

## 발전소 용량변경에 따른 비용보정계수

하각현<sup>†</sup>, 김성환

한수원 중앙연구원

(2013년 6월 19일 접수, 2013년 9월 6일 수정, 2013년 9월 6일 채택)

### Cost Scaling Factor according to Power Plant Capacity Change

Gak-Hyeon Ha, Sung-Hwan Kim

KHNP Central Research Institute

(Received 12 June 2013, Revised 6 September 2013, Accepted 6 September 2013)

#### 요 약

전력사업자의 요청, 경제적인 요인 또는 기타 요인에 따라 기존 발전소의 설계개념 변경 없이 발전소의 전기출력을 증가 또는 감소시켜 발전소를 재설계하는 경우가 종종 있다. 이때 노심출력 및 전기출력을 변경시켜 재설계되는 발전소의 설비들의 가격을 예측할 경우, 시장에서 견적을 받을 환경이 아닐 경우에는 기존발전소 설비들의 가격에 비용보정계수(Cost Scaling Factor)를 적용하여 새로 설계되는 발전소 설비들에 비용들을 계산할 수 있다. 이에 미국의 DOE, EPRI, ABB, SWEC 기관들의 발전소 용량변경에 따른 비용보정계수를 검토하고, 그것을 국내 PWR 1000MWe, 1400MWe에 적용한 결과를 소개하고자 한다.

**주요어** : 발전소 용량변경, 비용보정계수, 기술적계수, 보정지수

**Abstract** - The existing nuclear power plants have been often redesigned by increasing or decreasing electrical power without changing design concept by the request of utility, economic factors or other factors. When the cost of power plant equipment redesigned by changing reactor power and electrical power is estimated, if its quotation is not available in the market place, cost scaling factor(CSF) applies to the cost of existing plant equipment and then the new-designed equipment cost can be calculated. In this paper, we review CSFs according to plant capacity change cases in United State DOE, EPRI, ABB, SWEC and introduce the results applied to Korean PWR 1000MWe and 1400MWe

**Key words** : Power Capacity Change of Power Plant, Cost Scaling Factor, Technical, Factor, Power Factor

#### 1. 서 론

동일 설계개념을 유지하면서 발전소의 출력을 증가 또는 감소시켜 재설계 할 때, 신규설비에 대한 가격을 시장에서 견적받기 어려운 환경일 경우에는 기존발전소 실적자 자료에 설비 용량의 증가 또는 감소

를 고려한 용량변경에 따른 비용보정계수(Cost Scaling Factor, CSF)를 사용하여 비용을 산정한다. 국내의 경우, 석탄화력 800MWe에서 1000MWe로, 원자력발전소의 경우 1000MWe에서 1400MWe로 용량 격상하는 사업이 진행되었다. 동일 설계개념에서 용량증대에 따른 비용 증가를 견적이 가능한 설비의 경우는 견적가를 사용하고, 견적이 안되는 설비들의 비용은 비용보정계수를 이용하여 사업비를 예측하였다. .

<sup>†</sup> To whom corresponding should be addressed.  
KHNP Central Research Institute 1312 Gil, 70. Yuseongdaero  
Yuseong-gu, Daejeon, Korea 305-343  
Tel : 042-870-5773 E-mail : kyeonh@khnp.co.kr

## 2. 비용보정계수(CSF)

동일 설계개념의 발전소를 용량 변경 시 신규발전소 설비비용에 대한 견적이 어려울 경우 아래 식에 의해 그 설비의 비용이 계산된다.

$$C_2 = C_1 \times \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^P = C_1 \times CSF$$

$C_2$  : 신규설비 비용

$C_1$  : 기존설비 비용

$\frac{Q_2}{Q_1}$  : 기술적계수(Technical Factor)

$P$  : 보정지수(Power Factor)

$\left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^P$  : 비용보정계수( Cost Scaling Factor, CSF)

## 3. 미국 기관별 비용보정계수

본 항에서는 국내 비용보정계수 적용을 위해 참조한 미국의 정부, 연구기관 및 원전 설계기관의 비용보정계수 산정방안을 기술한다. 미국내 원전 건설이 최근 재개되고 있는 실정을 고려, 금번 검토에서는 기존 1980~1990년대의 자료를 이용하여 비용보정계수를 검토하고자 한다.

### 3-1. DOE

DOE Concept Code에서 동일 설계개념

발전소의 용량 변경 시 발전소 설비에 대한 비용보정계수를 제시하였다. DOE에서 제시한 기술적계수(Technical Factor)는 신규, 기존 발전소의 전기출력 비율을 이용하여 계산하고, 보정지수(Power Factor)는 아래 표에서 보는 바와 같이 건설비 대분류계정에 따라 그 값을 제시하였다.

### 3-2. EPRI

EPRI에서는 개별설비에 대한 비용보정계수 보다는 동일 설계개념 발전소의 용량변경 시 전체 건설비의 비용보정계수를 표2와 같이 제시하였다. EPRI에서 제시한 비용보정계수는 원자력발전소, 미분탄 석탄화력 발전소 및 복합화력 발전소에 대한 것인데, 원자력발전소의 경우에는 1980년대 발전소 건설실적자료를 미

**Table 1.** Power Factor of DOE [Ref. 1]

구분	건설비계정	보정지수(P)	
		원자력	석탄화력
직접비	용지비	0.00	0.00
	건물 및 구조물	0.50	0.45
	원자로설비/보일러 설비	0.60	0.60
	터빈설비	0.80	0.70
	전기설비	0.40	0.30
	기타설비	0.30	0.20
간접비	주복수기설비	0.80	0.80
	건설서비스	0.45	0.50
	본시설계용역비	0.20	0.60
	현장설계용역비	0.40	0.50
	사업주비	0.50	0.55
건설비 가중평균 값		0.50	0.55

**Table 2.** Power Factor of EPRI [Ref. 2,3]

발전소	보정지수(P)	적용범위
원자력	0.47	500~1,200MW
미분탄 석탄화력	0.15	500~1,000MW
	0.24	400~500MW
	0.25	300~400MW
	0.28	200~300MW
복합화력	0.16	500~750MW
	0.26	250~500MW

분탄 석탄화력 발전소의 경우 1990년대 건설 실적 자료를 이용하여 비용보정계수를 제시하였다.

### 3-3. ABB

발전소의 경제성에 미치는 영향인자는 규제요건, 인플레이션, 기술력 등이 있다. 이러한 인자에 못지않게 중요한 위치를 차지하는 인자가 발전소 정미출력의 크기이다. 미국에 운전되고 있는 110개 발전소의 실제자료에서 이러한 발전소의 규모의 경제성을 확인할 수 있다. 1968년 이후 건설된 미국내의 모든 원전의 건설비를 매년 물가상승률을 고려하여 그 발전소의 상업운전년도의 불변가 순건설비로 변환시켰으며, 이들 상업운전년도에 따라 정리된 자료를 5개의 규제

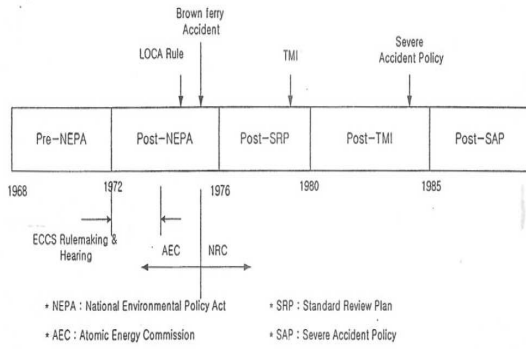


Fig. 1. U.S. Regulatory Timeline

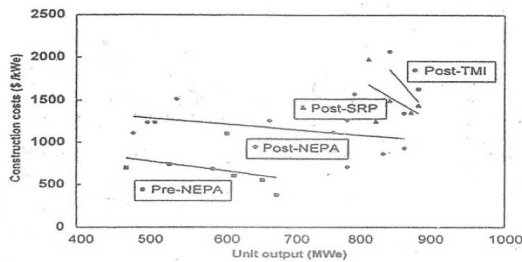


Fig. 2. Construction Costs Pre-severe Accident Policy

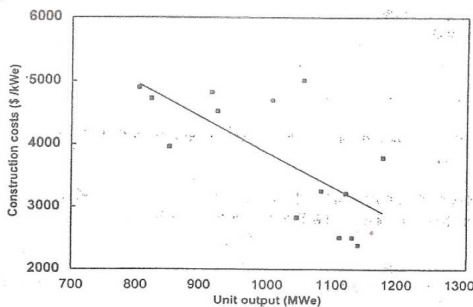


Fig. 3. Construction Costs Post-severe Accident Policy

Table 2. Power Factor of ABB[Ref. 4]

규제기간	Power Factor	년평균 인플레이션률(%)
Pre-NEPA(pre~1972)	0.64	4.7
Post-NEPA(1972~1976)	0.74	8.0
Post-SRP(1976~1980)	0.78	9.7
Post-TMI(1980~1985)	0.8	5.5
Post-SA Policy(post 1985)	0.92	3.5

Table 4. Technical and Power Factor of SWEC [Ref. 5]

종 목	Technical Quantity(Q)	Power Factor(p)
NSSS 주요기기	Thermal Power(MWt)	0.5
Main Turbine & AAC	Electric Power(MWe)	0.62
펌프	Flow Rate(gpm)	0.63
탱크	NSSS Capacity(gallon)	0.8
	BOP Capacity(gallon)	0.65
열교환기	NSSS Heat Transfer Rate(Btu/hr) or Heat Trans Surface Area	0.5
	BOP Heat Transfer Rate(Btu/hr) or Heat Trans Surface Area	0.51
송풍기	Capacity(cfm)	0.77
공기조화기(AHU)	Capacity(cfm)	0.75
공기정화기(ACU)	Capacity(SCFM)	0.78
큐빅쿨러	Capacity(SCFM)	0.71
필터	Flow Rate(gpm)	0.62
Deminerlizer	Flow Rate(gpm)	0.6
FW Heater	Flow Rate(gpm)	0.55
Emergency D/G	Power(kW)	0.60
Chiller	Capacity(RT)	0.74
Crane	Capacity(TN)	0.6
AUX Boiler	Capacity(b/hr)	0.6
Transformer	MVA	0.6
Battery	AMP	0.6
Switchgear	BKR	0.6
Chager	AMP	0.6

요건 변동 기간에 따라 그룹화하였다. 그룹화 결과 시대의 흐름에 따라 건설단가는 증가되며, 그룹내에서는 발전소 용량이 클수록 건설단가는 감소되는 것으로 파악되었다. 시대의 흐름에 따라 건설단가가 증가된 원인은 새로운 규제요건이 추가됨에 따른 설비 보강 때문인 것으로 분석되었고, 동시대에서는 용량 증가에 따라 건설단가가 감소하는 규모의 경제성 효과를 파악할 수 있었다.

5개 기간으로 그룹화된 발전소 불변가 순건설비 자료를 기준으로 용량이 크고 작음에 따라 비용의 변동을 지수화한 결과는 표 3과 같다.

3-4. SWEC

동일 설계개념 발전소를 용량변경 시 SWEC사가 제시한 특징은 기술적계수( $\frac{Q_2}{Q_1}$ )가 발전소 전기출력 비가 아닌 설비별 소요동력, 모터동력, 기기중량, 유량률 등의 기술적 물리량으로부터 구한다는 것이다. 보정지수(Power Factor) 또한, 기기 또는 설비 특성에 따라 다양하게 분포한다. SWEC사가 제시한 기술적계수와 보정지수의 내용을 정리하면 표 4와 같이 정리된다. 따라서, 원전용량 증감에 따른 비용보정계수(CSF)는 원전을 구성하고 있는 기기 또는 설비별로 다양한 값을 갖는다고 할 수 있다.

**Table 5.** Summary of CSF

기관	기술적계수 (TF)	보정지수(PF)	비용보정계수 (CSF)
DOE	전기출력비	0.5	TF0.5
EPRI	전기출력비	0.47	TF0.47
ABB	전기출력비	0.92	TF0.92
SWEC	기기별 Technical Quantity	기기별 특성값	기기별로다름

**Table 6.** Application Results of Domestic Nuclear Power Plant

기관	PWR 1000 MWe급 건설비	비용보정계수 (CSF)	PWR 1400 MWe급 건설비
DOE	100(기준)	1.183(=1.40.50)	118.3
EPRI	100	1.171(=1.40.47)	117.1
ABB	100	1.363(=1.40.92)	136.3
SWEC	100	기기별로 다름	122.3 <sup>주)</sup>

주) 기기별 기술적계수, 보정지수 적용 결과 종합값

4. 종합

DOE, EPRI, ABB, SWEC사에서 제시한 비용보정계수(CSF)를 종합해보면 표 5와 같다. DOE사의 경우 기술적계수는 전기출력값을 보정지수 값은 건설비가중 평균값을, EPRI의 경우는 기술적계수는 전기출력값을 보정지수 값은 원자력발전소 500MWe~1200MWe 보정지수 값을 사용하였다. ABB사의 경우에는 기술적계수는 전기출력값을 보정지수값은 Post-Severe Accident Policy 이후 Power Factor를 선택하였고, SWEC사의 경우, 기술적계수로 기기별 Technical Quantity를 보정지수 값은 기기별 특성값을 사용하였다.

5. 결론

DOE, EPRI, ABB, SWEC사에서 제시한 비용보정계수(CSF)를 이용하여 한국형 표준원전 1000MWe PWR 건설비를 기준으로 1400MWe급 PWR 건설비를 계산하면 표 6과 같다.

국내 1000MWe급 표준형원전을 1400MWe급 신

형원전으로 용량격상 할 경우에 비용보정계수는 아래 그림에서 보는 바와 같이 ABB-SWEC-DOE-EPRI 순으로 크게 나왔으며, 어느 기관이나 1.4를 넘지 않아 규모의 경제성이 있음을 확인 할 수 있었다. 참고로 국내 PWR 원전 용량증대에 따른 건설비용 비용보정계수는 4개 기관의 중간값을 갖는 SWEC사의 방법을 건설비 산정에 적용, 유효성을 확인한 바 있다.

참고문헌

1. DOE, A Reference Data Base for Nuclear and coal-fired Power Generation Cost Analysis , 1986
2. EPRI, Technical Assessment Guide, Volume 1, 1986, Rev.5, Page B-25
3. EPRI, Technical Assessment Guide, Volume 1, 1993, Rev.7, Page 8-11
4. ENS/SFEN, TOPNUX96, Economic Nuclear Power for 21st Century Towards the New Generation of Reactors, Volume 1, 1996, Page 133~142
5. 한전전력연구원, 차세대원자로기술개발(II) 경제성 최종평가 보고서,1999, Page 373~388