

계통 신뢰도를 고려한 송전요율산정 방안

이원구*, 김발호, 김정훈
홍익대학교

Reliability Differentiated Transmission Pricing

Won-Goo Lee* Balho H. Kim Jung-Hoon Kim
Hongik University

Abstract - Electric industry has been the object of major reforms in many countries. These reforms are aimed at attaining efficiency through competition. Thus network companies do not charge transmission cost for line user the same as method at past. This paper presents a transmission cost allocation through reliability differentiated transmission pricing in competitive electric industry. The proposed method considers only the line capacity affecting the reliability of transmission pricing under normal state and contingency state.

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.

1. 서론

전 세계적으로 진행되고 있는 전력산업 구조개편의 목적은 경쟁을 통한 효율성 증대에 있다. 순서 상으로는 먼저 발전부분의 경쟁도입이 있고 뒤따라 송전부분의 개방, 그리고 완전경쟁체제가 마지막 단계라 할 수 있으며, 형태상으로는 영국을 중심으로 하는 Pool형태와 미국을 중심으로 하는 쌍방계약(Bilateral contract)형태가 있다.

경쟁체제의 도입에 있어 무엇보다 중요한 것은 전력시장 내의 모든 생산자와 소비자가 전력시장에 자유로이 진입할 수 있어야 하며, 공정한 게임을 할 수 있는 환경을 구축해야 한다는 것이다. 이러한 환경 가운데 하나가 합리적인 송전요율이다[1].

송전요율을 결정하는 방법은 크게 총괄비용법(평균비용법)과 한계비용법이 있다. 본 논문에서는 총괄비용법의 하나로서 최근 활발한 연구가 진행되고 있는 거리용량병산제(MW법)의 새로운 형태를 제안한다. 여기에서 제안되고 있는 방법은 송전계통의 신뢰도 수준을 요율에 반영하는 방법으로서, 송전설비의 예비력 부분에 대한 합리적인 비용회수를 주목적으로 하고 있다.

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

2. 기존의 거리용량병산제

기존의 거리용량병산제 가운데 비교적 관심을 끄는 방법으로서, 우선 실제 송전선 이용량에 근거하여 비용을 부과하는 MWM(MegaWatt-Mile Method)법과 MWM법을 보완하여 해당 송전선을 실제 이용하는 계통이용자로부터 모두 회수하는 방법인 MM(Moduls 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].

3. 신뢰도를 고려한 MW법

송전요율에 관한 최근의 연구동향 가운데 하나가 송전계통의 신뢰도를 요율에 반영하는 것이다. 계통의 신뢰도를 평가하는 방법과 평가된 신뢰도를 요율에 반영하는 방법에 따라 여러 견해가 있지만, 이와 같이 합리적인 고정비회수를 통해 최종 요율의 왜곡을 줄이려는 연구는 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 탁송거래가 있는 경우와 없는 경우 등 각 조합에 대해 계통신뢰도를 계산한 다음, 이를 비용화하여 요율에 반영시킴으로써 송전비용의 완전회수를 목적으로 하고 있다[3].

Yu는 투자비회수를 목적으로, 개별 송전선 사용에 대한 신뢰도 이득을 요율에 반영하고 있다[4].

Billinton은 사전에 신뢰도 기준을 정해 두고, 신뢰도를 저해하는 상정사고를 확률적으로 고려하여 그 저해 정도에 따라 비용을 부과하고 있다[5].

일반적으로 송전선은 상당부분의 예비력(설비용량-최대상조류량)을 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 기여 요소, 또는 신뢰도 저해 요소 등을 어떻게 요율에 반영시킬 것인가 하는 문제는 추후 해결되어야 할 과제라 하겠다. 대부분의 거리용량병산제는 송전예비력비용의 전량 회수를 목표로 하고 있지만, 이럴 경우 계통소유자의 효율적인 설비운영이나 설비증설에 관한 정확한 가격신호를 제공하지 않기 때문에 개선의 여지가 있다. 본 논문에서는 Silva[3]가 제안한 송전예비력 부분의 비용회수 방법에 대한 대안을 제시하고자 한다.

우선, 정상상태에서는 MWM법을 사용하여 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 방법론

정상상태에서의 비용은 식(1), (2)에 따라 계통용량과 거래량을 고려하여 각 이용자의 이용률에 따라 비용을 부과한다. 즉, 정상상태에서의 실제 이용량에 근거하여 비용을 부과하기 때문에 모든 송전선이용자에게 공평한 방법이 될 수 있다.

$$P_k^m(W) = C_k \cdot \frac{|f_k(W)|}{T_k} \quad (1)$$

$$P_k^m(N) = C_k \cdot \frac{|f_k(N)|}{T_k} \quad (2)$$

여기서,

$P_k^m(W)$ 송전선-k에 대한 정상상태에서 계약에 따른 계통이용자-W에 부과되는 비용

$P_k^m(N)$ 송전선-k에 대한 정상상태에서 기존 계통이용자-N에 부과되는 비용

C_k 송전선-k의 총비용(투자비+운전유지비)

$f_k(W)$ 송전선-k에 대한 계통이용자-W의 전력조류

$f_k(N)$ 송전선-k에 대한 계통이용자-N의 전력조류

T_k 송전선-k의 송전용량(line capacity)

정상상태에서의 식(1),(2)에서 계산되어진 비용배분은 전송된 전력조류보다 선로의 용량이 크기 때문에 선로비용의 적절한 회수가 되지 않는다. 따라서 신뢰도에 영향을 주고 있는 예비용량에 대해 적절한 비용회수가 수반되어야 한다. 다음 식(3),(4)에 따라 정상상태에서의 예비용량을 기준으로 상정사고시 각 계통이용자의 전력조류량이 정상상태보다 초과된 부분에 관하여 신뢰도에 영향을 준다고 보고 이에 대한 이용률을 계산하여 비용을 부과한다.

$$U_k^m(W) = \frac{f_k^m(W) - f_k^m(N)}{T_k - f_k^m(N)} \quad f_k^m(W) > f_k^m(N) \quad (3)$$

$$U_k^m(N) = \frac{f_k^m(N) - f_k^m(N)}{T_k - f_k^m(N)} \quad f_k^m(N) > f_k^m(N) \quad (4)$$

$$U_k^m(N) = 0 \quad f_k^m(N) \leq f_k^m(N) \quad (5)$$

$$U_k^m(W) = 0 \quad f_k^m(W) \leq f_k^m(N) \quad (6)$$

단,

$U_k^m(W)$ 상정사고시 계통이용자-W의 이용률

$U_k^m(N)$ 정상상태시 계통이용자-N의 이용률

$f_k^m(W)$ 상정사고시 계통이용자-W의 전력조류

$f_k^m(N)$ 정상상태시 계통이용자-W의 전력조류

$f_k^m(N)$ 상정사고시 계통이용자-N의 전력조류

$f_k^m(N)$ 정상상태시 계통이용자-N의 전력조류

T_k 송전선-k의 송전용량(line capacity)

상정사고시의 전력조류가 정상상태의 전력조류보다 큰 경우만 고려한 이유는, 정상상태일 때보다 적은 전력조류량은 계통신뢰도에 별 영향을 미치지 않기 때문이다. 식(5),(6)을 이용해 상정사고시 각 계통이용자의 이용률을 구한 다음, 식(7),(8)과 같이 비용을 부과한다.

$$P_k^c(W) = C_k \cdot U_k^m(W) \quad (7)$$

$$P_k^c(N) = C_k \cdot U_k^m(N) \quad (8)$$

단,

$P_k^c(W)$ 상정사고시 계약에 따른 계통이용자-W에 부과되는 비용

$P_k^c(N)$ 상정사고시 기존의 계통이용자-N에 부과되는 비용

선로에 배분되는 계통이용자의 비용은 다음과 같다.

$$TP_k(W) = P_k^m(W) + P_k^c(W) \quad (9)$$

$$TP_k(N) = P_k^m(N) + P_k^c(N) \quad (10)$$

단,

$TP_k(W)$ 계약에 따른 계통이용자의 송전선-k의 비용

$TP_k(N)$ 기존의 계통이용자의 송전선-k의 비용

각 이용자에 대해 부과되는 비용은 다음과 같다.

$$TP(W) = \sum_k TP_k(W) \quad (11)$$

$$TP(N) = \sum_k TP_k(N) \quad (12)$$

3.2 사례연구 및 기존의 방법과 비교분석

사례연구는 7개의 선로로 이루어진 브라질계통이며 사용된 데이터는 참고문헌[3]의 것과 동일하다.

표1. 선로 데이터

선로	리액턴스 (%)	용량 (MVA)	정지율 (f/year)	보수기간 (hours)	비용 (\$)
1	6	60	0.5	12	300
2	24	50	0.2	24	100
3	18	50	0.8	15	100
4	18	50	0.4	48	100
5	3	60	0.3	20	150
6	12	60	0.7	25	150
7	12	70	0.6	20	300

모선부하는 A, B, C, D, E에서 각각 1MW, 20MW, 45MW, 25MW이다.

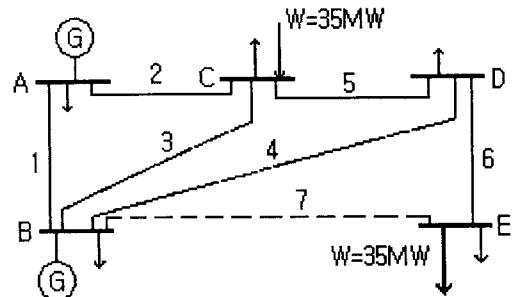


그림1. 계통도

(그림1)에서 나타난 점선으로 표시된 7번 선로는 탁송계약에 의해 발생하는 계통신뢰도 저하 문제를 해결하기 위하여 증설된 선로이다.

식(1)과 (2)를 통해서 정상상태일 경우의 값을 계산하면 다음과 같다.

표2. 정상상태일 때의 이용률과 비용

선로	이용률 (U) (%)			비용(CN) (\$)		
	계약자	기존이용자	합계	계약자	기존이용자	합계
1	7.26	81.70	88.96	21.78	245.09	266.87
2	0.0	51.25	51.25	0.0	51.25	51.25
3	0.0	32.76	32.76	0.0	32.76	32.76
4	0.0	43.42	43.42	0.0	43.42	43.42
5	38.97	14.37	53.34	58.46	21.55	80.01
6	22.86	0.0	22.86	34.29	0.0	34.29
7	21.40	44.72	66.12	64.19	134.17	198.36

송전선에 흐르는 전력조류의 흐름에 따라 식(3)~(8)까지를 이용하여 상정사고시 각 선로별로 이용률을 계산하고 그 비용을 계산한 것이다.

표3. 상정사고시의 이용률과 비용

선로	이용률(U) (%)			비용(\$)		
	계약자	기존이용자	합계	계약자	기존이용자	합계
1	0	100	0	33.18	33.13	33.13
2	0	100	0	48.75	48.75	48.75
3	0	100	0	67.24	67.24	67.24
4	10.5	81.7	5.94	46.22	52.15	52.15
5	19.5	40.6	13.64	28.41	42.05	42.05
6	27.4	56	31.7	64.79	96.49	96.49
7	67.3	0	68.4	0	68.4	68.4

(표4)는 Silva[3]의 방법과 본 논문에서 제안한 방법을 비교한 것이다. Silva가 제안한 방법은 선로비용을 100% 회수하고 있는 반면, 본 논문에서 제안한 방법은 선로비용을 92.9% 만 회수하고 있다.

앞에서도 언급하였듯이, 7번 선로는 탁송계약자를 위해 증설된 선로인데도 Silva의 방법은 그 비용이 기존 이용자에게 많이 부과됨을 알 수 있다. 만약 탁송거래가 없었다면 물지 않아도 될 비용을, 기존이용자가 탁송계약자보다 많이 지불하게 된다면 요율의 형평성 문제가 제기 될 수도 있다. 본 논문이 제안한 방법은 이를 완화시키고 있다고 할 수 있다.

표 4. 예비력비용의 부과

선로	기존의 방법 (\$)		제안한 방법 (\$)	
	계약자	기존이용자	계약자	기존이용자
1	21.78	278.22	21.78	278.22
2	0.0	100.00	0	100
3	0.0	100.00	0	100
4	5.94	94.06	5.94	89.64
5	94.07	55.91	72.1	49.96
6	85.15	64.85	64.99	64.79
7	136.67	160.33	132.59	134.17
합계	346.61	853.39	298.40	816.78

4. 결 론

기존의 거리용량병산제는 송전예비력 비용의 회수에 있어, 계통이 정상상태로 운전될 경우만을 고려하고 있으나 송전예비력은 자신의 송전능력 외에도 계통 전체의 신뢰도수준에도 영향을 미치므로 이의 영향을 요율에 반영할 필요가 있다. 이와 관련해 최근 신뢰도를 고려한 여러 주목할 만한 송전요율산정 방안에 대한 제안이 있었으나 이들 방법 또한 효율적인 송전계통계획/운영에 관한 정확한 가격신호를 제공하는 데에는 다소 미흡한 점이 있었다. 이에 본 논문에서는 송전선 예비용량에 대한 비용회수를 상정사고시의 전력조류량을 근거로 계산함으로써 예비용량에 대한 비용을 기존이용자와 계약자에게 합리적인 방법으로 부과하려고 하였다. 그러나 이 방법 또한 계통이용자들의 계통진입 순서, 그리고 역조

류(counter flow)발생에 따라 그 비용이 달라지게 되고 다수의 계통진입자가 동시에 발생하였을 경우에 대한 해결책은 제시하지 못하고 있다. 또한, 계통이 최적으로 구성되어 있을 경우, 고정비의 전량회수가 보장되지 못하는 부분에 대해서는 논쟁의 여지가 있다. 따라서 이 부분들에 대한 좀더 심도 있는 연구가 수행되어야 할 것이다.

(참 고 문 헌)

- [1] Kim, B. H, Baughman, M.L. : "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] E.L.Silva, "Pricing Transmission Access Pricing to Wheeling Transaction : A Reliability Based Access", IEEE Transaction on Power Systems, Vol.13, No.4, pp. 1481-1486, November 1998
- [4] 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
- [5] 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