정에 관한 연구

이원구* 김발호
홍익대학교

Application of a New Reliability Index in Transmission Pricing

Won-Goo Lee* Balho H. Kim
Hongik University

Abstract - This paper presents a transmission cost allocation through application of a new reliability index in transmission pricing in competitive electric industry. The proposed method allocates a fair use of transmission system charge given separately to individual generator by capacity usage, based on the contribution of individual generator considering N-1 contingency in reliability margin of transmission capacity, and offers more alternatives of pricing in using transmission capacity and transmission margin.

1. 서 론

전 세계적으로 진행중인 전력산업 구조개편에 발 맞추어, 우리나라에서도 발전부문의 경쟁도입을 시작으로 송전부분의 개방, 그리고 완전경쟁체제로 가는 전력분야 구조개편이 본격적으로 진행되고 있다.

경쟁체제로의 진입에 있어 우선시 되고 있는 것이 송전망 개방이라 할 수 있는데 이를 위해서는 전력시장 내의 모든 생산자와 소비자가 송전개통에 자유로이 진입할 수 있어야 하며, 공정한 게임을 할 수 있는 환경이 구축되어야 한다. 이러한 환경을 구성하는 중요한 요소 가운데 하나가 합리적인 송전요율이다[1].

송전요율을 결정하는 방법은 크게 총괄비용법(평균비용법)과 한계비용법이 있는 바, 본 논문에서는 총괄비용법의 하나로서 최근 활발한 연구가 진행되고 있는 거리용량병산제(MW법)의 새로운 형태를 제안한다. 여기에서 제안되고 있는 방법은 우선 송전개통을 이용하는 각 발전회사들의 송전선 이용정도를 계산하여 개별발전회사 별로 합리적인 요금을 부가하고 있다. 또한, 송전개통이 가지고 있는 여유용량에 대한 비용회수를 새로운 신뢰도 지수를 이용하여 개별 발전회사에 대한 송전선 여유용량에 대한 비용회수를 주목적으로 하고 있다.

먼저 기존의 거리용량병산제 가운데 주요한 몇 가지 방법을 간단히 살펴본 다음, 본 논문에서 제안하는 방법을 검토하기로 한다.

2. 총괄비용법 분석

기존의 거리용량병산제 가운데 비교적 관심을 끄는 방법으로서는, 실제 송전선 이용량에 근거하여 비용을 부과하는 MWM(MegaWatt-Mile Method)법과 MWM 법을 보완하여 해당 송전선을 실제 이용하는 계통이용자로부터 모두 회수하는 방법인 MM(Modulus Method)법을 들 수 있다. 전자는 송전비용의 적절한 회수를 보장할 수 없고 송전선 이용자의 진입순서에 따른 조류영향평가의 기득권문제 등을 가지고 있으며, 후자의 방법은 송전비용의 확실한 회수는 보장하고 있으나 송전선소유자의 효율적인 설비운영이나 설비증설에 관한 인센티브를 제공하고 있지 않다는 점에서 개선의 여지가 있다 하겠다[2].

그 다음으로는 ZCM(Zero-Counterflow Method)법을 들 수 있는데, 이 방법은 최종전력조류의 방향과 같은 즉, 기존의 전력조류에 영향을 주는 경우에 대해서만 비용을 부과하고 있다. 이 방법은 실제 계통이용자가 전력조류에 영향을 미치지 않을 경우 송전선을 이용함에도 불구하고 기존의 계통이용자들이 비용을 모두 부과한다는 단점이 있다. 이 문제를 다소 개선한 것이 DFM(Dominant Flow Method)법으로서, 실제 전력조류가 흐르는 부분과 그 나머지 부분 즉, 송전선 예비용량에 관한 비용을 분리하여 부과하고 있다.

위의 네 가지 방법 모두 계통이 정상상태일 때만을 가정하여 비용을 부과하고 있고, DFM법을 제외한 나머지 방법은 모두 계통신뢰도에 영향을 주는 송전예비력에 대해서는 비용을 전혀 고려하지 않고 있다.

3. 신뢰도를 고려한 MW법

전력산업이 구조개편됨에 따라 수직통합체계에서 분리된 발전회사들의 계통 참여로 인해 실 계통 이용료 산정에 대한 대안이 많이 제시되고 있다. 본 논문에서는 송전요율을 선로이용율에 따른 부분과 신뢰도 지수에 의한 부분의 두 부분으로 나누어 부과하는 방안을 제시하고자 한다. 여기서, 선로이용율에 따른 부분은 Jian Yang[3]이 제안한 개별발전기가 선로 및 부하에 미치는 영향을 고려한 송전선로 이용률을 적용하고 있다. 최근에는 신뢰도를 송전요율에 반영하는 방안에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 계통의 신뢰도를 평가하는 방법과 평가된 신뢰도를 요율에 반영하는 방법에 따라 여러 견해가 있지만, 이와 같이 합리적인 고정비회수를 통해 최종 요율의 왜곡을 줄이려는 노력은 높이 평가할 만하다 하겠다. 이와 관련해 주목할 만한 몇몇 연구를 간단히 소개하겠다.

Silva는 신뢰도를 확률적으로 처리하여 송전요율에 반영하는 방법을 제안하고 있다. 이 방법은 전력조류변화에 대한 기대치를 이용하여 정상상태일 때와 상정사고시, 그리고 턱충거래가 있는 경우와 없는 경우 등 각 조합에 대해 계통신뢰도를 계산한 다음, 이를 비용화하여 요율에 반영시킴으로써 송전비용의 완전회수를 목적으로 하고 있다[4].

Yu는 투자비회수를 목적으로, 개별 송전선 사용에 대한 신뢰도 이득을 요율에 반영하고 있다[5].

Billinton은 사전에 신뢰도 기준을 정해 두고, 신뢰도를 저해하는 상정사고를 확률적으로 고려하여 그 저해정도에 따라 비용을 부과하고 있다[6].

일반적으로 송전선은 상당부분의 예비력 즉, 송전선 예비용량을 보유하고 있다. 이러한 예비력은 비단 해당 송전선의 송전능력에만 영향을 미치는 것이 아니라, 계통 전체의 신뢰도에도 영향을 미치게 된다. 따라서, 이러한 신뢰도의 가치를 적절히 요율에 반영하는 것은 상당한 설득력이 있다 하겠다. 다만 이러한 신뢰도 기여요소, 또는 신뢰도 저해 요소 등을 어떻게 요율에 반영 시킬 것인가 하는 문제는 추후 해결되어야 할 과제라 하

겠다. 본 논문에서는 새로운 신뢰도 지수를 적용한 송전 예비력 부분의 비용회수 방법에 대한 대안을 제시하고자 한다.

우선, 참고문헌 [3]에서 제시한 Current Division Method(CDM)를 이용하여 개별 발전기의 실제 송전선을 이용하는 정도(조류량)에 따라 비용을 부과하고, 예비용량에 대한 비용산정은 상정사고시 신뢰도를 저해하는 정도에 따라 비용을 부과하는 것으로, 여기에서는 송전선 이용률에 근거하여 비용을 배분하고자 한다.

3.1 선로이용률에 따른 송전요금

개별 발전기가 선로에 미치는 영향 즉, 개별 발전기가 각 송전선에 미치는 영향을 알기 위해서 Jian Yang의 논문에서 이용된 CDM 방법을 사용하여 각 발전기의 선로이용정도를 계산하였다.

$$U_i^{Gn} = \frac{PF_i^{Gn}}{PF_i^B}, \quad PF_i \leq TC_i \quad (1)$$

단, U_i^{Gn} : n번째 발전기의 1 선로에서의 이용정도

PF_i^B : Base Case일 때 1 선로에서의 전력조류

PF_i^{Gn} : n번째 발전기의 1 선로에서의 전력조류

TC_i : 1 선로의 계통용량

선로이용정도에 따른 비용부과는 다음 식과 같이 실제 선로를 이용한 발전회사에 부과하게 되므로 합당한 비용 배분이라 할 수 있다.

$$P_i^I = C_i \cdot U_i^{Gn} \cdot \frac{PF_i^B}{TC_i} \quad (2)$$

단, P_i^I : 1 선로의 이용요금

C_i : 1 선로의 총비용

3.2 신뢰도 지수에 따른 송전요금

신뢰도를 고려한 송전요금 산정의 중요성은 전력산업 구조개편에 따른 송전망 개방에 있어 중요한 부분을 차지하게 되었다. 다만, 이렇게 하는 것이 이론적으로 합당한지, 그리고 신뢰도 지수를 어떻게 정의하느냐에 대해서는 앞으로 충분한 논의가 있어야 할 것이다.

그러나, 앞 절에서 언급하였듯이 송전선이 가지고 있는 용량 가운데 실제로 전력이 흐르고 있는 부분과 그렇지 않은 부분이 있으며, 실제로 전력이 흐르지 않는 부분 즉, 송전선 여유용량은 비단 해당 송전선의 송전능력에만 영향을 미치는 것이 아니라, 계통 전체의 신뢰도에도 영향을 미치게 된다는 점에서 신뢰도를 송전요율에 반영시키는 것은 상당한 설득력이 있다고 하겠다.

↑ 선 로 용 량	송전선 여유용량
	n-1 상정사고시 조류 변화분(ΔPF^2)
↓	실제 조류 발생부분(PF^B)

그림 1. 송전선 여유용량

이러한 신뢰도의 가치를 적절히 요율에 반영하기 위해 본 논문에서는 N-1 상정사고시 개별 발전기가 각 선로에 미치는 영향을 계산하여 송전선 여유용량에 대한 비

용 회수에 대한 대안을 제시하고자 한다.

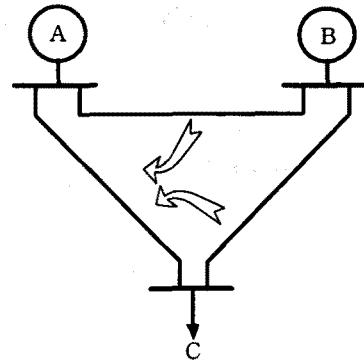


그림 2. 상정사고시 선로 상호간 영향

n-1 상정사고를 고려하여 각 선로에 흐르는 n-1개의 전력조류 변화분을 알 수 있다. 아래 그림에서 보면 a-c 선로사이의 전력조류 변화분은 b-c선로와 a-b선로에 의한 영향이다. 따라서 a-c선로에서의 전력조류 변화분을 계산하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \Delta PF_{ac}^2 &= \frac{(\Delta PF_{bc}^2 + \Delta PF_{ab}^2)}{2} \\ \Delta PF_{ab}^2 &= U_{ab}^{G_a} + U_{ab}^{G_b} \\ \Delta PF_{bc}^2 &= U_{bc}^{G_a} + U_{bc}^{G_b} \end{aligned} \quad (3)$$

단, ΔPF_{ac}^2 , ΔPF_{ab}^2 , ΔPF_{bc}^2 : 상정사고시 선로 변화량

a-c 선로의 전력조류 변화분 ΔPF_{ac}^2 에 대하여 나머지 N-1개 선로들이 영향을 미치고 있기 때문에 개별선로의 영향을 계산한다. 또한 개별선로들의 전력조류는 개별 발전기들의 영향이기 때문에 개별 발전기의 선로에 대한 영향을 고려할 수 있다.

따라서, ΔPF_{bc}^2 와 ΔPF_{ab}^2 는 송전선 여유용량에 있어서의 개별발전기가 차지하고 있는 비율이기 때문에 송전선 여유용량에 대한 적절한 요금을 부과할 수 있다.

$$P_{ac}^2 = C_{ac} \cdot \Delta PF_{ac}^2 \cdot \left(\frac{1 - PF_{ac}^B}{TC_{ac}} \right) \quad (4)$$

결론적으로 송전선 이용요금은 실제 이용요금과 선로용량에 대한 요금을 합한 값이 된다. 따라서 다음 식을 이용하여 총 비용을 완전히 회수할 수 있다.

$$TP_I = P_i^I + P_{ac}^2 \quad (5)$$

4. 사례 연구

간단한 사례연구를 통해 앞에서 제시한 방법을 살펴보기로 한다. 단, 본 논문에서 제시하는 방법은 신뢰도 유지를 위해 존재하는 송전선 여유용량에 대해 적절한 비용부과를 하는 대안일 뿐, 이론적 타당성에 바탕을 둔 방법은 아니라는 점을 먼저 밝혀둔다. 사례연구계통은 다음과 같이 3개의 모선으로 구성되어 있으며, 선로저항은 무시하기로 한다.

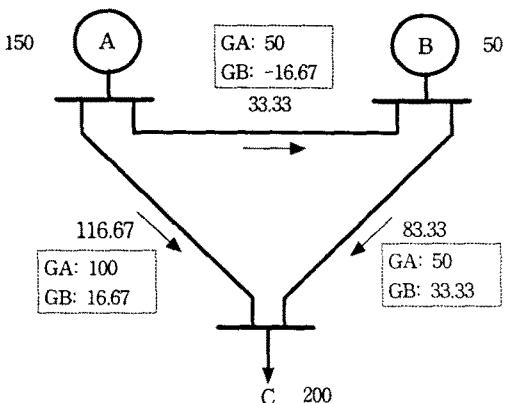


그림 2. 선로 이용정도

표 1. 선로 데이터 및 이용정도

선로	용량 (MWh)	비용 (\$)	이용정도 (%)			
			GA		GB	
			이용량	예비력	이용량	예비력
a-b	400	200	100	50	0	50
a-c	400	300	86	88	14	13
b-c	400	200	60	38	40	68

식 2와 4를 이용하여 송전선 이용정도에 따른 비용을 부과하면 다음 표와 같다.

표 2. 발전기별 송전선 이용 요금

단위 : \$

선로	GA		GB		총요금
	이용량	예비력	이용량	예비력	
a-b	16.67	91.67	0	91.67	200.01
a-c	75	185.94	12.50	26.56	300
b-c	25	59.38	16.67	98.96	200.01
합계	116.67	336.99	29.17	217.19	700.02

5. 결 론

구조개편에 따른 송전망 개방으로 인해 합리적인 송전요금 산정의 중요성은 점점 증가하고 있다. 이와 관련해 최근 신뢰도를 고려한 여러 주목할 만한 송전요율산정방안에 대한 제안이 있었으나 이들 방법 또한 효율적인 송전계통계획/운용에 관한 정확한 가격신호를 제공하는데에는 다소 미흡한 점이 있다. 이에 본 논문에서는 총괄비용법의 하나로서 최근 활발한 연구가 진행되고 있는 거리용량병산재(MW법)의 새로운 형태를 제안하였다. 제안한 방법은 각 발전기가 개별 선로에 미치는 영향을 고려하여 '이용요금'을 산정, 송전선이 가지고 있는 특성 가운데 신뢰도 증진을 위한 부분인 송전선 여유용량에 대한 요금, 즉 신뢰도기여에 대한 요금을 별도로 요율에 반영하여, 송전설비의 예비력 부분에 대한 비용회수를 시도하고 있다. 또한, 역조류(counterflow)를 발생시키는 발전기에 대해서는 '이용요금'을 부과하지 않음으로써, 기존의 MW법에서 간파 되었던 부분을 해결할 수 있는 대안이라 하겠다.

그러나, 본 논문에서는 N-1 상정사고 고려시선로의 확률적 선로고장율(forced outage rate)을 배제하였다. 이러한 요인을 반영할 경우, 보다 정교한 송전요금

산정 대안을 제시할 수 있을 것으로 보인다.

(참 고 문 헌)

- [1] B.H.Kim and M.L.Baughman, "The Economic Efficiency Impacts of Alternatives for Revenue Reconciliation," IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 12, No. 3 1997
- [2] 신중린, 김발호, 박종배, "전기설비 공동사용약관제정에 관한 연구", 한국전력공사 송변전처, 56-65, February 1997
- [3] Jian Yang "Tracing the Flow of Power in Transmission Networks for Use-of-Transmission-System Charges and Congestion Management" IEEE Transaction on Power Systems, 1998
- [4] E.L.Silva, "Transmission Access Pricing to Wheeling Transaction : A Reliability Based Access", IEEE Transaction on Power Systems, Vol.13, No.4, pp. 1481-1486, November 1998
- [5] C.W.Yu, "Pricing Transmission Services in the Context of Industry Deregulation", IEEE Transaction on Power Systems, Vol.12, No.1, 503-510, December 1997
- [6] R. Billinton, "Reliability Issues in Today's Electric Power Utility Environment", IEEE Transaction on Power Systems, Vol.12, No.4, pp. 1708-1714, November 1997
- [7] Harry Singh "Transmission Congestion Management in Competitive Electricity Markets" IEEE Transaction on Power Systems, Vol.13, No.2, 672-680, May 1998
- [8] Goran Strbac, "Allocating Transmission Usage on the Basis of Traceable Contributions of Generators and Loads to Flows" IEEE Transaction on Power Systems, Vol.13, No.2, 527-534, May 1998
- [9] Hung-Po Chao, "Reliability Management in Competitive Electricity Markets" EPRI, 1-17, May 1997