

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：) 實習

變壓器熱循環能源再生技術

服務機關：台灣電力公司

出國人職稱：十一等機電股長

姓名：鄭石洋

出國地區：日本

出國日期：90.09.26.~90.10.09

報告日期：90.11.28







G3/
C09005162

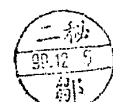
行政院及所屬各機關出國報告審核表

出國報告名稱：變壓器熱循環能源再生技術	
出國計畫主辦機關名稱：臺灣電力公司	
出國人姓名/職稱/服務單位：鄭石洋/十一等機電股長/北區施工處	
出國計畫 主辦機關 審核意見	<input checked="" type="checkbox"/> 1. 依限繳交出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 2. 格式完整 <input checked="" type="checkbox"/> 3. 內容充實完備. <input checked="" type="checkbox"/> 4. 建議具參考價值 <input checked="" type="checkbox"/> 5. 送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 6. 送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 7. 退回補正，原因： <input type="checkbox"/> (1) 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> (2) 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容以 <input type="checkbox"/> (3) 內容空洞簡略容 <input type="checkbox"/> (4) 未依行政院所屬各機關出國報告規格辦理 <input type="checkbox"/> (5) 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 8. 其他處理意見
層轉機關 審核意見	<input type="checkbox"/> 同意主辦機關審核意見 <input type="checkbox"/> 全部 <input type="checkbox"/> 部分 _____ (填寫審核意見編號) <input type="checkbox"/> 退回補正，原因： _____ (填寫審核意見編號) <input type="checkbox"/> 其他處理意見：

說明：

- 一、出國計畫主辦機關即層轉機關時，不需填寫「層轉機關審核意見」。
- 二、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 三、審核作業應於報告提出後二個月內完成。

總經理： 	主管處： 	單位： 	報告人： 
副總經理：	主 管：	主 管： 	主 管： 



行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：變壓器熱循環能源再生技術

頁數 1 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

鄭石洋/台電公司/輸變電工程處/十一等機電股長/02-23229997

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：90.09.26.～90.10.09. 出國地區：日本

報告日期：90.11.28.

分類號/目

關鍵詞：

內容摘要：(二百至三百字)

- 一、環境保護的意識逐漸抬頭的時代，考慮變壓器熱循環能源再生技術，係將變壓器排除在外的廢熱氣回收再生利用，實是一個非常重要的課題。
- 二、此行觀摩日本變電所，其中三所變電所（東新宿變電所、上二變電所、名城變電所）在變壓器熱循環能源再生技術的實務經驗，工程技術新穎，可供本公司未來須應用變壓器熱循環能源再生技術時，可適時加以應用。
- 三、變壓器散熱方式可區分為風冷式及水冷式二種，此二種方式皆可應用變壓器熱循環能源再生技術，其中以水冷式的效率較高。
- 四、變壓器風冷式散熱方式的熱循環能源再生技術，可區分所內儲熱槽回收方式、排氣溫風口回收方式、排熱油管回收方式三種。
- 五、變壓器水冷式散熱方式的熱循環能源再生技術，可區分為排氣風洞內回收方式、所外儲槽回收方式、供熱所外無儲熱槽回收方式三種。

目 錄

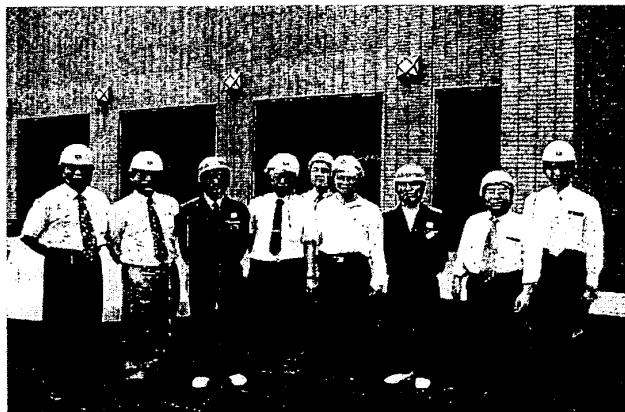
壹、前言與實習行程內容簡介-----	2
一、前言 -----	2
二、實習行程內容簡介 -----	3
貳、心得與感想 -----	7
一、變壓器散熱方式 -----	7
二、廢熱再生利用 -----	7
三、案例探討 -----	23
參、綜合結論與建議 -----	28
一、綜合結論 -----	28
二、建議 -----	29

壹、前言與實習行程內容簡介

一、前言

變壓器於變電所內為最重要的變電設備，因其運轉而產生大量的廢熱，需經由熱循環靠散熱器來排除。而排除在變電所外的廢熱氣，將影響附近環境的溫升，在目前追求環保的時代，如何將這些廢熱再生利用，是一個非常重要的課題。

此回出國到日本實習「變壓器熱循環能源再生技術」，拜訪變壓器製造廠商日立公司，及散熱器製造廠商多田公司，並經由廠商安排參觀四所變電所，觀摩日本變電所在變壓器熱循環能源再生技術的實務經驗，藉以實習如何有效利用本公司變壓器廢熱之再生利用，使其加熱水溫，可供變電所值班宿舍之廚房、洗盥室使用，或供溫水游泳池之水加溫使用，或供維持溫室植物之環境溫度使用。如此除了可解決變電所值班人員部份能源問題之外，更可藉此顯示本公司重視環保的決心，實際實施環保之措施，藉以提升本司之形象。

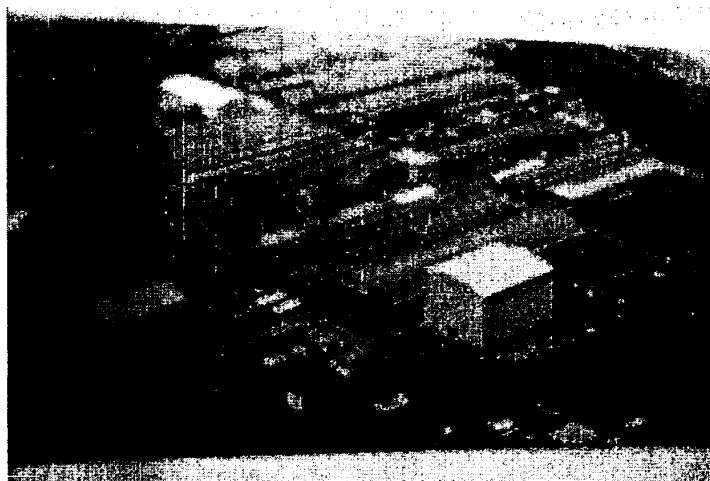


二、 實習行程內容簡介

(一) 90年9月26日至10月2日

至日立公司國分工廠及東京電力公司之東新宿變電所參訪。

日立國分工廠專門製造有關重電方面的設備，如電力變壓器、氣體絕緣開關(GIS).....等，國內重電製造廠商如中興電工、華城電機....等，皆與此廠有技術合作關係。



日立公司國分工廠全區圖

經由日立公司安排拜訪東京電力公司，參觀東新宿變電所。

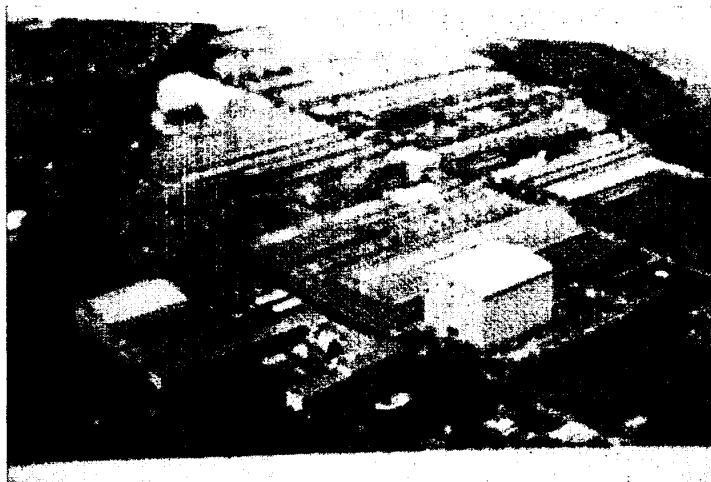
此變電所為 275KV/66KV 之超高壓變電所，目前設置 275KV · LINE 二回線 (最終三回線)，275/66/21 KV 300MVA 變壓器二台 (最終三台)，66 KV LINE 十七回線 (最終三十六回線)。其為多目標變電所，地面八層為辦公室及員工宿舍，地下四層為變電所。

二、 實習行程內容簡介

(一) 90年9月26日至10月2日

至日立公司國分工廠及東京電力公司之東新宿變電所參訪。

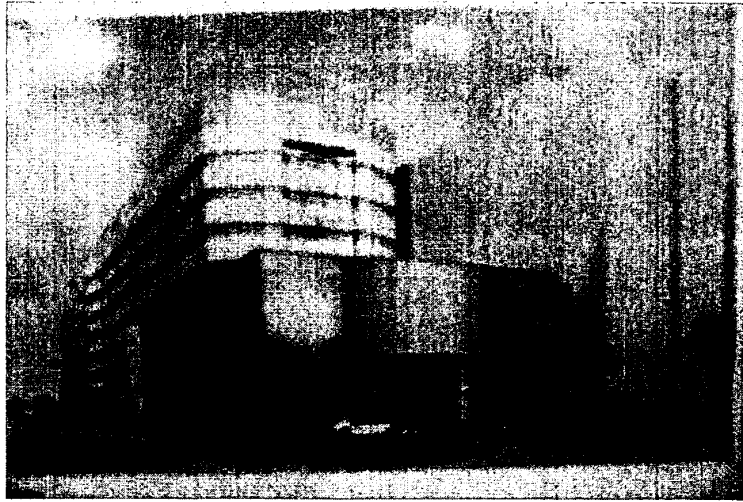
日立國分工廠專門製造有關重電方面的設備，如電力變壓器、氣體絕緣開關(GIS).....等，國內重電製造廠商如中興電工、華城電機....等，皆與此廠有技術合作關係。



日立公司國分工廠全區圖

經由日立公司安排拜訪東京電力公司，參觀東新宿變電所。

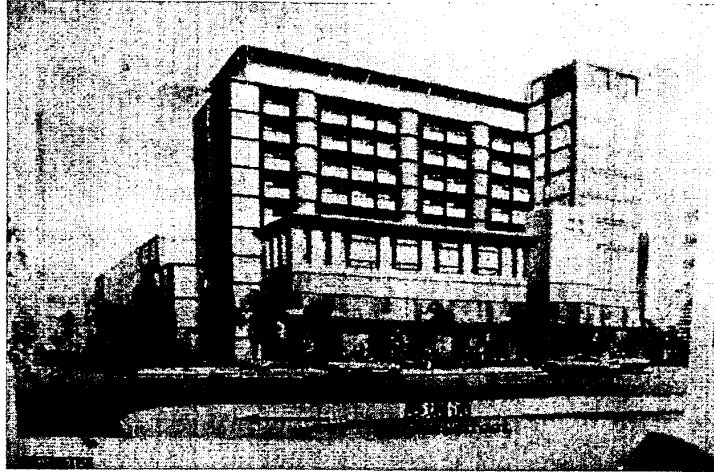
此變電所為 275KV/66KV 之超高壓變電所，目前設置 275KV · LINE 二回線 (最終三回線)，275/66/21 KV 300MVA 變壓器二台 (最終三台)，66 KV LINE 十七回線 (最終三十六回線)。其為多目標變電所，地面八層為辦公室及員工宿舍，地下四層為變電所。



東新宿變電所外觀

(二) 90年10月3日至10月9日

經由多田公司安排拜訪關西電力公司，參觀上二變電所。此變電所為 500KV/154KV 之超高壓變電所，目前尚未設置 500KV LINE，2005 年將設置二回線(最終六回線)，目前尚未設置 500/154KV 1000MVA 變壓器，2005 年將設置二台(最終三台)，現設置 275KV LINE 四回線(最終二十六回線)，目前尚未設置 154/22 KV 200MVA 變壓器(最終將設置三台)，目前尚未設置 22 KV LINE(最終六十回線)。現設置 154/66KV 60MVA 變壓器二台(最終三台)，及設置 6.6 KV LINE 二十回線(最終六十回線)。其為多目標變電所，地面八層，一至四層為辦公室，五至八層員工宿舍，地下四層為變電所，此三種區域分別有不同的出入門。



上二變電所外觀

經由多田公司安排拜訪中部電力公司，參觀松枝變電所。

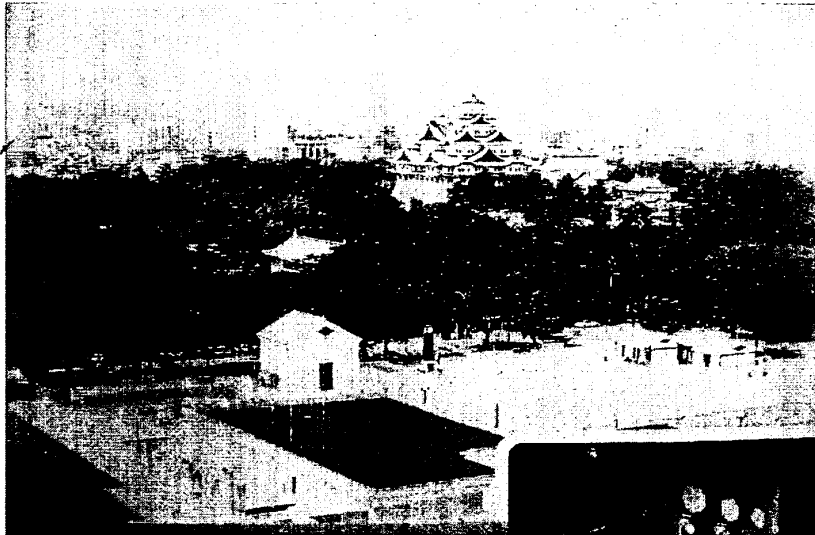
此變電所為 275KV/154KV 之超高壓變電所，目前設置 275KV LINE 七回線（最終十二回線），275/154/31.5 KV 450MVA 變壓器二台（最終三台），154 KV LINE 七回線（最終十五回線）。其為多目標變電所，地面六十五公尺（約十六層）為營業所辦公室、電力控制中心及通訊網路中心，地下三十三公尺（約四層）為變電所。



松枝變電所外觀

經由多田公司安排拜訪中部電力公司，參觀名城變電所。

此變電所為 275KV/154KV 之超高壓變電所，目前設置 275KV LINE 四回線（最終十二回線），275/154/31.5 KV 450MVA 變壓器二台（最終三台），154 KV LINE 六回線（最終十五回線）。其為公園停車場地下變電所，地下五層，一至二層為地下停車場，三至五層為地下變電所。



名城變電所外觀

貳、心得與感想

一、變壓器散熱方式

變壓器因運轉而大量的廢熱，需經由熱循環靠散熱器來排除。而排除廢熱的方式，大致上可區分為風冷式及水冷式二種。

(一) 風冷式

變壓器的廢熱經由散熱風扇來排除，其設備較簡單，投資較經濟，惟效率較低，適合容量小的變壓器，或環境較空曠的變電所。

(二) 水冷式

變壓器的廢熱經由散熱冷卻水塔來排除，其設備較複雜，投資較昂貴，惟效率較高，適合容量大的變壓器，或環境較狹窄的變電所，或散熱不易的地下變電所。

二、廢熱再生利用

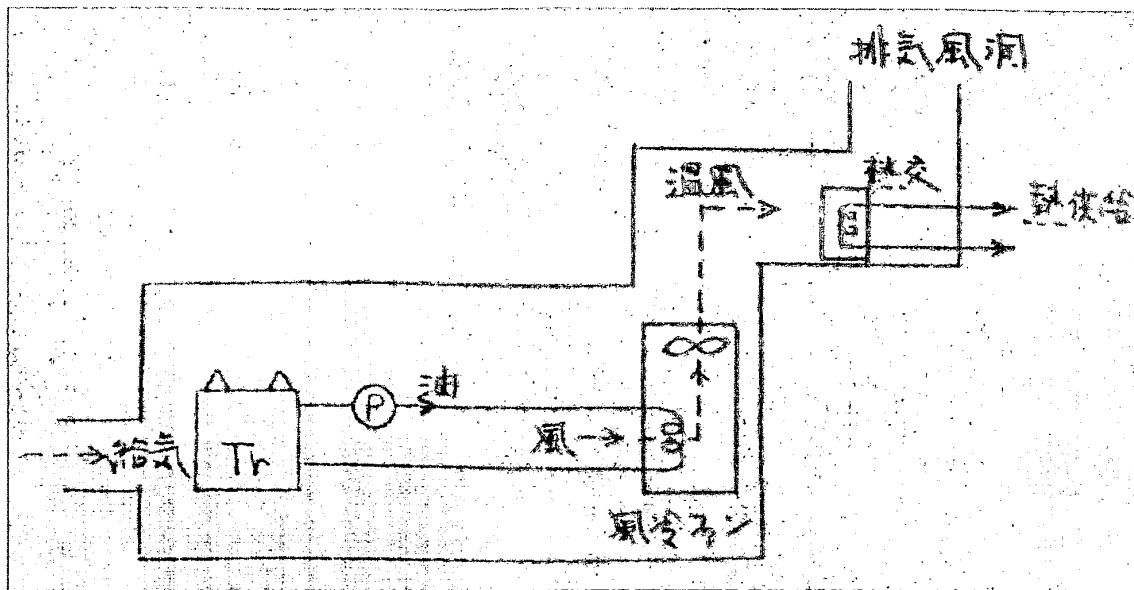
變壓器熱循環能源再生技術，係將變壓器排除在外的廢熱氣回收再生利用，可依變壓器的散熱方式不同，分別討論。

(一) 風冷式散熱變壓器

(1) 排氣風洞內回收

將空氣與水熱交換器安裝於排氣風洞內，設置方式如下圖

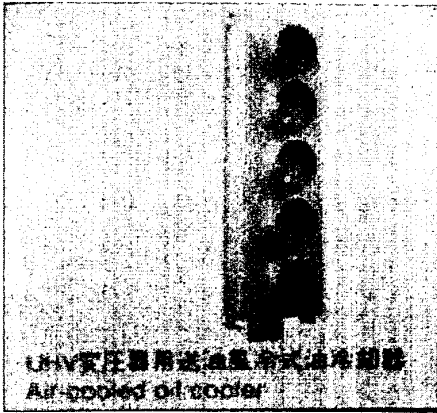
所示：



此種方式對既有變壓器設備，不需要再追加散熱裝置，空氣與水熱交換器安裝於排氣風洞內，廢熱回收的可能性相當容易。另變電所側與熱利用側不必直接連結，熱源供應配管容易，開使投資的費用不很多，算是蠻經濟的設備，且不會變壓器電力供給之信賴度。其缺點為空氣與水熱交換器安裝於排氣風洞內，若有故障維修時，非常不方便，平時保養時，亦不易檢點。

在此系統中，變壓器之散熱器及空氣與水熱交換器為二個最重要的設備，設備的選用、安裝地點及方式，皆可能會引影響廢熱回收的效率，規劃時要特別注意。變壓器之散熱器的外形因應變壓器的種類而不同，大致區分油絕緣變壓器及氣體絕緣變壓器二種。

油絕緣變壓器之散熱器外形如下圖所示：

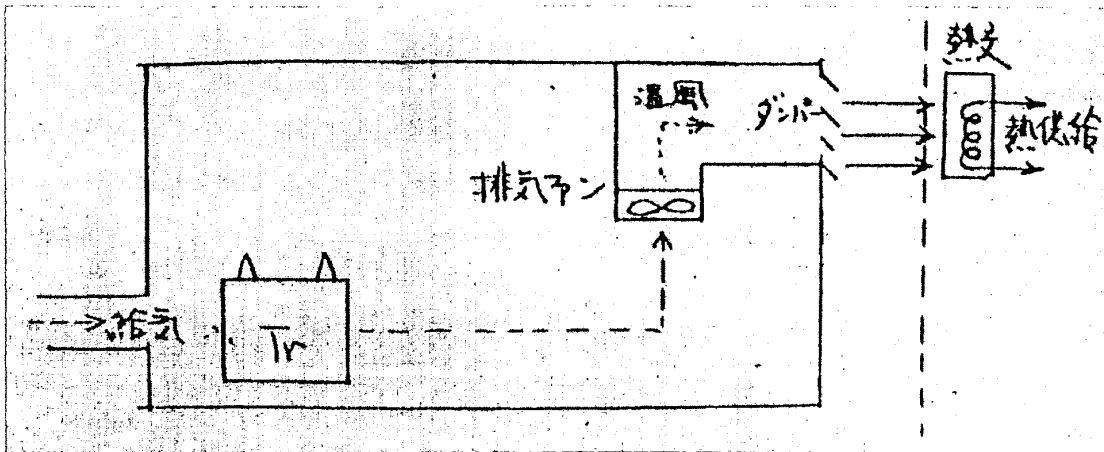


氣體絕緣變壓器之散熱器外形如下圖所示：



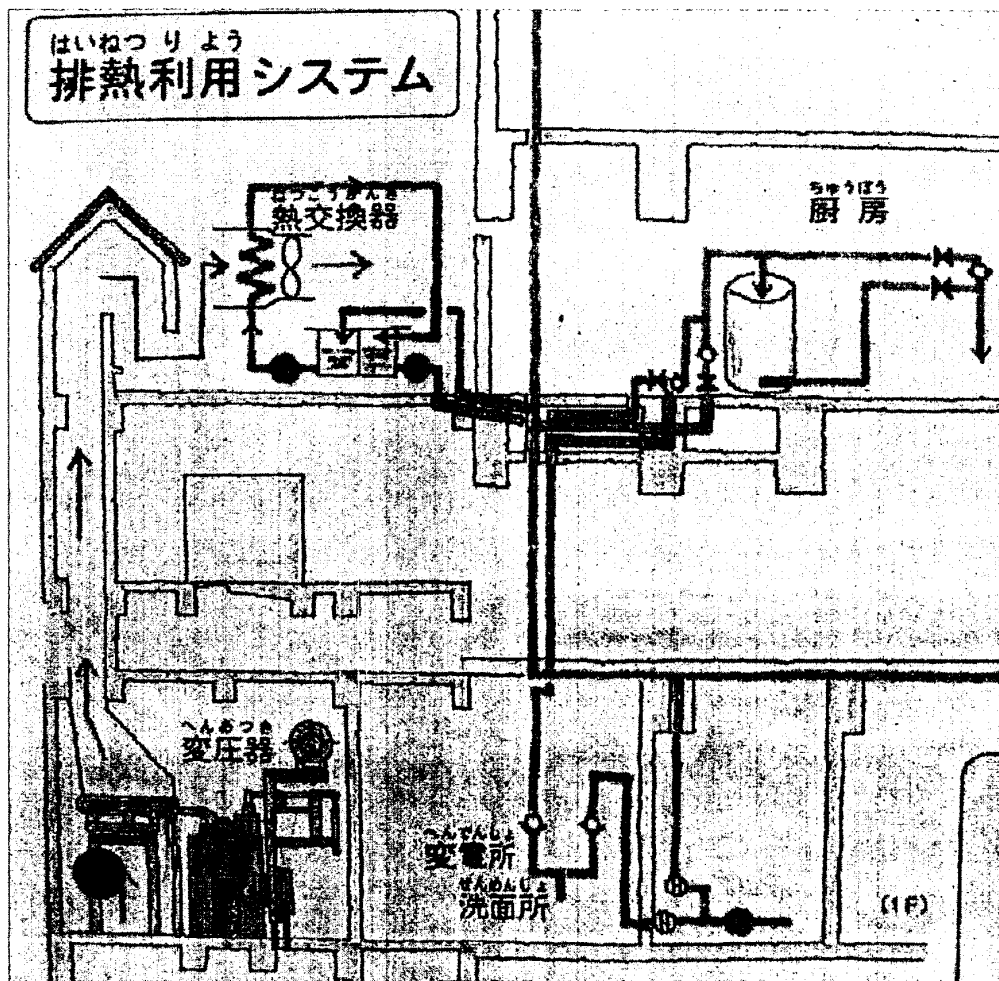
(2) 排氣溫風口回收

與前一種方式很類似，僅係於排氣溫風口外，將空氣與水熱交換器改安裝於所外，設置方式如下圖所示：



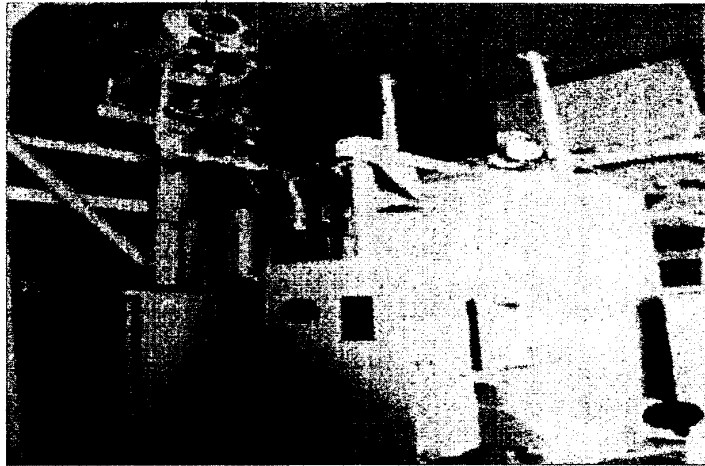
此種方式對既有變壓器設備，亦不需要再追加散熱裝置，變電所側與熱利用側不必直接連結，熱源供應配管容易，開使投資的費用不很多，算是蠻經濟的設備，且不會變壓器電力供給之信賴度。空氣與水熱交換器安裝於排氣風口，若有故障維修時，非常方便，平時保養時，亦很容易檢點。惟其缺點為空氣與水熱交換器安裝於排氣風口，廢熱回收的可能性不太容易。

整個變壓器熱循環能源再生利用系統，實際安裝於變電所的情形，如下圖所示：

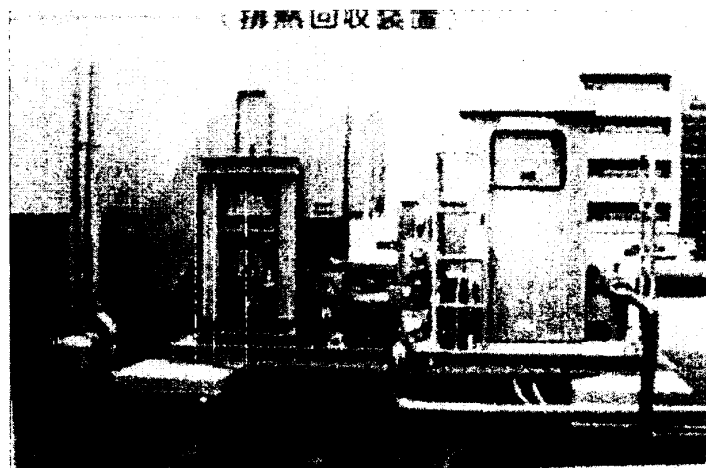


變壓器之散熱器將廢熱經由風到吹向屋頂，空氣與水熱交換器安裝於屋頂上，冷水槽供應冷水給熱交換器加溫，加溫後之熱水儲存於溫水槽內，可供應變電所盥洗室洗臉及洗手用。若需供應廚房使用，或供應冬天洗澡使用，溫水之溫度不夠，必須再經由熱水器加溫，才可以供給廚房冬天洗澡使用。

變壓器之散熱器及空氣與水熱交換器二個最重要的設備實際安裝於變電所的情行如下圖所示：



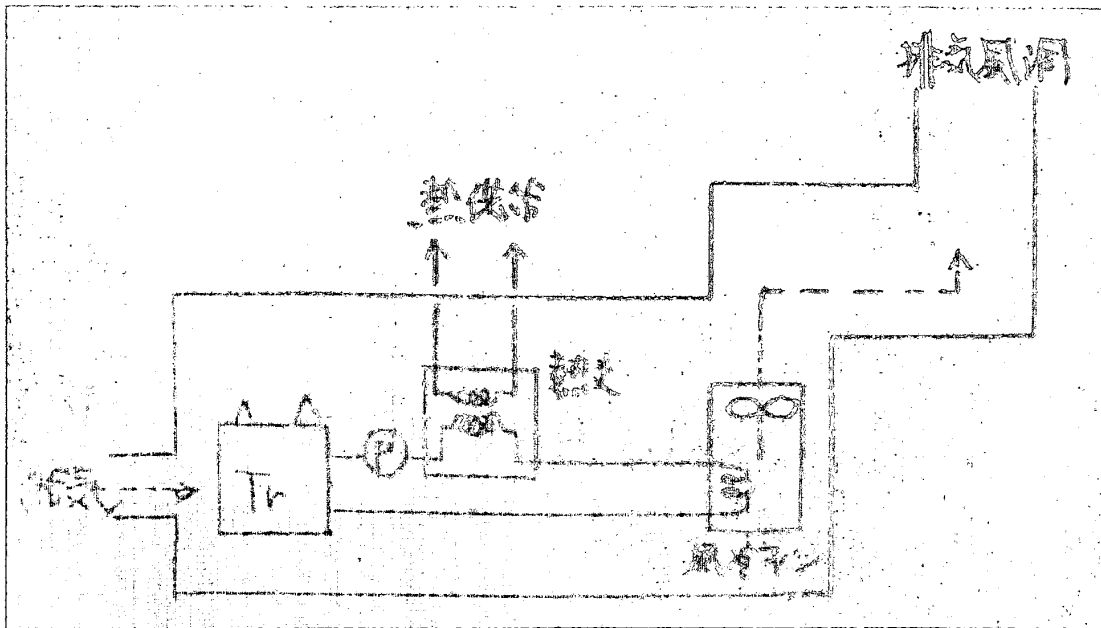
變壓器之散熱器實際安裝於變電所的情行



空氣與水熱交換器實際安裝於變電所

(3) 排熱油管回收

與前二種方式很不相同，將空氣與水熱交換器安裝於排熱油管上，提高廢熱回收的效率，設置方式如下圖所示：



此種方式對既有變壓器設備，需要於排熱油管再追加空氣與水熱交換器散熱裝置，並不會變壓器電力供給之信賴度。空氣與水熱交換器安裝於排熱油管上，廢熱回收的可能性很容易，散熱器風扇的負載減輕，運轉的成本將減輕不少。其缺點為變電所側與熱利用側必須直接連結，熱源供應配管稍複雜，開使投資的費用很多，惟且空氣與水熱交換器安裝於排熱油管上，若有故障維修時，非常不方便，平時保養時，亦很不容易檢點。當熱源使用端熱量需求減少時，變壓器的散熱器風扇的負載就會增加。

(4) 效益比較

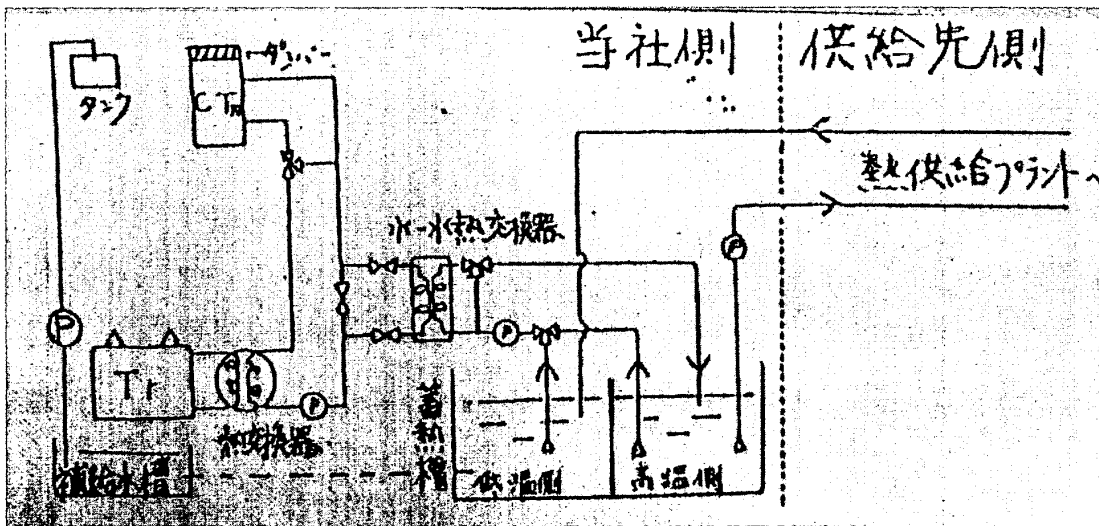
此三種廢熱回收方式的效益比較情形如下表：

	供給效率	維修性	投資成本
排氣風洞內回收	低	適中	中度
排氣溫風口回收	中	方便	經濟
排熱油管回收	高	困難	昂貴

(二) 水冷式散熱變壓器

(1) 所內儲熱槽

將儲熱槽安裝於變電所內，設置方式如下圖所示：

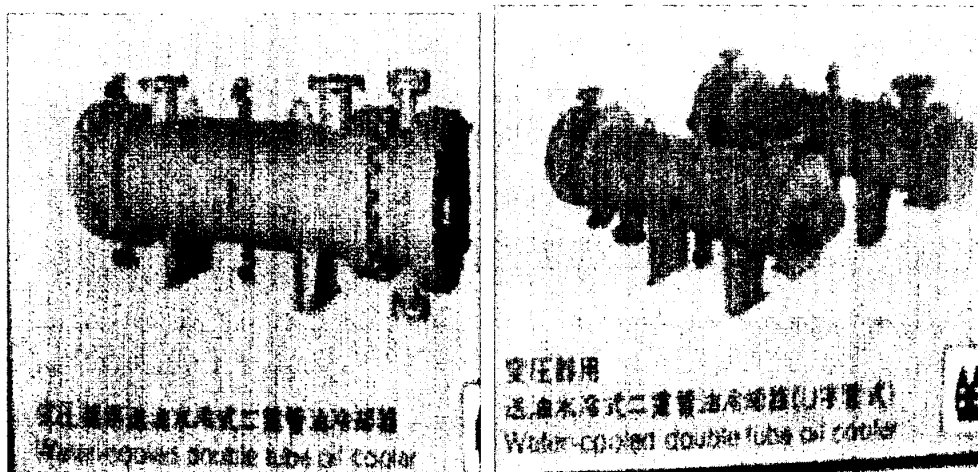


此種方式於廢熱回收時，不受冷卻水塔運轉與否的影響，補給水量方便，電力消耗及運轉成本較低。變電所側變壓器的運轉溫度可以

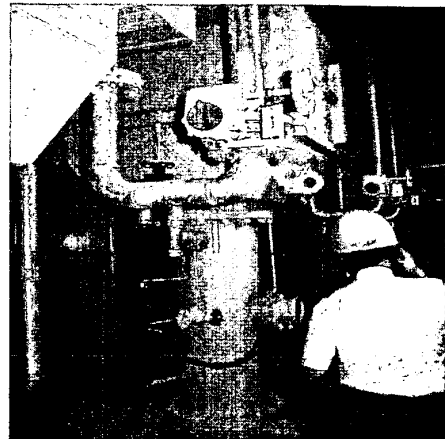
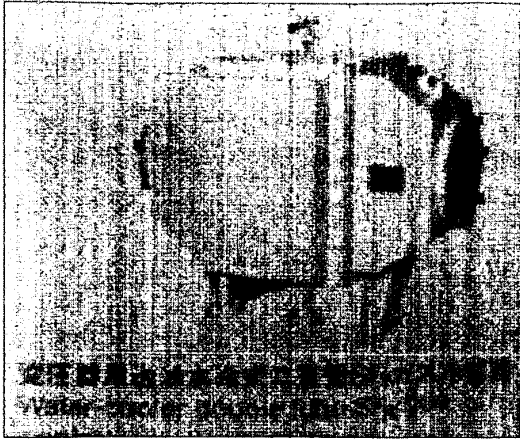
採用自動化控制，執行非常容易。另水與水熱交換器的安裝，與變壓器散熱器設備區分明確，對變壓器設備的運轉影響極少。儲熱槽安裝於變電所內，廢熱回收的可能性很容易。因將儲熱槽安裝於變電所內，對水與水熱交換器維修及平時保養、檢點非常方便。其缺點為變電所側與熱利用側必須直接連結，熱源供應配管稍複雜，且變電所內須裝設儲熱槽、水與水熱交換器、自動化控制系統.....等設備，開使投資的費用很多。

在此系統中，變壓器之散熱器、冷卻水塔及水與水熱交換器為三個最重要的設備，設備的選用、安裝地點及方式，皆可能會引影響廢熱回收的效率，規劃時要特別注意。變壓器之散熱器的外形因應變壓器的種類而不同，大致區分油絕緣變壓器及氣體絕緣變壓器二種。

油絕緣變壓器之散熱器外形如下圖所示：

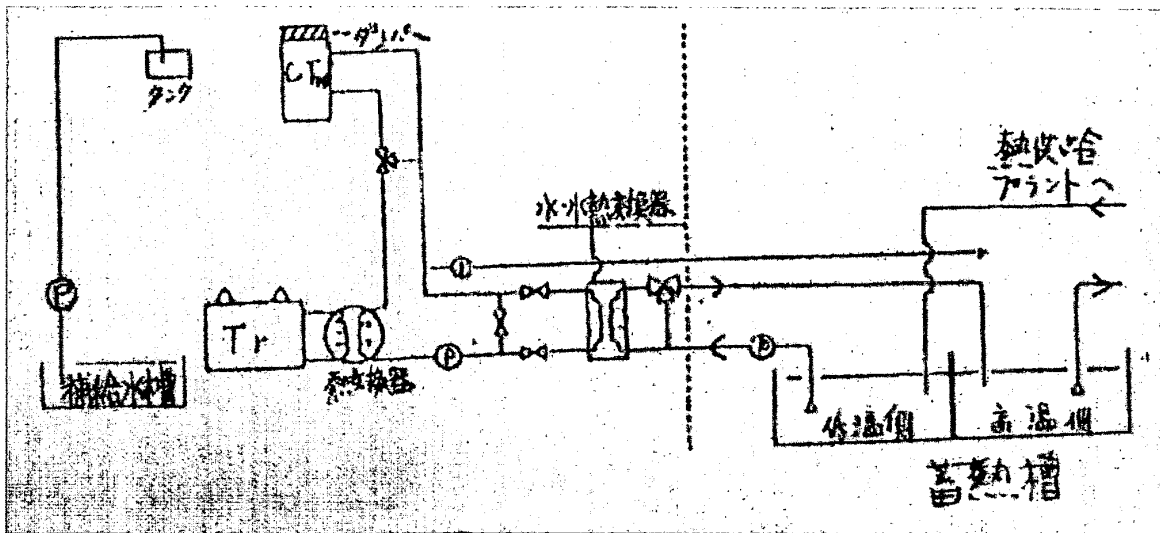


氣體絕緣變壓器之散熱器外形如下圖所示：



(2) 所外儲熱槽

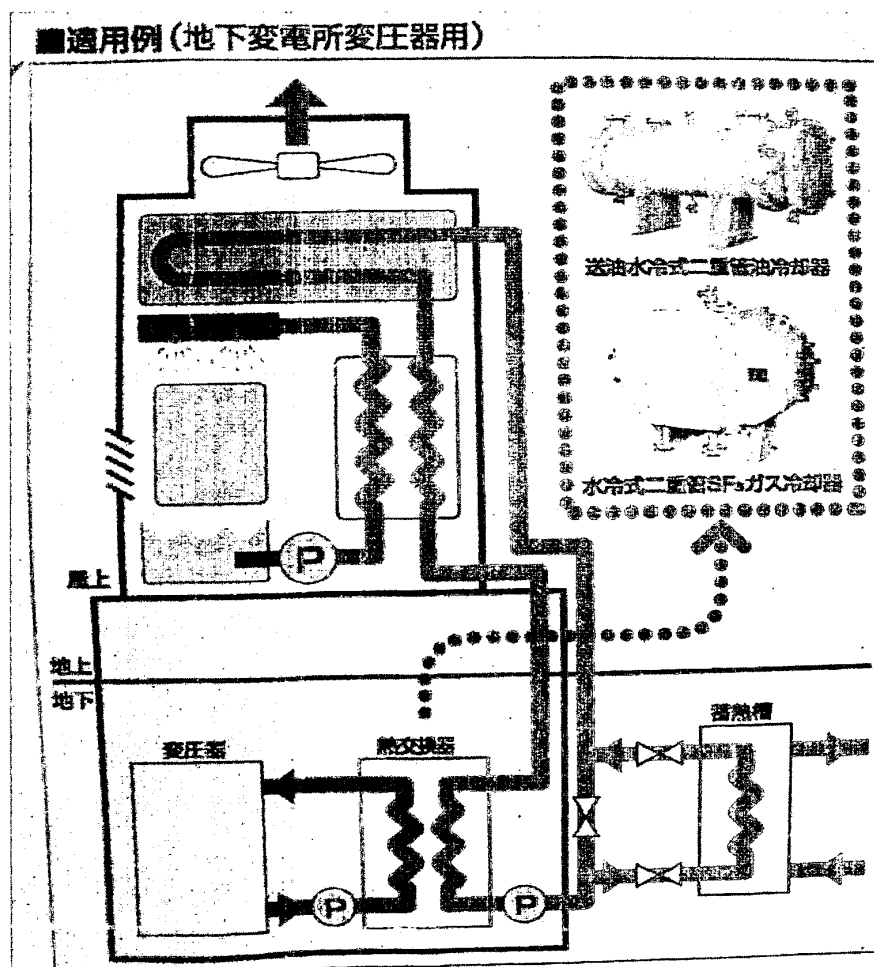
將儲熱槽安裝於變電所外，設置方式如下圖所示：



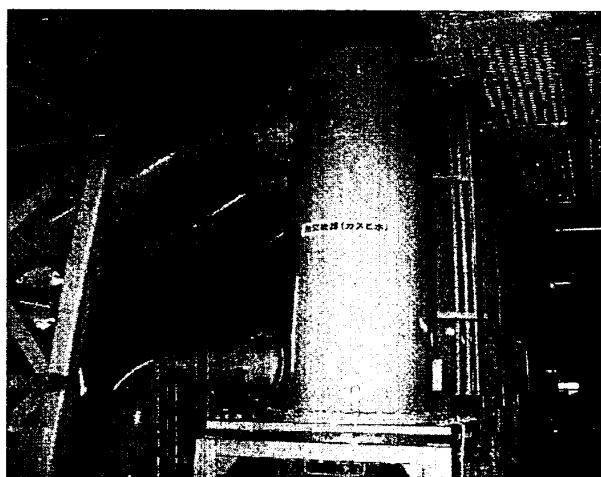
此種方式於廢熱回收時，與前種方式類似，僅將儲熱槽安裝於變電所外。亦不受冷卻水塔運轉與否的影響，變電所側變壓器的運轉溫度可以採用自動化控制，執行非常容易。另水與水熱交換器的安裝，與變壓器散熱器設備區分明確，對變壓器設備的運轉影響極少。對水

與水熱交換器維修及平時保養、檢點非常方便。變電所側與熱利用側不須直接連結，變電所內不須裝設儲熱槽、熱源供應配管稍簡單。其缺點為將儲熱槽安裝於變電所外，儲熱槽安裝於變電所內，廢熱回收的可能性不很容易。因補給水量不方便，電力消耗及運轉成本稍高。且變電所內須裝設水與水熱交換器、自動化控制系統.....等設備，開使投資的費用次多。

整個變壓器熱循環能源再生利用系統，實際安裝於變電所的情形，如下圖所示：

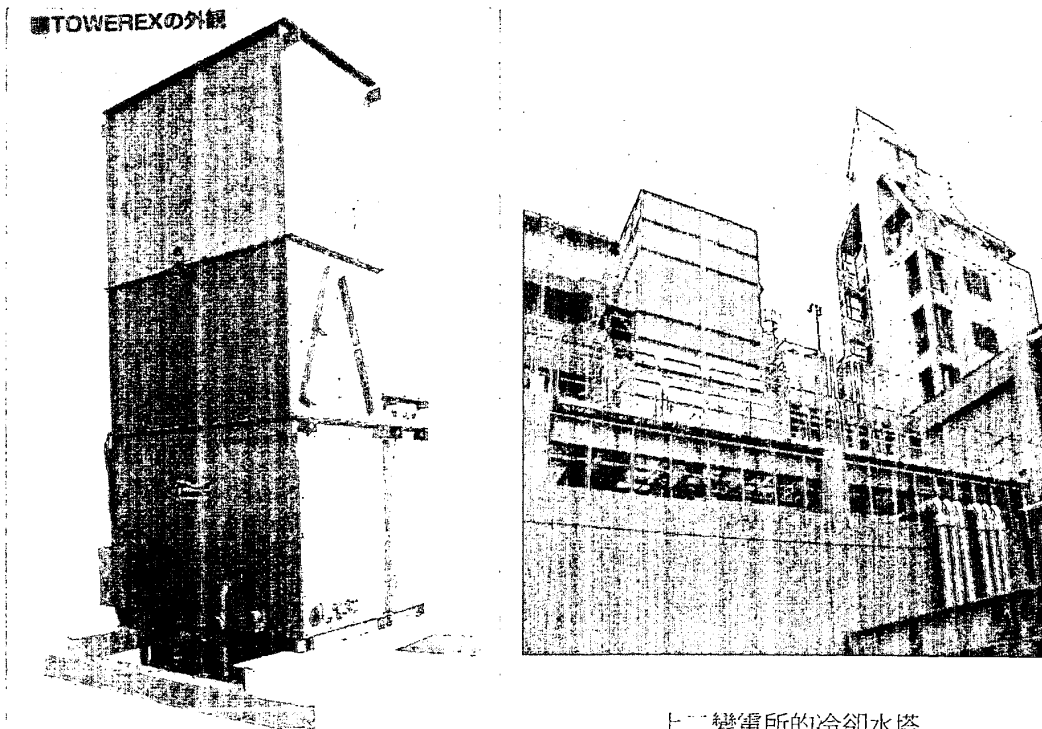
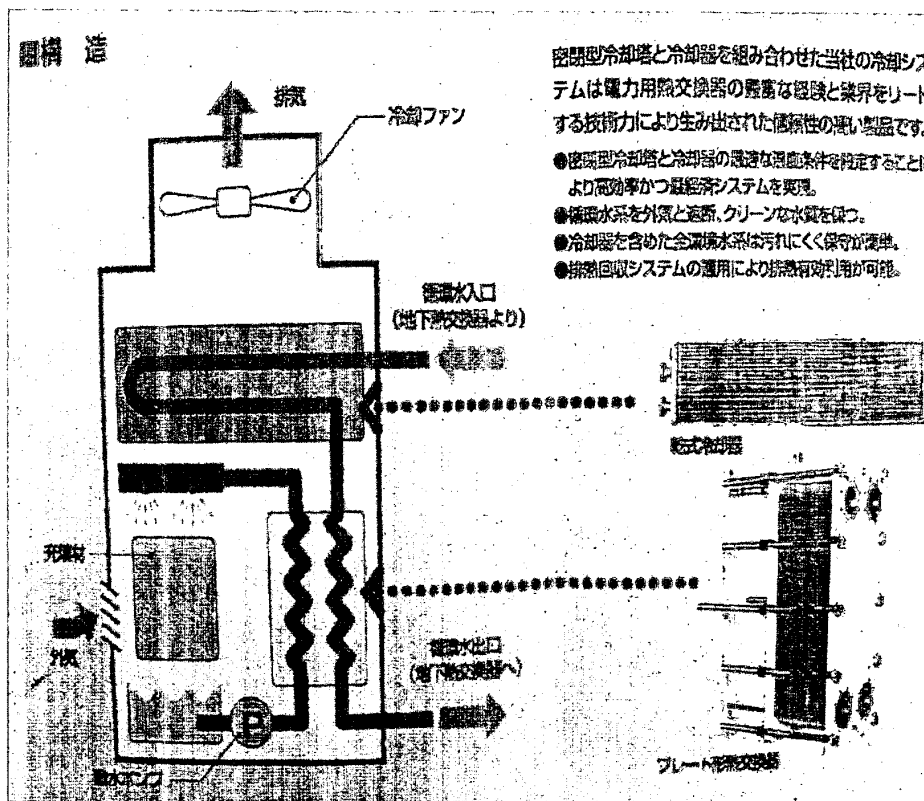


在變電所實際應用上，變壓器之廢熱送到熱交換器，再將廢熱經由冷卻水管導向屋頂，冷卻水塔安裝於屋頂上，作為變壓器廢熱散熱使用，冷卻後的冷水回到熱交換器供變壓器散熱用。在散熱的過程中，廢熱回收再生利用技術，係將熱水管引到蓄熱槽，將冷水加溫使用。在此系統中，變壓器之散熱交換器及冷卻水塔最重要的設備，東京電力公司東新宿變電所的廢熱回收再生利用系統內之散熱交換器，如下圖所示：



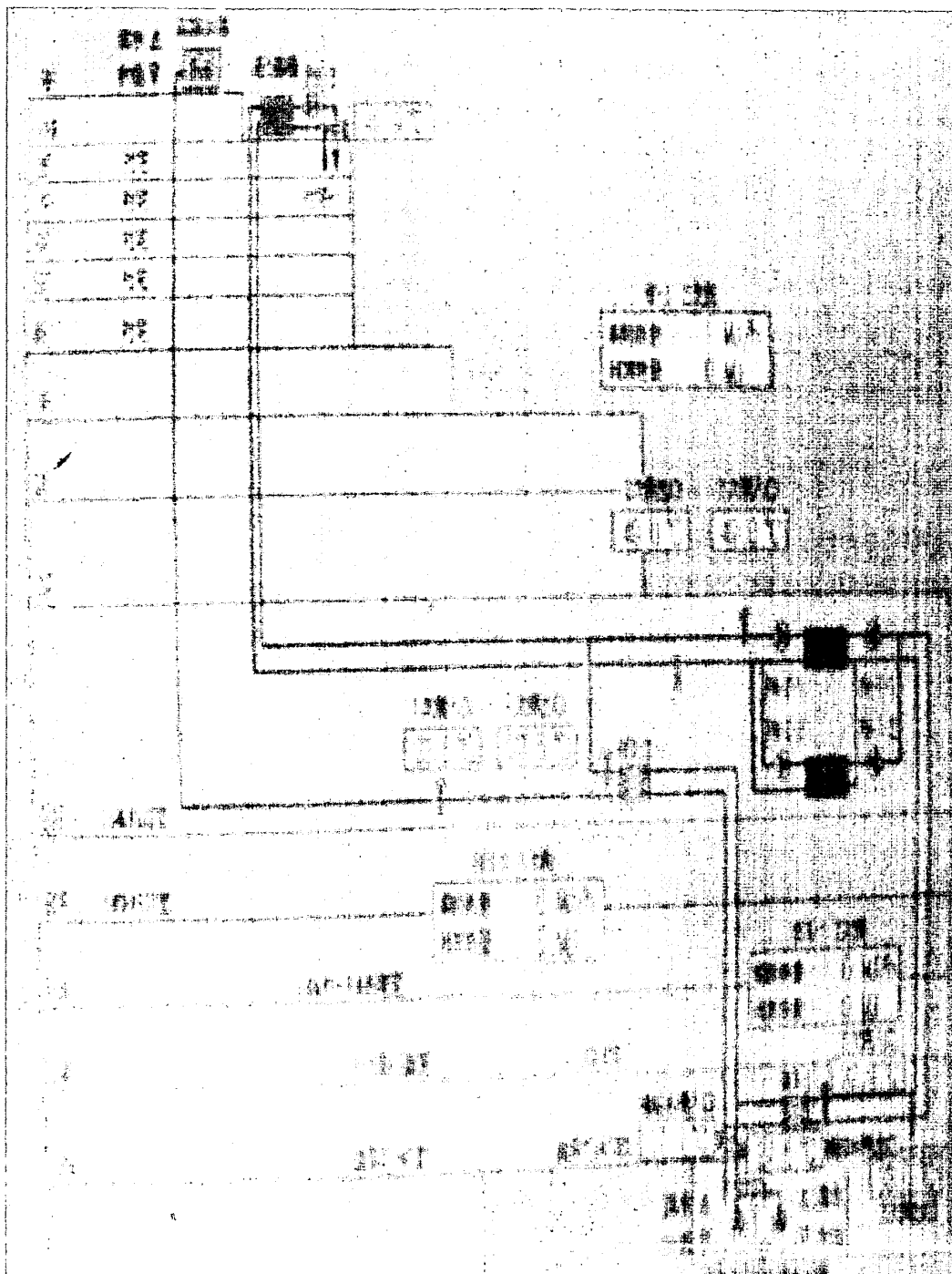
冷卻水塔設備包括風吹式冷卻及噴水式冷卻二種設備，當變壓器的廢熱不多時，使用風吹式冷卻設備即可達到散熱冷卻的效果。當變壓器的廢熱很多時，使用風吹式冷卻設備無法達到散熱冷卻的效果時，就可啟動噴水式冷卻設備，來達到變壓器散熱冷卻的效果。冷卻水塔設備使用風吹式冷卻及噴水式冷卻二種設備的時機，完全利用電腦作自動控制。

冷卻水塔設備的外形如下圖所示：



上二變電所的冷卻水塔

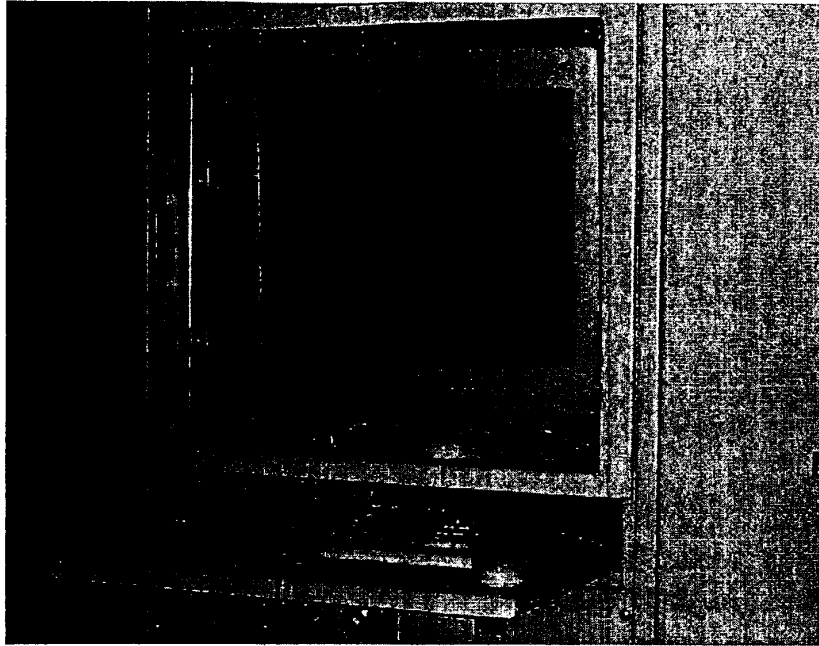
此次出差到日本參觀四所變電所中，東京電力公司的東新宿變電所，及關西電力公司的上二變電所設置廢熱回收裝置，上二變電所的系统圖如下圖所



在變電所實際應用上，變壓器之廢熱送到熱交換器，再將廢熱經由冷卻水管導向屋頂，冷卻水塔安裝於屋頂上，作為變壓器廢熱散熱使用，冷卻後的冷水回到熱交換器供變壓器散熱用。在散熱的過程中，廢熱回收再生利用技術，係將熱水管引到水與水熱交換器將冷水加溫，將加溫後之溫水儲存於蓄熱槽中供使用。

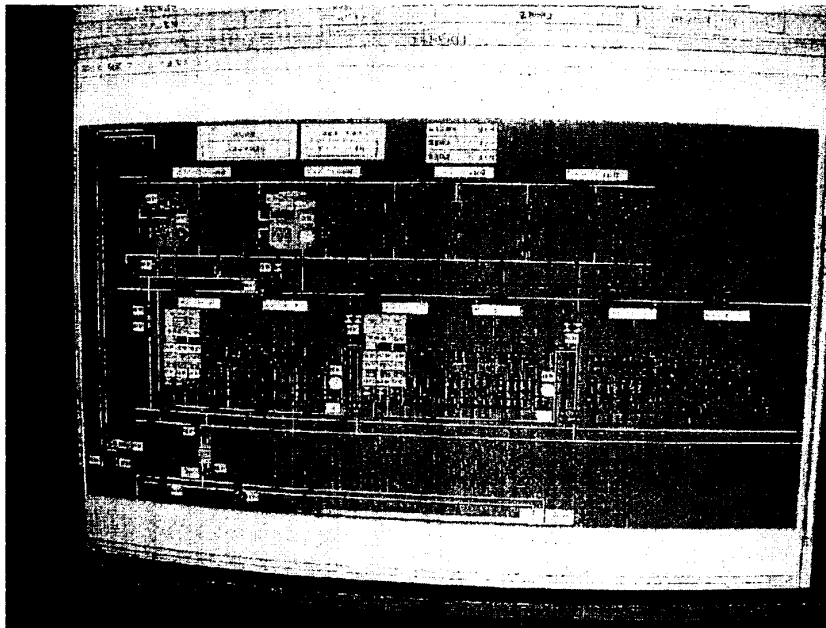
在此上二變電所廢熱回收裝置系統中，水槽供應冷水給水與水熱交換器加溫，冷水經由第一道水與水熱交換器 (HEX-2)，水溫由 23.6 度加溫至 27.5 度，此溫水再經由第二道水與水熱交換器 (HEX-1)，水溫由 27.6 度加溫至 32.9 度，加溫後之熱水儲存於溫水槽內，可供應變電所盥洗室洗臉及洗手用。若需供應廚房使用，或供應冬天洗澡使用，溫水之溫度不夠，必須再經由熱水器 (PH-1 及 PH-2) 加溫，水溫可由 33 度加溫至 49 度，加溫後的熱水儲存於屋頂貯熱水槽內，才可以供給社區住宅廚房及冬天洗澡使用。

上二變電所廢熱回收裝置系統，包括變壓器散熱交換器、冷水及熱水管控制用電子閥、抽水幫浦、冷卻水塔設備之風吹式冷卻及噴水式冷卻、水與水熱交換器、熱水器……等設備的運轉時機，及所有的運轉狀況之監視，皆交由電腦自動控制。電腦自動控制系統包括主機、銀幕顯示器、鍵盤……等設備，全部安裝控制盤面上，其外形如下圖所示：

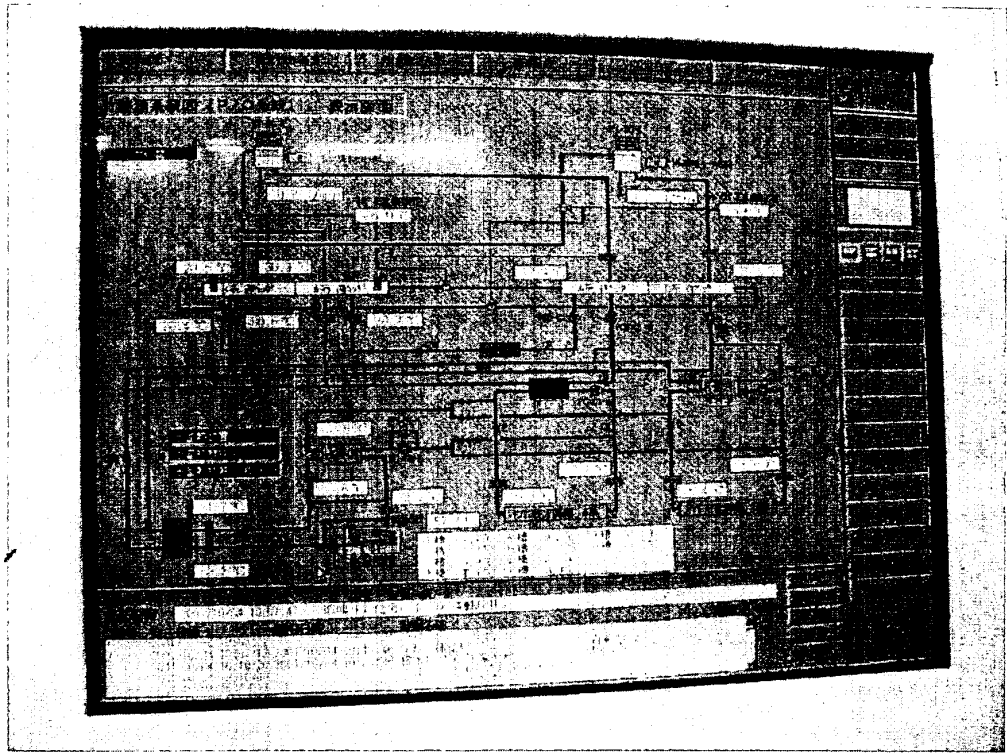


上二變電所的冷卻及廢熱回收裝置控制系統

✓ 下圖為變壓器散熱交換器、冷水及熱水管控制用電子閥、抽水幫浦、冷卻水塔設備、水與水熱交換器……等設備的運轉之控制及監視畫面圖；

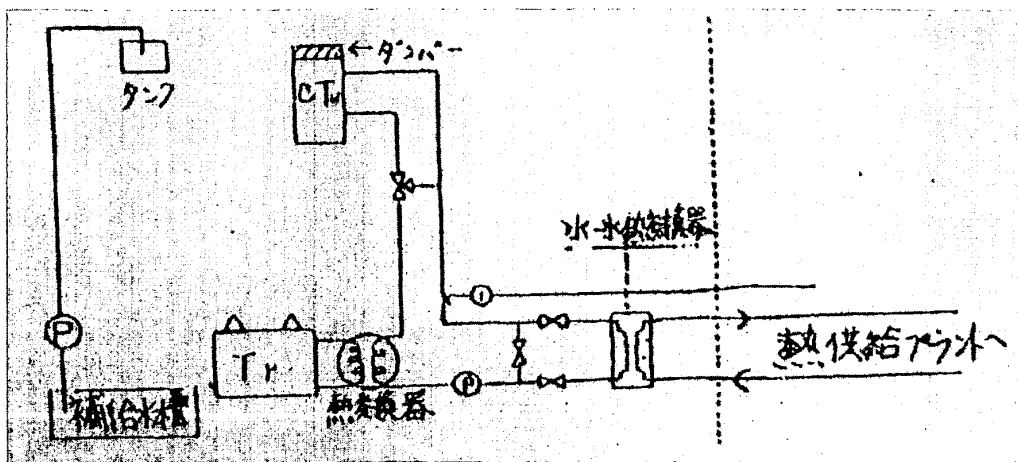


下圖為變壓器散熱交換器、水與水熱交換器、熱水器……等設備的熱源運轉之控制及監視畫面圖；



(3) 供熱所外無儲熱槽

將熱直接供給變電所外，無設置儲熱槽，安裝設置方式如下圖所示：



此種方式於廢熱回收時，與前二種方式不同，僅將熱供給變電所外，變電所須要安裝的空間很小。水與水熱交換器的安裝，與變壓器散熱器設備區分明確，對變壓器設備的運轉影響極少。對水與水熱交換器維修及平時保養、檢點非常方便。變電所側與熱利用側不須直接連結，變電所內不須裝設儲熱槽、熱源供應配管、自動化控制系統……等，設備非常簡單，且開始投資的費用經濟。其缺點為熱源使用端的需求量會影響冷卻水塔運轉，變電所側變壓器的運轉溫度無法採用自動化控制，執行不太容易。無安裝儲熱槽廢熱回收的效率很低。另因補給水量不方便，電力消耗及運轉成本稍高。

(4) 效益比較

此三種廢熱回收方式的效益比較情形如下表；

	供給效率	維修性	投資成本
所內儲熱槽	高	適中	中度
所外儲熱槽	中	方便	經濟
供熱所外無儲熱槽	低	適中	中度

三、案例探討

關於台電公司的配電變電所因應地方民眾抗爭，要求在變電所附近回饋建立溫水游泳池，針對此問題來探討應用變壓器廢熱回收技術，曾請多田公司進行研討。該公司關於本公司配電變電所變壓器廢

熱回收的基礎考量，可分為下列幾點來探討：

(一) 目的

用變電所裡變壓器所發生的損失做為游泳池的熱源，而從其能使水溫上升之程度，來檢討廢熱回收再利用的可行性。

(二) 檢討條件

(1) 發生的損失

$$30\text{MVA} \times 2\text{TR}/161\text{KV} \cdots \cdots 495\text{kw}$$

$$60\text{MVA} \times 1\text{TR}/161\text{KV} \cdots \cdots 300\text{kw}$$

$$\text{總發生的損失: } Q = 795\text{kw}$$

(2) 游泳池的規模……25m ×12m ×深度 1m

(3) 散熱表面積: $S (\text{m}^2)$

散熱表面積 $S (\text{m}^2)$ 是游泳池的表面積，假設游泳池周圍、底部等沒有熱移動。

$$\therefore S = 25\text{m} \times 12\text{m} = 300\text{m}^2$$

(三) 可達到之游泳池水溫 $T_w (\text{°C})$

(1) 基本計算式

游泳池水從表面 ($S\text{m}^2$) 的熱移動量(冷卻條件)，依游泳池水表面上的風速及表面水的蒸發而變。

風速與表面熱傳導率 α 之關係如下:

$$\alpha = 9.97 \times (0.48 + 0.272V) \dots\dots ①$$

V:風速(m/s)

α :從水面向大氣移動之熱傳導率(kcal/m²*h*°C)

從游泳池水表面伴隨水蒸發的熱移動量 q 如下:(含①式)

$$q = \alpha / C_p (i_w - i) \dots\dots ②$$

C_p:大氣之比熱(kcal/kg * °C)

i_w:到達水溫 T_w 時所含熱量(kcal/kg * °C)

I:大氣所含熱量(Enthalpy)(kcal/kg)

假定游泳池表面風速 V = 1(m/s)，代入①②式求出③式。

$$V = 1(\text{m/s})$$

$$C_p = 0.241(\text{kcal/kg} * ^\circ\text{C}) \text{ 代入①②式}$$

$$\alpha = 9.97 \times (0.48 + 0.272) = 7.5(\text{kcal/m}^2 * \text{h} * ^\circ\text{C})$$

$$q = 7.5 / 0.241 (i_w - i) = 31.1(i_w - i)(\text{kcal/m}^2 * \text{h}) \dots\dots ③$$

游泳池的水溫到達 T_w(°C)之熱收支平衡是: ③式乘以游泳池表

面積所得的全表面熱移動量和給與水的熱量(Q = 795kw)達到

平衡狀態時。這個狀態的基本計算式即如下列的④式。

$$q \cdot S = Q \times 860$$

$$31.1(i_w - i) \times 300 = 795 \times 860$$

$$\therefore (i_w - i) = 73.3 \dots\dots ④$$

(2) 依照各氣象條件推定的到達水溫 $T_w(^{\circ}\text{C})$

從年間如下的 3 個氣象條件求出 T_w°

(a) $i=4.44(\text{kcal/kg})$ (濕球溫度 $t^{\circ}=5^{\circ}\text{C}$)時

$$iw=73.3+4.44=77.74$$

↓

從空氣線圖可知

$$\underline{T_w=53.4(^{\circ}\text{C})}$$

(b) $i=13.70(\text{kcal/kg})$ ($t^{\circ}=40^{\circ}\text{C}$)時

$$iw=73.3+13.7=87.0$$

↓

從空氣線圖可知

$$\underline{T_w=55.6(^{\circ}\text{C})}$$

(c) $i=39.64(\text{kcal/kg})$ ($t^{\circ}=40^{\circ}\text{C}$)時

$$iw=73.3+39.64=112.94$$

↓

從空氣線圖可知

$$\underline{T_w=60.6(^{\circ}\text{C})}$$

(四) 考量

從上項計算得知:濕球溫度 t' 之變化($5^{\circ}\text{C}\rightarrow 40^{\circ}\text{C}$)對到達水溫的影響程度是 $53.4^{\circ}\text{C}\rightarrow 60.6^{\circ}\text{C}$ ，其變化率很小。換言之，在冬季到達理想水溫也是可能的。

即使如此，利用變壓器所發生的熱供應溫水游泳池，仍必須考慮下列問題，以達到廢熱回收的充分且基本的實用性。

- (1) 變壓器低負載時，發生損失下降， T_w 亦隨之變低。
- (2) 游泳池本體向周圍放熱以及配管系統之放熱也有考量之必要。
- (3) 反過來說，游泳池表面風速因建築物關係而接近“0”;如此一來， T_w 值就有上升的可能。

參、綜合結論與建議

(一) 綜合結論

近年來在全世界各地，環境保護的意識逐漸抬頭，本公司在電力設施的建設上，每每受到民眾因擔心環境破壞而抗爭。尤其在輸變電系統上的各級變電所，更經常受到民眾無理的抗爭，使建設工程往往窒礙難行。

爲了降低民眾對變電所的抗爭的因素，在變電所初規劃的時候，就應先考慮完整的構想。例如回饋鄉里活動中心、或休閒遊樂設施.....等，或考慮興建地下變電所及多目標變電所。此時規劃考慮變壓器熱循環能源再生技術，係將變壓器排除在外的廢熱氣回收再生利用，實是一個非常重要的課題。如此除了可解決變電所值班人員、或多目標設施之部份能源問題之外，更可藉此顯示本公司重視環保的決心，及實際施行環保之措施，藉以提升本司之形象。

此回出國到日本實習「變壓器熱循環能源再生技術」，拜訪變壓器製造廠商日立公司，及散熱器製造廠商多田公司，並經由廠商安排參觀四所變電所，其中東新宿變電所、上二變電所、松枝變電所都是多目標地下變電所，名城變電所爲公園地下變電所，此四所變電所的變壓器散熱皆採用冷卻水塔方式，而東新宿變電所及上二變電所設置廢熱氣回收再生利用設備。

此行觀摩日本變電所在變壓器熱循環能源再生技術的實務經驗，藉以實習如何有效利用變壓器廢熱之再生利用技術，其中三所變電所（東新宿變電所、上二變電所、名城變電所）是日本近幾年新加入之變電所，各種變電工程技術新穎，故觀摩後受益頗多。此行帶回之各種資料，可供本公司未來須應用變壓器熱循環能源再生技術時，可適時加以應用。

（二）建議

- （1）目前正在規劃或施工中多目標變電所，如干城 D/S、基信 D/S.....等，變壓器皆採用風冷式散熱方式，且未設置熱循環能源再生技術。未來規劃類型的變電所時，應可適度考慮設置熱循環能源再生技術。
- （2）目前正在規劃大安 E/S，為超高壓地下變電所，與此行觀摩的四所日本超高壓地下變電所類似，在變壓器可考慮採用水冷式散熱方式，並考慮設置熱循環能源再生技術。
- （3）目前正在規劃或施工中地下變電所，如世貿 D/S、環河 D/S、大豐 D/S.....等，變壓器皆採用風冷式散熱方式，且未設置熱循環能源再生技術。因其設備容量較小，且此行觀摩的四所日本超高壓地下變電所，並無類似配電變電所資料可供參考，似乎可依目前方式規劃。

- (4) 在目前環境保護的意識逐漸抬頭的時代，變電所的設計方式，應突破既有變電所的設計方式，在變電所初規劃的時候，就應先考慮完整的構想。例如回饋鄉里活動中心、或休閒遊樂設施.....等，或考慮興建地下變電所及多目標變電所。
- (5) 在日本的電力環境與我們十分類似，他們在各種變電所的興建上，工程技術新穎，值得我們學習的地方很多。不僅是在變壓器散熱方式，及熱循環能源再生技術方面。其他變電設備的配置，變電所通風、消防、防災.....等，都值得我們學習。本公司可適時派遣變電所研習觀摩團，有系統的整套學習變電所的設計方式，才會有較佳的效果。