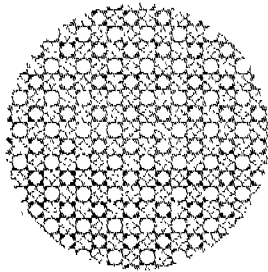


變壓器輸出市場에서 의 價格評價의 現況

Transformer Price Evaluation Trends in Foreign Market



金 英 徽

新韓電機工業(株) 專務

1. 머리말

最近 高에너지價時代를 맞이하여 經濟的인 變壓器 購入方法으로서 變壓器損失의 價格評價制度가 널리 導入되어 왔으며 特히 國際競爭入札에서는 거의 모든 境遇에 이制度가 適用되고 있다.

損失의 評價制度라 함은 變壓器購入에 있어 實地 購入價格과 變壓器의 電氣的 損失을 金額으로 換算 評價한 額數를 合算한 것을 比較檢討하여 綜合的인 見地에서 경제성을 評價하는 購入方法을 말한다.

變壓器는 電氣機械 가운데 가장 高効率로서 低損失의 기계이지만 電力會社의 基幹的인 設備이기 때문에 어느 電力會社한 것없이 莫大한 數量의 變壓器台數를 保有하고 있어 變壓器에서 發生하는 損失의 累積은 全体 送配電損失에서 相當한 比重을 차지하고 있다.

따라서 變壓器를 購入하는데 所要되는 資本的인 經費와 함께 變壓器를 運轉함으로써 發生된 損失로 消耗되는 運轉經費도 評價하여 綜合的인 경제성을 검토해야겠다는 추세는 高에너지價時代의 當然한 歸結이라고 하겠다. 그러나 우리나라에서는 아직도 變壓器購入時 損失에 對해서는 전혀 언급치 않고 價格만 싸면 購入하는 경우가 대부분이며 구입설치하고난 뒤에는 高損失이 既定化된 상태에서 에너지節減을 위해 다른 角度에서 努力한다는 얘기를 듣고 있다. 購入時 價格이 약간 비싸더라도 低損失의 變壓器를 購入하면 根源的인 에너지節減을 期할 수 있음은 물론 低損失로 인한 電氣料金節約의 果計는 단 시일에 購入時的 高價를 보상하는 그 以上の 效果를 期待할 수 있는데도 損失值를 考慮치 않는 싼價格만의 去來方式에 안타까운感이 있었으나 今年 부터 調達廳購買分의 電力用變壓器에 對하여 損失과 價格을 評價하는 綜合落札制가 實施케 되어 다행스런 일이라 하겠다.

2. 損失評價의 現況

한 變壓器의 設計가 確定되면 使用材料의 量이나 損失을 포함한 諸特性值 및 價格이 決定되게 된다. 變壓器의 損失은 磁氣回路인 鐵心(CORE)에서 發生하는 無負荷損과 電氣回路인 導體에서 發生하는 負荷損으로 되어 있다.

變壓器에서 損失을 줄인다는 것은 磁氣回路에서 磁束容度を 낮추어 鐵心の 單位重量當의 損失을 낮추거나 導電回路의 電流密度를 낮추어 負荷損失을 줄이는 것인데 磁束密度나 電流密度를 낮추면 鐵心の 斷面積이나 導體의 斷面積이 커지므로 全体的인 重量이 많아지고 材料費가 上昇되어 價格이 높아진다는 것을 말한다. 따라서 損失과 價格은 相反되는 것으로 損失을 줄이면 줄일수록 變壓器價格은 上昇된다. 그러나 低損失變壓器 購入으로 初期投資가 많아지더라도 低損失로 因한 變壓器運轉經費 節減額이 短時日에 購入時의 高價幅을 補償한다면 變壓器 壽命期間 約20年間的 經費節減額의 累計는 莫大한 것이어서 長期的인 見地에서는 低損失이고 高價인 變壓器가 高損失이고 低價인 變壓器보다 훨씬 經濟性이 있는 것으로 되며 이 効果는 燃料費가 높아져 發電單價가 높아질수록 현저하게 나타나게 된다

各國의 電力會社는 變壓器의 經濟的인 購入을 爲하여 發電單價와 負荷率 其他 各國 固有의 諸經費條件等を 勘案한 變壓器價格과 損失에 對한 綜合的인 評價方法을 樹立하고 있다.

各電力會社에서 施行하고 있는 評價方法에는 여러가지가 있겠으나 購入時의 資本經費(Capital Cost)와 運轉經費(Operating Cost) 即 無負荷損經費(No Load Loss Cost) 및 負荷損經費(Load Loss Cost) 등을 合算한 것이 最少로될 때 經濟的인 購入이라 할 수 있으므로 이들의 決定要素를 어떻게 定하는냐에 따라 評價方式이 달라지게 된다.

經費의 決定要素에는 變壓器의 耐用年數(減價償却期間), 金利, 電力單價, 年間運轉時間, 無負荷損負荷損, 負荷率 등이 있다. 一般的인 評價方式에는 耐用年數동안에 所要될 總損失經費의 現價(Present Value)를 計算하여 이것을 購入費(入札價)에 加算하는 方式 또는 年間 減價償却費에 年間損失經費를 加算하는 方式 등이 있는데 어느 경우나 대단히 복잡한 指數函數計算을 해야한다. 大개 國際入札에서는 어떤 比較基準에 의한 經濟性만 立證되면 購入評價의 目的을 達할 수 있으므로 복잡한 指數 函數計算을 排除하고 各會社가 提示한 損失單價에 의한 單純算數式으로 行하고 있는 것이 普通이다. 참고로 各國에서 行하고 있는 損失單價를 例示하면 다음과 같다.

國名	會社名	無負荷損 (Per Watt)		負荷損 (Per Watt)	
카나다	B. C. H.	C\$4.609	US\$3.38	C\$1.034	US\$0.76
미국	LAWP	US\$3.02	-	US\$1.88	-
볼리비아	EMPRESAS	US\$2.40	-	US\$1.50	-
피지	FEA	F\$5.00	US\$4.60	F\$1.00	US\$0.90
필리핀	MEC	P 24.15	US\$1.15	P. 7.085	US\$0.337
인도네시아	PLN	Rp4750	US\$4.20	Rp 1700	US\$1.50
말레이시아	NEB	M\$11.4	US\$4.86	M\$4.70	US\$2.00
태국	MEA	Bt 119	US\$4.34	Bt 59	US\$2.15
버마	EPC	Kt31.5	US\$4.00	Kt 13	US\$1.65
방글라데시	REB	US\$3.42	-	US\$0.38	-
오만	MEW	R.O 0.5	US\$1.446	R.O 0.30	US\$0.868
U A E	MEW	Dh 16.0	US\$4.36	Dh 8.0	US\$2.18
SAUDI	SCECO	SR 16.5	US\$4.52	SR 2.5	US\$0.685
에멘	YGEC	US\$ 5.00	-	US\$1.25	-
바레인	CSP	DB3.40	US\$9.02	BD 0.43	US\$1.14

(註) 무부하손 및 무부하손의 右列에 있는 US\$ 환산치는 假定的인 換算率임
 評價金額 = (入札金額) + (無負荷損單價) × (無負荷損) + (負荷損單價) × (負荷損)

위表에서 보는 바와 같이 損失換算單價는 各會社의 發電單價나 變壓器負荷率의 狀態 其他 計算基準에 따라 많은 차가 있다. 無負荷損은 電源이 投入되어 있는限 固定的으로 發生하는 固定損失이기 때문에 無負荷損單價는 간단히 算出할 수 있으나 負荷損은 負荷電流의 두제곱에 比例해서 變化하는데 變壓器의 一年中 負荷變動이 복잡하여 負荷損의 單價算定은 대단히 곤란하다. 어느 會社나 共通的인 것은 無負荷損單價가 負荷損單價보다 몇배로 높게 算定되어 있다는 것이다.

一般的으로 變壓器의 無負荷損과 負荷損(負荷損은 100%負荷時의 損失로 表示한다)의 損失比는 (1:3)~(1:6)程度로 負荷損이 훨씬 크나 負荷損은 負荷電流의 두제곱에 比例하므로 1/2負荷일 때는 100%때 負荷損失의 1/4, 1/5負荷일 때는 1/25로 減少하는데 一日中 變壓器의 運轉狀態는 輕負荷로 運轉되는 時間이 重負荷로 運轉되는 時間보다 몇배로 길고 一년中에는 거의 負荷가 없는 狀態에서 運轉되는 日數 등이 많아 一년중 發生損失의 累積値는 無負荷損이 負荷損보다 훨씬 크기 때문에 無負荷損單價를 높게 定하고 있다.

會社에 따라서는 無負荷電流도 評價對象에 包含시키고 있는 경우도 있는데 이것은 力率補償을 위한 費用을 감안한 것으로 大개 入札金額이나 損失

評價金額에 비해 無視할 수 있는 程度의 比重이다.

또는 100%電壓(定格電壓) 및 110%電壓에서의 無負荷損失을 提示케 하여 無負荷損失을 二重으로 價格評價에 反映하게 하는 곳도 있다.

이러한 損失評價制度의 入札에서는 保證損失에 對한 裕度(Tolerance)가 認定되지 않는다. 完成된 製品檢査에서 損失이 入札保證値를 超過했을 때는 超過程度가 適用國際規格에서 認定하는 裕度以內일 때는 入札評價時의 損失單價로서 計算된 超過損失만큼의 金額을 契約金額에서 減價하는 것이 普通이며 國際規格의 裕度 以上일 때는 不合格處理 된다.

3. 入札設計의 方向

變壓器入札設計의 方向은 損失評價單價의 高低에 따라 決定된다. 損失單價가 높으면 높을수록 低損失의 設計를 해야함은 물론이나 無負荷損失과 負荷損失의 單價比에 따라서 無負荷損失과 負荷損失中 어느쪽을 더 低減시켜야 할 것인가를 決定해야 한다.

例를 들어 다음과 같은 地域의 入札設計를 생각해 본다.

損失單價 地域	無負損(Wi) (U\$/Watt)	負荷損(Wc) (U\$/Watt)	Wi/Wc
A 地域	3.42	0.38	8.92
B 地域	4.34	2.15	2.02
C 地域	2.40	1.50	1.6

A 地域은 Wi/Wc比가 8.92로 Wi가 Wc에 비해 현저하게 높으므로 無負荷損失을 重視하는 地域임을 쉽게 알 수 있다. 따라서 A地域 變壓器는 負荷損失은 약간 높더라도 無負荷損失은 낮을수록 좋다.

C 地域은 Wi/Wc比가 1.6 程度로 다른 地域과의 相對的인 見地에서 Wc가 大端히 높다. 따라서 C 地域 變壓器는 無負荷損失은 약간 높더라도 負荷損失은 낮을수록 좋은 評價를 期待할 수 있다.

B 地域은 A, C 地域과 比較할 때 Wi 및 Wc가 모두 높다. 따라서 無負荷損失 및 負荷損失 양쪽이 모두 낮을수록 좋은 評價를 期待할 수 있다.

그러나 損失이 低減되면 될수록 投入材料費가 增大되어 價格이 上昇하므로 손실을 어디까지 低減시켜서 價格을 어느線에 맞추어야 入札에 對備하는

適正한 設計가 되느냐 하는 經濟性의 限界問題를 생각하지 않을 수 없게 되는데 이것에 對한 解答은 漠然하다. 다만 그會社入札에 過去부터 참가해온 各國 여러會社들의 入札했던 資料分析을 해보면 그會社 나름대로의 價格 및 損失의 水準이 形成되어 있음을 짐작할 수 있으므로 이것을 基準으로 다음 入札에서는 總評價에서 勝利할 수 있는 線을 摸索해야 한다. 總評價水準이 前番 入札때보다 後退한다는 경우는 없다는 것을 우선 염두에 두고 前번 入札對比 向上된 設計를 하는 수밖에 없다.

한편 同一種類의 變壓器에 對하여 어떤 設計가 A 地域入札에서 落札되었다고 해서 B 地域 入札에서도 有利할 것이란 생각은 誤算으로 損失單價에 따라 地域別로 設計方向을 檢討해야 한다. 例를 들어 다음과 같은 變壓器를 A, B 地域에 入札한 경우를 검토해 본다.

	設計 1	設計 2
容 量	3 相 100KVA	3 相 100KVA
入札金額	U\$ 1,100 ⁰⁰	U\$ 1,500 ⁰⁰
無負荷損	300W	250W
負 荷 損	1,700W	1,200W

A 地域評價 ($W_i = U\$3^{42}/W$, $W_c = U\$0.38/W$)

(設計 1)

入札金額 U\$ 1,100⁰⁰
 無負荷損 $U\$3^{42} \times 300W = U\$ 1,026^{00}$
 負 荷 損 $U\$0.38 \times 1,700W = U\$ 646^{00}$
 評價金額 U\$ 2,772⁰⁰

(設計 2)

入札金額 U\$ 1,500⁰⁰
 無負荷損 $U\$3^{42} \times 250W = U\$ 855^{00}$
 負 荷 損 $U\$0.38 \times 1,200W = U\$ 456^{00}$
 評價金額 U\$ 2,811⁰⁰

B 地域評價 ($W_i = U\$4.34/W$, $W_c = U\$2.15/W$)

(設計 1)

入札金額 U\$ 1,100⁰⁰
 無負荷損 $U\$4.34 \times 300W = U\$ 1,302^{00}$
 負 荷 損 $U\$2.15 \times 1,700W = U\$ 3,655^{00}$
 評價金額 U\$ 6,057⁰⁰

(設計 2)

入札金額	U\$ 1,500 ⁰⁰
無負荷損 U\$4 ⁴⁴ × 250W =	U\$ 1,085 ⁰⁰
負荷損 U\$2 ¹⁵ × 1200W =	U\$ 2,580 ⁰⁰
評價金額	U\$ 5,165 ⁰⁰

即 設計 1 은 A地域評價에서는 設計 2 보다 낮은金額으로 評價되지만 B地域評價에서는 價格에서 設計 1 보다 36%나 비싼 設計 2 가 低價로 評價된다.

따라서 損失單價가 比較的 큰 경우에는 價格이 大端히 높아 入札金額上으로 中間順位에 있더라도 入札參加者 중에서 損失이 最低일 때는 評價順位가 最低로 反轉되는 수가 흔히 있다. 極端的인 경우에는 綜合評價上으로는 分明히 最低인 1番入札者와 2番評價入札者를 比較할 때 綜合評價差는 아주 적은데 入札金額差는 대단히 커서 綜合評價順대로 購入을 해야 하느냐로 주저하는 경우도 없지 않은 것으로 알고 있다.

最近 몇년동안 國際市場에서 競爭各社의 損失低減을 위한 努力은 놀라운 程度로 泰國市場에서의 한 例를 보면 다음 表와 같다.

24/0.416KV 3상 112.5KVA, 50Hz

	1979년		1982년		1982/1979對比 손실저감율	
	무부하손 (W)	부하손 (W)	무부하손 (W)	부하손 (W)	무부하손 (%)	부하손 (%)
J. M社	385	1292	300	883	80.25	68.34
K. N社	415	1123	325	895	78.31	79.69

12/0.416KV 3φ 750KVA, 50Hz

	1979년		1982년		1982/1979對比 손실저감율	
	무부하손 (W)	부하손 (W)	무부하손 (W)	부하손 (W)	무부하손 (%)	부하손 (%)
J. M社	1124	6980	1070	4600	95.2	65.9
B. A社	1410	7625	860	4800	60.99	62.95

損失低減設計를 위해서는 設計技術도 重要하지만 使用材料의 高級화와 使用方法的 改善도 檢討되어야 한다. 導電材料인 鋼 또는 알루미늄은 變化가 없으나 磁氣材料인 矽소강대는 近年에 G₁₁, G₁₀, G₉ 등에서 G_{8H}, G_{7H}, G_{6H} 까지 等級이 向上되었고 두

께가 얇아지면 손실이 낮아지므로 종래의 0.35mm, 0.3mm 등 두께에서 0.27mm, 0.23mm까지 製造販賣되고 있다. 矽소강대가 高級化되면 使用方法如何에 따라 實地製作된 變壓器의 無負荷損은 Epstein 시험치보다 (1.15~1.2)배로 커지게 되는데 이들 數値의 比 即 Building Factor를 (1.0)으로 接近시키는 使用方法改善도 研究檢討 되어야 한다.

變壓器의 低損失化的 競爭이 深化되면서, 最近의 設計傾向은 과거의 傳統的인 設計基準이 適用되지 않는 方向으로 變化해 가는 點도 있다. 一般的인 設計基準은 機械가 製造되었을 때 安全하게 使用할 수 있으면서 材料物量이 적게 使用되어야 한다는 概念에서 確立되어온데 對하여 低損失變壓器는 이러한 傳統的인 基準을 벗어나 電流밀도나 磁束밀도를 過去의 水準보다 현저하게 낮추어 材料物量이 增加하더라도 低損失이면 된다는 方向으로 變化해 가고 있다.

4. 맺음말

變壓器의 海外販賣는 一般商業베이스의 거래도 있지만 대개는 국제 경쟁입찰에 依해서 이루어진다. 이 미 개척된 市場을 持續적으로 確保한다면 新市場을 개척하기 위해서는 競爭各社가 數年間에 걸쳐 이루어놓은 價格 및 損失特性的 水準을 每入札 때마다 계속적으로 개선해 나가지 않으면 안된다는데 큰 어려움이 있다. 이번 入札에서의 最善의 設計는 다음번 入札에서는 競爭會社間의 露出된 공격 목표가 되기 때문에 보다 向上된 또 다른 最善이 摸索되지 않으면 안된다. 따라서 꾸준한 工程改善이나 品質管理 등으로 原價節減要因 및 特性向上要因을 創出하여 設計에 反映함은 물론 入札參加會社들의 價格 損失, 使用材料, 製造方法等 情報를 수집 分析하여 다음 入札에 對備해야 한다. *