

應用範例 某工廠汰換矽鋼片標準型變壓器，採用非晶質高效率變壓器

1.專案說明：本專案將廠內 2 組矽鋼片-標準型三相變壓器(3,000kVA)汰舊換新，改採為非晶質高效率變壓器(3,000kVA)。

2.適用條件：

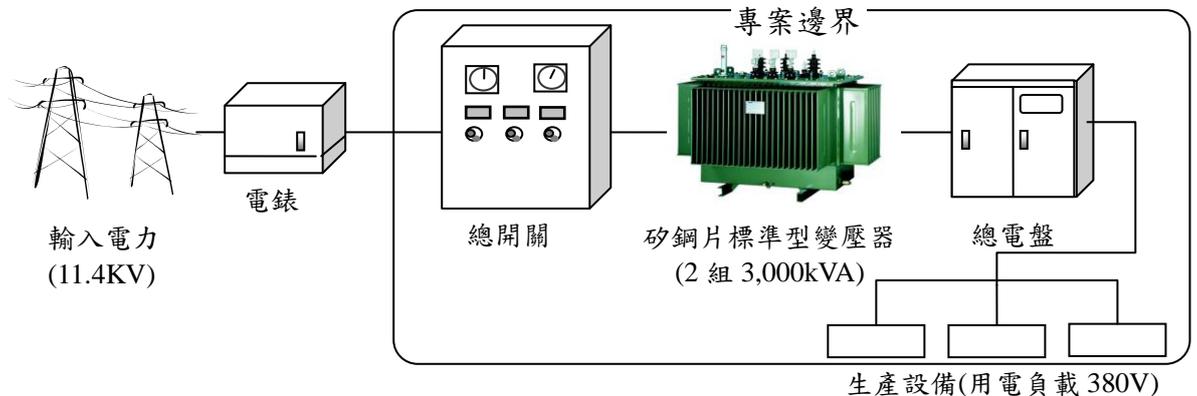
本專案依循「TMS-II-007 更換為高效率變壓器」方法，並符合下列適用條件一

- (1)廠內既有電力變壓器更換為較專案實施前高效率之電力變壓器，符合條件 1。
- (2)本專案屬於既有變壓器之汰換，非新設/新增變壓器，符合條件 2。
- (3)專案實施後之變壓器設備為全新設備，並非來自其他專案活動，符合條件 3。
- (4)專案實施前後，變壓器運轉之動力來源皆為電力，符合條件 4。
- (5)專案實施後，變壓器所提供之電力為自廠所使用，符合條件 5。
- (6)既有變壓器仍能繼續運作，符合條件 6。
- (7)專案設備之剩餘使用年限超過 10 年(大於計入期)，符合條件 7。
- (8)本專案每年節電量為 114,508 kWh/y，小於 60GWh/y，符合條件 8。

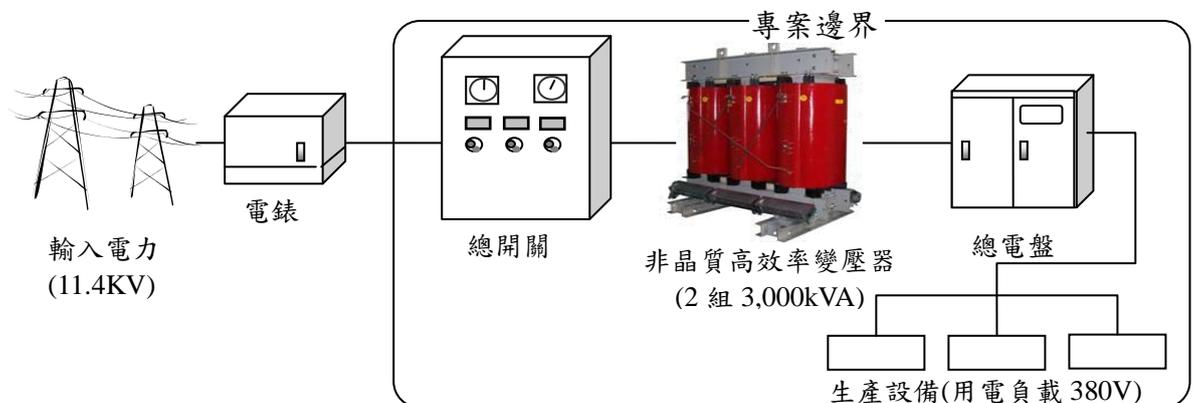
3.專案執行邊界：

包含變壓器及其供電範圍。

(1)專案實施前



(2)專案實施後



(3)於基線情境與專案實施後，本專案活動因電力使用產生之溫室氣體種類包括



CO₂、CH₄及N₂O，其中，CO₂為主要的溫室氣體排放，專案邊界內之溫室氣體排放源鑑別如表1所示。

表1 專案邊界內之溫室氣體排放源鑑別

溫室氣體	是否納入	說明
CO ₂	是	主要的溫室氣體排放
CH ₄	是	納入考量
N ₂ O	是	納入考量

4.外加性說明：

(1)法規外加性：現行法令未針對工廠變壓器設備效率提升進行規範。

(2)投資障礙分析：設備投資回收年限，大於公司歷年投資容許風險(3年)，故符合投資外加性。

$$\text{設備投資回收年限} = \frac{\text{設備投資費用(元)} - \text{政府相關補助(元)}}{\text{能源節省量(用量/年)} \times \text{單位能源價格(元)}} > 3\text{年}$$

相關計算如下：

- 每年節約用電 114,508 度，每度電平均單價為 2.6 元(依據工廠 100 年度用電平均單價)。
- 購置 3,000kVA 非晶質變壓器費用估計約 200 萬元(含外箱)。
- 無政府補助。
- 設備投資回收年限

$$\begin{aligned} &= \frac{\$NTD 2,000,000 - \$NTD 0}{(331,818\text{kWh}/\$NTD - 217,310\text{kWh}/\$NTD) \times \$NTD 2.6/\text{kWh}} \\ &= \frac{\$NTD 2,000,000}{\$NTD 297,721/\text{y}} \approx 6.7\text{年} > 3\text{年} \end{aligned}$$

註：未來產業於應用本減量方法時，應依各專案實況選擇適合之外加性論述方式。(如，採用其他投資分析方式(IRR、NPV)，提出專案經費籌措困難證明，或進行技術障礙、普遍性障礙及其他障礙論述等)。另，針對設備投資回收年限之計算方式與設定基準，亦應依各公司狀況、產業發展趨勢或專案實施當時政策等情況而定。

5.基線排放量：

(1)基線情境(工廠實際狀況)

本專案依循「TMS-II-007 更換為高效率變壓器」方法，以「既有變壓器設備之持續使用」做為基線情境。廠內設有 2 組容量 3,000kVA 矽鋼片-標準型三相變壓器，98~100 年 1 組年平均用電量為 19,272,000kWh，98~100 年平均功率因數為 95%，每天 24 小時生產，全年工作天數 365 天，合計每年使用 8,760

小時。

(2) 基線用電量

- 經查表 2 變壓性特性表，矽鋼片-標準型變壓器鐵損($P_{i,BL}$)=7,200W，銅損($P_{c,BL}$)19,800W。(全損失 27,000W – 無載損失 7,200W)

表 2 變壓器特性表

變壓器型式	容量(kVA)	額定電壓(V)		損失(W)		效率(%)
		一次側	二次側	無載損	全損失	
非晶質-標準型	3,000	11.4kV	380V	1,480	23,980	99.21
非晶質-高效率型				1,340	20,000	99.34
矽鋼片-標準型				7,200	27,000	99.11
矽鋼片-低噪音型				4,750	23,450	99.22

資料來源：大同股份有限公司網站

單一變壓器計算：

單一組 3,000kVA 變壓器全年總用電量為 19,272,000kWh

$$LF_{PJ} = (EC_{total, PJ, y} \div T_{PJ, y} \div PF_{PJ}) \div TC$$

$$= (19,272,000\text{kWh} \div 8,760\text{h} \div 95\%) \div 3,000\text{kVA} = 77\%$$

$$EC_{BL, y} = [P_{i, BL} + (LF_{PJ})^2 \times P_{c, BL}] \times T_{PJ, y} \div 1000\text{W/kW}$$

$$= [7,200\text{W} + (77\%)^2 \times 19,800\text{W}] \times 8,760\text{h} \div 1,000\text{W/kW} = 165,909 \text{ kWh}$$

共有 2 組同規格之 3,000kVA 變壓器：

$$EC_{total, PJ, y} = 19,272,000\text{kWh} \times 2\text{set} = 38,544,000 \text{ kWh}$$

$$EC_{BL, y} = 165,909 \text{ kWh} \times 2\text{set} = 331,818 \text{ kWh}$$

$$T_{PJ, y} = \min(T_{PJ, y}, T_{his}) = 8,760\text{h}$$

參數	定義	單位	數值
$EC_{BL, y}$	y 年之變壓器基線用電量	kWh	331,818
$EC_{total, PJ, y}$	y 年之專案廠內全年總用電量	kWh	38,544,000
$P_{i, BL}$	基線變壓器之鐵損	W	7,200
$P_{c, BL}$	基線變壓器之銅損	W	19,800
LF_{PJ}	專案實施後年平均負載率	%	77
$T_{PJ, y}$	專案實施後，變壓器之年運轉時間	h	8,760
T_{his}	變壓器年運轉時間之歷史值	h	8,760
PF_{PJ}	專案實施後廠內功率因數	%	95
TC	變壓器容量	kVA	3,000

註：計畫書撰寫時以 98-100 年數據計算，但專案執行後應以實際數據為主。

(3) 基線排放量

$$BE_y = EC_{BL, y} \times EF_{ELEC, y} \div 1,000 \text{ kg/t}$$

$$= 331,818\text{kWh/y} \times 0.536\text{kgCO}_2\text{e/kWh} \div 1,000 \text{ kg/t} = 178 \text{ tCO}_2\text{e/y}$$

參數	定義	單位	數值
BE_y	y 年之變壓器基線排放量	tCO ₂ e	178
$EF_{ELEC,y}$	電力排放係數	kgCO ₂ e/kWh	0.536

6. 專案實施後之排放量：

(1) 專案實施後之能源使用量

- 經查表 1 變壓性特性表，非晶質高效率變壓器鐵損($P_{i,PJ}$)=1,340W，銅損($P_{c,PJ}$)18,660W (20,000W-1,340W)。

單一變壓器計算：

$$\begin{aligned}
 EC_{PJ,y} &= \left[P_{i,PJ} + (LF_{PJ})^2 \times P_{c,PJ} \right] \times T_{PJ} \div 1,000W/kW \\
 &= \left[1,340W + (77\%)^2 \times 18,660W \right] \times 8,760h \div 1,000W/kW \\
 &= 108,655kWh
 \end{aligned}$$

共有 2 組 3,000kVA 變壓器：

$$EC_{PJ,y} = 108,655kWh \times 2set = 217,310 kWh$$

參數	定義	單位	數值
$EC_{PJ,y}$	y 年之專案變壓器之用電量	kWh	217,310
$P_{i,PJ}$	專案變壓器之鐵損	W	1,340
$P_{c,PJ}$	專案變壓器之銅損	W	18,660
$T_{PJ,y}$	專案實施後，變壓器之年運轉時間	h/y	8,760
LF_{PJ}	專案實施後年平均負載率	%	77

(2) 專案實施後之排放量

$$\begin{aligned}
 PE_y &= EC_{PJ,y} \times EF_{ELEC,y} \div 1,000 kg/t \\
 &= 217,310 kWh \times 0.536kgCO_2e/kWh \div 1,000 kg/t = 116 tCO_2e
 \end{aligned}$$

參數	定義	單位	數值
PE_y	y 年之專案變壓器之排放量	tCO ₂ e	116
$EC_{PJ,y}$	y 年之專案變壓器之用電量	kWh	217,310
$EF_{ELEC,y}$	電力排放係數	kgCO ₂ e/kWh	0.536
$T_{PJ,y}$	專案實施後，變壓器之年運轉時間	h/y	8,760

7. 洩漏量：

本專案之變壓器效率提升，並非由其他設備轉入或由專案中轉移出去(所汰換之變壓器直接報廢，無移至他廠使用之情形)，故依減量方法「TMS-II.-007 更換為高效率變壓器」並無洩漏產生。

8. 排放減量：

(1) 單一年度排放減量

$$ER_y = BE_y - (PE_y + LE_y)$$



$$=178 \text{ tCO}_2\text{e} - (116 \text{ tCO}_2\text{e} + 0 \text{ tCO}_2\text{e}) = 62 \text{ tCO}_2\text{e}$$

- 相關計算參數彙整如表 5 所示：

表 5 排放減量計算參數彙整表

參數	定義	單位	數值
ER_y	y 年之排放減量	tCO ₂ e	62
BE_y	y 年之基線排放量	tCO ₂ e	178
PE_y	y 年之專案排放量	tCO ₂ e	116
LE_y	y 年之洩漏量	tCO ₂ e ₂	0

(2) 計入期計算摘要

本專案以變壓器汰換工程發包日(101 年 10 月 1 日)為起始日，考量變壓器壽齡約 20 年，則專案結束日期為 121 年 9 月 30 日。

另，依據環保署「溫室氣體先期暨抵換專案推動原則」，選擇以 10 年(固定型)做為專案計入期，初步規劃減量效益計算期間為 102 年 1 月 1 日~111 年 12 月 31 日，則於計入期內各年度之減量計算摘要如表 6：

表 6 專案計入期之溫室氣體減量

年 (民國)	基線排放量 (tCO ₂ e)	專案實施後之 排放量 (tCO ₂ e)	洩漏量 (tCO ₂ e)	排放減量 (tCO ₂ e)
102	178	116	0	62
103	178	116	0	62
104	178	116	0	62
105	178	116	0	62
106	178	116	0	62
107	178	116	0	62
108	178	116	0	62
109	178	116	0	62
110	178	116	0	62
111	178	116	0	62
合計	1,780	1,160	0	620



(3)預設係數與參數說明

數據/參數	$P_{i,BL}$
數據單位	W
描述	基線變壓器之鐵損
使用數據來源	設備商所提供之產品型錄值
數值	7,200
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述	-
備註	僅在計畫書撰寫時確認

數據/參數	$P_{c,BL}$
數據單位	W
描述	基線變壓器之銅損
使用數據來源	設備商所提供之產品型錄值
數值	19,800
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述	-
備註	僅在計畫書撰寫時確認

數據/參數	$P_{i,PJ}$
數據單位	W
描述	專案變壓器之鐵損
使用數據來源	規格值
數值	1,340
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述	設備商所提供之產品型錄值
備註	僅在計畫書撰寫時確認

數據/參數	$P_{c,PJ}$
數據單位	W
描述	專案變壓器之銅損
使用數據來源	規格值
數值	18,660
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述	設備商所提供之產品型錄值
備註	僅在計畫書撰寫時確認



數據/參數	TC
數據單位	kVA
描述	變壓器容量
使用數據來源	規格值
數值	3,000
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述	設備商之產品型錄值
備註	僅在計畫書撰寫時確認

數據/參數	T_{his}
數據單位	h
描述	變壓器年運轉時間之歷史值
使用數據來源	操作紀錄
數值	8,760
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述	-
備註	僅在計畫書撰寫時確認

9. 監測方法：

(1) 應被監測之數據與參數

數據/參數	$EC_{total, PJ, y}$
數據單位	kWh
描述	y 年之專案廠內全年總用電量
使用數據來源	量測計算值
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	38,544,000
將被採用的量測方法和步驟之描述	由全年電費單資訊統計
將被應用的 QA/QC 步驟	利用電力分析儀器量測平均用電負載，使用之儀器應定期依循供應商建議或國家標準進行校正
備註	計畫書撰寫時以 98-100 年數據計算，但專案執行後應以實際數據為主



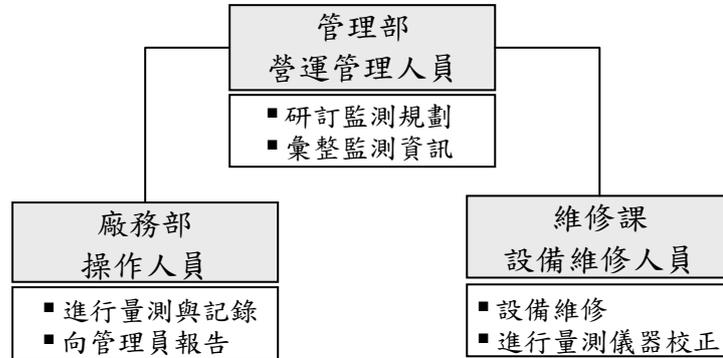
數據/參數	$T_{PJ,y}$
數據單位	h
描述	專案實施後，變壓器之年運轉時間
使用數據來源	由操作時間推算
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	8,760
將被採用的量測方法和步驟之描述	記錄變壓器設備年運轉時間
將被應用的 QA/QC 步驟	操作人員須確認變壓器設備運轉正常，確實記錄運轉時間，並妥善保管數據資料
備註	計畫書撰寫時以 98-100 年數據計算，但專案執行後應以實際數據為主

數據/參數	PF_{PJ}
數據單位	%
描述	專案實施後廠內功率因數
使用數據來源	量測值
數值	95
數據選擇說明或實際應用之量測方法和步驟的描述	裝設功率因數調整記錄器
將被應用的 QA/QC 步驟	管理部人員每年確認政府公告值是否更新，並應採用與計畫申請年度最接近之數據
備註	計畫書撰寫時以 98-100 年數據計算，但專案執行後應以實際數據為主

數據/參數	$EF_{ELEC,y}$
數據單位	kgCO ₂ e/kWh
描述	電力排放係數
使用數據來源	國家公告值
用於計算預估排放減量/移除量之數據數值	0.536
將被採用的量測方法和步驟之描述	<ul style="list-style-type: none"> 使用能源局公告值，每年確認一次
將被應用的 QA/QC 步驟	管理部人員每年確認政府公告值是否更新，並應採用與計畫申請年度最接近之數據。
備註	<ul style="list-style-type: none"> 引用能源局公告 100 年度電力排放係數(2012 年 9 月 14 公告，調整後) 以電子檔或紙本保存



(2) 監測系統之管理結構(組織架構與權責)



附件

國際 IPMVP/ 國內 M&V 績效驗證方式

選項	量測方式	計算方式	量測與驗證費用
A	<ul style="list-style-type: none"> 透過部分量測獨立改善設備的耗能來計算節能量，量測時間可短期或連續量測 部分量測代表某些耗能參數可以為約定值，但做約定時必須進行誤差分析，證明約定值總誤差造成節能量計算結果的影響不大 	<ul style="list-style-type: none"> 使用短時間或連續量測、約定值、電腦模擬與(或)歷史資料，進行節能效益計算 	<ul style="list-style-type: none"> 決定於量測點的多寡、約定內容的複雜程度、量測頻率，典型的費用約占 1~5% 的節能專案成本
B	<ul style="list-style-type: none"> 透過全部量測獨立改善設備的耗能來計算節能量，量測時間可短時或連續量測 全部量測代表全部耗能參數皆以量測獲得，而非約定 	<ul style="list-style-type: none"> 使用短時間或連續量測，進行節能效益計算 	<ul style="list-style-type: none"> 決定於量測點及系統型態，與分析及量測的條款，典型的費用約占 3~10% 的節能專案成本
C	<ul style="list-style-type: none"> 透過全部量測整廠的耗能來計算節能量，量測時間可短時或連續量測 通常是利用現有電力公司或燃料公司公表進行量測 	<ul style="list-style-type: none"> 藉由回歸分析，針對公表或分表之數據進行分析比較 	<ul style="list-style-type: none"> 決定於分析參數的數量及複雜程度，典型的費用約占 1~10% 的節能專案成本
D	<ul style="list-style-type: none"> 透過電腦模擬方式來求得節能量，獨立節能改善或證廠節能改善皆可適用 此選項需要大量模擬方面的技術與理論基礎 	<ul style="list-style-type: none"> 將耗能相關數據帶入模擬模型進行校正後，再計算節能效益 	<ul style="list-style-type: none"> 決定於分析系統的數量及複雜程度，典型的費用約占 3~10% 的節能專案成本

資料來源：陳輝俊，台灣 ESCO 節能績效量測與驗證之案例分析，2010。