

경쟁적 전력시장에서 적용 가능한 합리적 송전손실지수 산정에 관한 연구

김강원, 김종만, 한석만, 김발호
 홍익대학교 전기·정보·제어공학과 전력경제연구소

A study of the method of reasonably computing TR Loss-factor in competitive market

Kim,kang-won , Kim,jong-man , Han,seok-man , Balho H, Kim
 Hongik University, Power-Economics Lab.

Abstract - In the past, TR-cost was collected the combination of energy cost. When power market is restructured, TR-cost is collected the separated form of loss-cost , congestion-cost and maintenance-cost.

One of them, loss-cost is computed by using TR loss-factor. We need correct and fair standards of loss factor to offer economical signal and to protect against confusions of investment and bidding.

Therefore, we propose the method of minimizing system loss-cost that is based on fair and correct loss-factor.

1. 서 론

기존의 전력산업은 공기업체제로 운영하였기 때문에 정부예산이 허용하는 범위 내에서 수급균형을 유지하기 위한 목적으로 비교적 자유롭게 설비투자를 수행하였다. 그러나 경쟁적 전력시장에서는 개별 발전 사업자별로 자신의 이익 극대화를 목적으로 시장에 참여하기 때문에 신규 설비투자 또한 이익 극대화 관점에서 수행될 것이다.

각 시장참여자들 모두가 자신들의 이익을 위한 시장행위를 하기 때문에 각각을 모두 만족시키는 정책을 수립하는 것은 현실적으로 불가능 하며 수립된 정책에 있어서도 조세저항, 시위등과 같은 반발을 피할 수 없을 것이다.

송전선이용료에서도 가장 큰 부분을 차지하고 있는 송전손실비용 산정방법에 있어서 모든 시장참여자들 만족시킬 수 있는 제도는 현실적으로 구현하는 것이 불가능하다. 특히 송전손실비용을 산정하기 위하여 사용되는 송전손실지수 결정에 있어서 자신들의 이익과 결부되는 만큼 자신들에게 유리한 송전손실지수의 종류와 산정방법이 채택되지 않는다면 반발이 예상된다.

따라서 본 논문에서는 학계에서 널리 인정받고 있는 송전손실지수를 바탕으로 하여 시장참여자 모두가 인정할 수 있는 합리적인 기준을 가지고 시장에서 적용가능성을 판단하는 연구를 수행하였다.

그 후 기준을 통과한 여러 가지 지수 중에 계통 손실비용을 최소화 할 수 있는 송전손실 지수를 시장에 적용함으로 인하여 시장참여자 모두 객관적으로 인정할 만한 기준과 계통손실비용의 최소화를 통하여 시장참여자 모두의 이익을 증대시킬 수 있는 방안에 관한 연구를 수행하였다.

2. 본 론

2.1 송전손실지수

현재 각종 문헌에 사용되고 있는 송전손실 관련 지수 가운데 그 활용 빈도가 가장 높고, 교육적 가치가 있다고 판단되며 아울러 향후 경쟁적 전력시장에서 사용 가

능성이 높은 송전손실지수를 선정하였다.

1)패널티 계수(Penalty Factor : PF)

$$PF_i = \frac{1}{1 - \frac{\partial P_{loss}}{\partial P_{g,i}}}$$

2)송전손실계수(Transmission Loss Factor : TLF)

$$TLF_i = \frac{\partial P_{g,i}}{\partial P_{Load}}$$

3)한계송전손실(Marginal Loss Rate : MLR)

$$MLR_i = \frac{\partial P_{loss}}{\partial P_{g,i}}$$

4)한계손실계수(Marginal Loss Factor : MLF)

$$MLF_i = 1 + \frac{\partial P_{loss}}{\partial P_{load,i}}$$

5)평균손실계수(Average Loss Factor : ALF)

$$MLF_i = 1 + \frac{\partial P_{loss}}{\partial P_{load,i}}$$

6)평균송전손실(Average Loss Rate : ALR)

$$ALR = \frac{system\ loss}{total\ generation}$$

2.2 TOU(Time-of-use)

2004년 발표된 TWBP 시장운영규칙에 의하면 국내 전력시장에서 송전손실지수를 산정함에 있어 다음의 구분에 의하여 총 18개의 TOU를 이용한다.

- ◇ 일별 : 주말, 주중, 휴일 (3종류)
- ◇ 계절별 : 여름, 겨울, 봄·가을 (3종류)
- ◇ 시간별 : peak, non-peak (2종류)

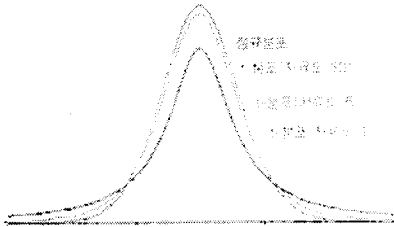
그러나 8760시간중 18개의 TOU를 이용하여 손실계수를 산정함은 통계학적 신뢰도를 감소시키는 동시에 각 시장참여자의 이해 관계에 따른 반발이 예상된다. 따라서 본 논문에서는 TOU시간대를 다음 기준에 따라 48개의 TOU를 이용하여 송전손실지수 산정에 이용하였다.

- ◇ 일별 : 주중, 주말·휴일 (2종류)
- ◇ 월별 : 1~12월 (12종류)
- ◇ 시간별 : peak, non-peak (2종류)

국내시장에서는 SLF(Static Loss Factor)가 사용될 예정이다. SLF는 기준이 되는 시간동안 대표할 수 있는

값을 산정하여 그 기간동안 변동없이 사용하는 방법이다. 시장개설 초기 시장참여자들의 혼란을 막고 일관된 경제적 시그널을 제공할 수 있는 장점이 있는 방법이다. (SLF 와 DLF(Dynamic Loss Factor)에 의한 산정방법의 비교는 본 연구진이 제출한 2004년도 추계학술대회, "경쟁적 전력시장에서 적용 가능한 송전선 이용료 산정 기법에 관한 연구"에 자세히 기술되어 있습니다.)

따라서 대푯값을 산정함에 있어 좀 더 많은 TOU시간대의 산정은 통계학적 신뢰도를 증가시키는 요인이 된다. (자유도 증가(sample 개수 증가와 비례)에 따라 신뢰도 구간이 축소된다.)



[그림 1] sample 개수에 따른 신뢰도 구간 변화

2.3 T-분포를 이용한 신뢰도 구간 산출

모집단이 정규분포를 이룬다는 가정하에 유의수준에 따라 임계값이 결정되면 표본에서 계산한 통계값들이 채택영역에 들어가는지 기각영역에 들어가는지 계산하는 통계학적 기법이다.

본 연구에서는 T-분포를 이용한 양측검정을 시행하였으며 임계값 설정을 위한 수식은 다음과 같다.

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}, S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

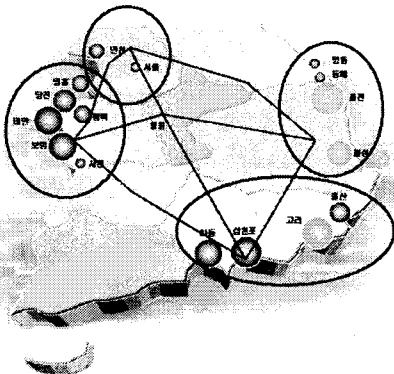
$$S_{\bar{X}} = \frac{S}{\sqrt{n}}, \bar{X} - S_{\bar{X}} t_{upper} \leq \alpha \leq \bar{X} - S_{\bar{X}} t_{lower}$$

여기서, \bar{X} : 표본의 평균

n : 표본의 개수

2.4 사례연구

2.4.1 사례계통

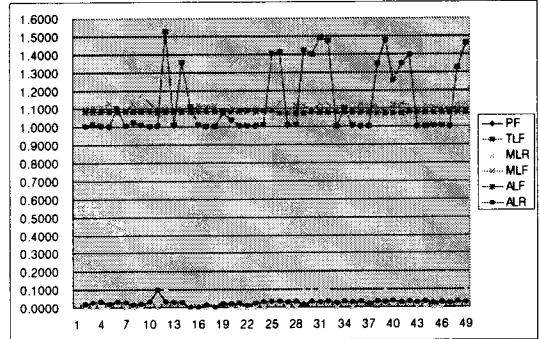


[그림 2] 국내 전력계통

(자세한 사례계통 데이터는 지면상 생략하며 본 연구진이 투고한 2004년 하계학술대회 논문집을 참고해 주십시오.)

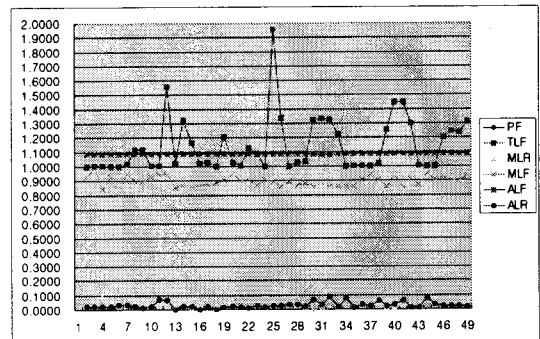
부하 데이터의 경우 한전통계를 기반으로 하여 매일 peak, non-peak 시의 부하데이터를 구성하였다.

2.4.2 Case A (모선 A의 부하량 변화)



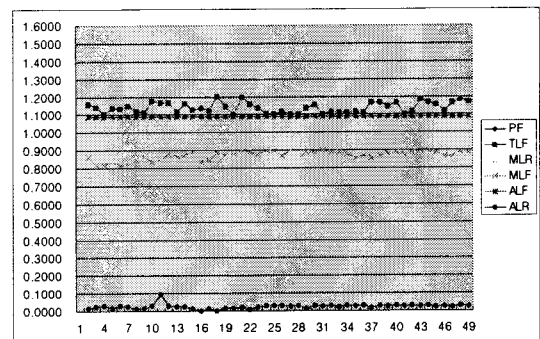
[그림 3] 부하 A를 변화하였을 경우 송전손실지수 변화

2.4.3 Case B (모선 B의 부하량 변화)



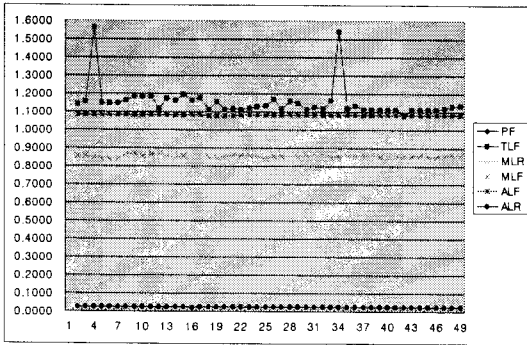
[그림 4] 부하 B를 변화하였을 경우 송전손실지수 변화

2.4.4 Case C (모선 C의 부하량 변화)



[그림 5] 부하 C를 변화하였을 경우 송전손실지수 변화

2.4.5 Case D (모선 D의 부하량 변화)



[그림64] 부하 D를 변화하였을 경우 송전손실지수 변화

2.4.6 송전손실지수별 분석

각 송전손실지수별로 T-분포를 위한 신뢰도 구간은 다음 표와 같다. 90% 신뢰도 구간으로 양측검정을 시행하였다.

	평균값	평균오차(%)
PF	1.1438	10.72
TLF	1.1438	10.72
MLR	0.1482	59.84
MLF	0.8944	8.20
ALF	1.0844	2.78
ALR	0.0258	10.72

[표 1] 송전손실지수별 분석

2.4.7 적용 송전손실 지수에 따른 계통비용 평가

위의 결과에서 알 수 있듯이 각 지수별로 부하증분을 취하는 모선의 차이와 부하별로 volatility의 차이가 발생함을 알 수 있다. 따라서 각 시장참여자의 반발을 무마할 수 있는 방식은 외생변수에 따른 모집단 값의 volatility가 작은 지수를 사용하는 방법이다.

90% 신뢰도 구간에서 산출한 값에서 상한값과 하한값의 %오차가 10% 이내의 송전손실 지수를 이용하여 계통손실비용과 계통손실에 관한 값을 구한 것은 다음과 같다.

	급전순위	소비자이익(A)	Genco이익	송전손실	손실비용(B)	A-B
손실계수 미적용	5.637A&2.1	21,678	2,055	81	2,085	19,561
ALF적용	5.6372A&1	21,412	4,232	34	1,240	20,172
MLF적용	5.621A&7A&8	21,248	4,801	25	915	20,329

[표 2] 송전손실지수별 계통비용 평가

적용된 송전손실 지수별로 급전순위가 변경됨과 동시에 그에 따른 소비자이익, Genco이익, 계통송전손실, 손실비용이 변화됨을 알 수 있다.

송전손실이 감소하는 이유로는 송전손실지수의 적용에 따라 부하집중지역에 있는 발전기가 급전지력을 받음으

로써 계통에 유입되는 전력량이 감소한다. 계통에 유입되는 전력량이 감소함에 따라 손실비용이 감소한다.

이 결과는 송전손실지수의 종류에 따라 국내전력계통의 심각한 문제점중 하나로 지적되고 있는 복잡조류문제를 해결할 수 있는 대안으로 채택될 수도 있다.

또한, 각 단계에 따라 소비자 이익은 감소하고 Genco의 이익은 증가함을 볼 수 있다. 하지만 송전손실이 감소함에 따라 송전손실비용이 감소하며 실제 소비자 이익인 소비자 잉여에서 손실비용을 제외한 순 소비자 이익은 증가함을 알 수 있다.

즉, 송전손실지수의 결정에 따라 계통손실비용이 줄어들고 동시에 각 시장참여자가 모두의 이익을 증대시킬 수 있는 대안선택이 가능함을 사례연구를 통하여 알 수 있다.

3. 결 론

시장에 적용할 송전손실지수를 결정함에 있어 가장 중요한 측면은 공정성이다. 본 연구의 사례에서 보듯이 적용되는 손실지수의 종류에 따라 시장가격, 계통손실, 계통손실비용의 편차가 심하다. 따라서 적용될 송전손실지수의 종류에 따라 시장참여자들의 반발이 예상된다. 따라서 계통운영자(SO: System Operator)의 입장에서는 각 시장참여자들에게 공정한 기준을 제시함과 동시에 손실비용을 최소화 하여 부하와 Genco의 이익을 증가시킬 수 있는 정책을 수립하여야 한다.

따라서 본 논문에서는 공정한 기준 확립 방안으로써 기존의 주장과는 달리 통계학적 신뢰도 증가를 위하여 TOU 시간대를 18개에서 48개로 증가함과 동시에 T-test를 통한 신뢰도구간 산출법을 도입해 지나치게 volatility가 큰 송전손실지수는 배제시키는 방법을 제안하였다.

또한 신뢰도 구간을 만족하는 계수에 대하여서는 계통모의실험을 통하여 시장참여자가 모두의 이익을 증대시킬 수 있는 지수를 적용함을 제안하였다.

본 결과는 본격적인 경쟁체제가 도입되는 시점에서 Genco 또는 IPP의 입장에서 신규투자입지와 발전원 결정에 있어 도움을 줄 수 있다. 즉, 신규투자에 있어 고정비, 변동비, 시장의 할인율, 감가상각연한등을 고려한 정확한 발전원가 산정을 토대로 하여 신규투자를 결정함에 있어 지역적, 경제적 시그널을 줄 수 있는 방안이 된다.

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여
기초전력연구원(02-전-01) 주관으로
수행된 과제임

[참 고 문 헌]

- [1] 홍익대학교 전력경제연구실, "주요 송전손실 관련 지수 분석"
- [2] 박정식, 윤영선, "현대통계학", 다산출판사, 제4판
- [3] 김성수, "송전손실 비용의 분담 방법", KPX
- [4] 한국전력거래소(KPX), "전력시장 운영규칙"
- [5] 김강원외, "송전비용산정방법이 Genco에 미치는 영향분석", 대한전기학회 2004년 하계학술대회
- [6] 김발호, 박종배, "송전선 이용료 산정기법", 2000
- [7] 신영균, 노재형, 김발호 "발전설비계획과 계통계획의 연계에 대한 필요성 검토", 2001년 대한전기학회 추계학술대회