

出國報告（出國類別：研習）

## 赴加拿大研習變壓器與斷路器故障化學分析技術

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：童耀宗 氣體試課長

派赴國家：加拿大

出國期間：96 年 10 月 21~27 日

報告日期：96 年 12 月 20 日

## 出國報告審核表

|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                  |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 出國報告名稱：赴加拿大研習變壓器與斷路器故障化學分析技術 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                  |
| 出國人姓名(2人以上,以1人為代表)           | 職稱                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 服務單位             |
| 童耀宗                          | 氣體試驗課長                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 台灣電力公司綜合研究所      |
| 出國期間：96年10月21日至96年10月27日     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 報告繳交日期：96年12月20日 |
| 出國計畫主辦機關審核意見                 | <input type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告<br><input type="checkbox"/> 2.格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得」、「建議事項」)<br><input type="checkbox"/> 3.內容充實完備.<br><input type="checkbox"/> 4.建議具參考價值<br><input type="checkbox"/> 5.送本機關參考或研辦<br><input type="checkbox"/> 6.送上級機關參考<br><input type="checkbox"/> 7.退回補正,原因: <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容以 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理<br><input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔<br><input type="checkbox"/> 8.本報告除上傳至出國報告資訊網外,將採行之公開發表:<br><input type="checkbox"/> 辦理本機關出國報告座談會(說明會),與同人進行知識分享。<br><input type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告<br><input type="checkbox"/> 9.其他處理意見及方式: |                  |
| 層轉機關審核意見                     | <input type="checkbox"/> 1. 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)<br><input type="checkbox"/> 2.退回補正,原因: _____<br><input type="checkbox"/> 3.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。

|      |           |            |              |
|------|-----------|------------|--------------|
| 報告人： | 單位<br>主管： | 主管處<br>主管： | 總經理<br>副總經理： |
|------|-----------|------------|--------------|

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：赴加拿大研習變壓器與斷路器故障化學分析技術

頁數 19 含附件：☐是☒否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話      台灣電力公司/陳德隆/23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

童耀宗/台灣電力公司/綜合研究所/氣體試驗課長/23601013

出國類別：☐1 考察☐2 進修☐3 研究☒4 實習☐5 其他

出國期間：96 年 10 月 21~27 日

出國地區：加拿大

報告日期：96 年 12 月 20 日

分類號/目

關鍵詞：絕緣油中氣體分析、油中糠醛分析、變壓器狀況及壽命、SF<sub>6</sub>分

解產物 SOF<sub>2</sub> 的濃度

內容摘要：(二百至三百字)

參加加拿大 Powertech 公司變壓器與斷路器化學分析與診斷課程的目的，主要是學習國外先進技術，提升變壓器及斷路器設備故障化學分析技術，並參考國外維護基準協助研究訂定變壓器絕緣材料含水量各項檢測基準及氣體斷路器氣體分解物維護基準，以預防事故發生。

建議(1)絕緣油油中氣體分析及含水量試驗用注射針筒採樣，絕緣油特

性試驗採用 1 公升高密度聚乙烯採樣罐，並仿效油中氣體分析採樣罐重覆使用機制(2)將絕緣油的特性、糠醛、金屬、微粒、特殊試驗資料與油中氣體分析軟體系統整合以協助變壓器故障及壽命診斷(3)藉油中水分試驗篩選高含水量變壓器做線上油中水分測試，並進行線上除水，以延長變壓器壽命及運轉安全(4)藉現場測試 GIS 及 GIT 設備中 SOF<sub>2</sub> 及 SO<sub>2</sub> 含量，對有問題之氣室進行追蹤測試，以預防斷路器事故發生。

介紹研習課程內容及向 Powertech 公司提問內容，並將所得的技術資料整理報告。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://report.gsn.gov.tw>)

## 目 錄

壹、出國任務說明

貳、出國行程

參、加拿大 Powertech 公司簡介

肆、心得與建議事項

伍、研習課程內容

陸、與 Powertech 公司討論內容

柒、研習報告

## 壹、出國任務說明

變壓器及斷路器設備故障化學分析技術可早期發現設備異常現象預防事故發生，加拿大 Powertech 公司在變壓器及斷路器設備故障化學分析技術有先進的技術及經驗，此次出國參加該公司舉辦之變壓器絕緣油分析及與斷路器 SF6 分析及設備診斷課程，並與其討論 SF6 氣體斷路器現場測試技術、實驗室對 SF6 在電弧下分解氣體檢測技術及其在 SF6 氣體斷路器故障診斷上的應用、運轉中變壓器絕緣紙含水量測試、絕緣紙除水技術及在變壓器故障診斷及使用壽命上的應用。希望能參考國外維護基準協助研究訂定變壓器絕緣材料含水量各項檢測基準及參考國外經驗訂定氣體斷路器氣體分解物維護基準，以提升本公司變壓器及斷路器設備故障化學分析技術，預防事故發生。

## 貳、出國行程

| 起始日    | 迄止日    | 前往機構         | 所在城市      | 工作內容                  |
|--------|--------|--------------|-----------|-----------------------|
| 961021 | 961021 |              |           | 去程                    |
| 961022 | 961023 | Powertech 公司 | 加拿大 Surey | 研習絕緣油分析與診斷課程          |
| 961024 | 961024 | Powertech 公司 | 加拿大 Surey | 研習六氟化硫分析與診斷課程         |
| 961025 | 961025 | Powertech 公司 | 加拿大 Surey | 討論變壓器及斷路器設備故障化學分析相關技術 |
| 961026 | 961027 |              |           | 返程                    |

## 參、加拿大 Powertech 公司簡介

加拿大 Powertech 公司位於加拿大西岸 BC 省的 Surey 市，鄰近溫哥華市，隸屬於 BC 省 BC hydro 電力公司(發電量容量 11,000MW,90%水力發電)，專門從事電力事業的試驗與研究業務，範圍涵蓋電力、機械、環境、化學等 18 個實驗室。

此次出國主要是訪問其化學實驗室，主要是從事變壓器及斷路器相關化學試驗及診斷工作，試驗項目、設備及軟體很齊備完整，相關領域專家專業知業及經驗很豐富，能做深入的試驗、研究及分析工作，其相關領域專家略述如下：

Keith Lee 實驗室經理

Nick Dominelli 負責變壓器故障診斷、狀況評估及軟體系統

Salim Hassanali 負責實驗室管理

Stevo Kovacevic 負責變壓器壽命延長研究

Ian Wylie 負責斷路器六氟化硫成分分析與故障診斷

以上專家對於實驗室及現場實務的提問都很樂意回答，因此獲得許多寶貴經驗可供借鏡。

## 肆、心得與建議事項

### 一、心得

1. 絕緣油油中氣體分析及含水量試驗用注射針筒採樣，可大幅改善採樣不良(現行本公司油中氣體分析大部分用鐵罐採樣易溶入空氣影響油中氣體測值準確，油中含水量用玻璃瓶採樣易受水氣污染造成測值偏高)，提高測值準確度。
2. 絕緣油特性試驗採用 1 公升高密度聚乙烯採樣罐較現行本公司 1 公升玻璃瓶採樣罐不易打破，且易回收清潔重覆使用。
3. 加拿大 Powertech 公司絕緣油油中氣體分析採用 ASTM D3612 之 C 法分析(目前本公司採用 ASTM D3612 之 B 法分析)，可自動化且穩定性佳，值得本公司研究評估其可行性。
4. 加拿大 Powertech 公司已將變壓器油中氣體分析、絕緣油的特性、糠醛、金屬、微粒、過濾顯微鏡觀察、FTIR、GC/MS 油成分分析及絕緣紙試驗整合做變壓器綜合診斷，目前本公司變壓器診斷主體是油中氣體分析，其他試驗有些項目尚未深入分析，且未與油中氣體分析整合做變壓器綜合診斷，此一方面值得本公司學習。
5. 加拿大 Powertech 公司絕緣油油中氣體分析除了應用於變壓器故障診斷，也應用於有載切換器、油斷路器、儀器變壓器(PT、CT)、充油電纜等設備，目前本公司絕緣油油中氣體已應用在變壓器及充油電纜，其他設備之應用值得本公司後續研究。
6. 加拿大 Powertech 公司變壓器狀況評估是用使用百分比法則，此評估方法可參考應用於本公司變壓器狀況評估。
7. 變壓器油污染物及水的去除可預防絕緣紙裂化老化，加拿大變壓器製造廠組裝及現場安裝絕緣紙含水量控制在 0.5%以下，運轉中變壓器絕緣紙含水量控制在 2%以下，可做為本公司絕緣紙含水量訂定之參考。
8. 加拿大 Powertech 公司開發現場六氟化硫中 SOF<sub>2</sub> 檢測技術，可早期發現六氟化硫氣體斷路器及變壓器故障，避免事故發生，較現行部分放電試驗簡

易，值得本公司引進研究。

## 二、建議事項

1. 絕緣油油中氣體分析及含水量試驗用注射針筒採樣，絕緣油特性試驗採用 1 公升高密度聚乙烯採樣罐，並仿效油中氣體分析採樣罐重覆使用機制。
2. 絕緣油的特性、糠醛、金屬、微粒、特殊試驗及絕緣紙試驗可做為變壓器診斷的項目，應建立試驗資料庫與油中氣體分析系統結合，修改程式納入，以協助變壓器故障診斷(現有及發展中的故障)及變壓器狀況評估(殘餘壽命及事故機率)。
3. 藉油中水分試驗篩選高含水量變壓器做線上油中水分測試，經評估絕緣紙為高含水量變壓器應進行線上除水，以延長變壓器壽命及運轉安全。
4. 藉攜帶型 SF6 中 SOF2 及 SO2 偵測器測試 GIS 及 GIT 設備，對有問題之氣室進行追蹤測試，可預防斷路器事故發生。

## 伍、研習課程內容

### 一、變壓器絕緣油分析與診斷

1. 絕緣油的原理
  - (1) 變壓器絕緣系統的原理
  - (2) 絕緣油的種類及構成成分
  - (3) 絕緣油添加劑及功用
  - (4) 植物油
  - (5) 絕緣油的規格
2. 絕緣油的採樣
  - (1) 採樣介紹
  - (2) 採樣程序
  - (3) 注意事項及主要污染物
  - (4) 油中氣體分析用針筒採樣
  - (5) 油特性分析用 1 公升容器採樣
  - (6) 油中糠醛分析的採樣
  - (7) 其他特殊油分析試驗的採樣
3. 絕緣油的品質分析

- (1) 絕緣油特性試驗介紹
  - (2) 基本的油特性試驗
  - (3) 特殊的油特性試驗
  - (4) 變壓油的限制值
  - (5) 油的純淨及再生
  - (6) PCB 分析
  - (7) 軟體藉油品質評估變壓器狀況
4. 絕緣油中氣體分析
- (1) 油中氣體分析介紹
  - (2) 測試法-真空萃取法
  - (3) 測試法-Head Space 法
  - (4) 變壓器附屬設備 LTC、套管、儀器變壓器(CT、VT、PT)及電纜之油中氣體
  - (5) 軟體藉油中氣體評估變壓器狀況
5. 紙絕緣分析
- (1) 紙絕緣評估介紹
  - (2) HPLC 分析糠醛、酚(Phenol)及甲酚(Cresol)
  - (3) 藉二糠醛測試試紙顏色變化進行篩選
  - (4) 紙樣做紙聚合度試驗
  - (5) 油中糠醛化合物及紙聚合度的限制值
  - (6) 藉油中糠醛化合物及紙聚合度評估變壓器壽命
6. 採樣及試驗計畫
- (1) 變壓器例行試驗的選擇
  - (2) 有載切換切器例行試驗的選擇
  - (3) 儀器變壓器(CT、PT、VT)例行試驗的選擇
  - (4) 電纜油例行試驗的選擇
  - (5) 基於設備運轉的可靠選擇適當的取樣週期
  - (6) 一般選擇採樣頻率的方法
  - (7) 變壓器狀況評估

## 二、 斷路器六氟化硫分析與診斷

### 1. 六氟化硫氣體的原理

- (1) 六氟化硫氣體特性
- (2) 成分和不純物對 GIS 設備的影響
- (3) 六氟化硫處理及儲存的程序
- (4) 六氟化硫洩漏測試
- (5) 六氟化硫氣體分解的反應機構

### 2. 六氟化硫的採樣及分析

- (1) 採樣與分析介紹
- (2) 活線作業的採樣程序
- (3) 採樣與分析對環境的影響
- (4) 實驗室分析六氟化硫樣品不純物
- (5) 實驗室分析六氟化硫樣品分解產物
- (6) 分析結果的解釋
- (7) 現場使用 Powertech 公司 SF6DPD 儀器

## 陸、 與 Powertech 公司討論內容

### 一、 電力變壓器

1. GIO 試驗技術
2. Tr 油取樣技術及對 DGA 之影響
3. DGA 診斷技術
4. OLTC 故障之診斷
5. Tr 絕緣紙含水量之量測技術
6. Tr 絕緣紙去除水分之技術
7. Tr 油中糠醛含量與絕緣紙老化或平均聚合度之關係
8. 變壓器壽命評估方法
9. 變壓器故障診斷各種方法之應用比較評估

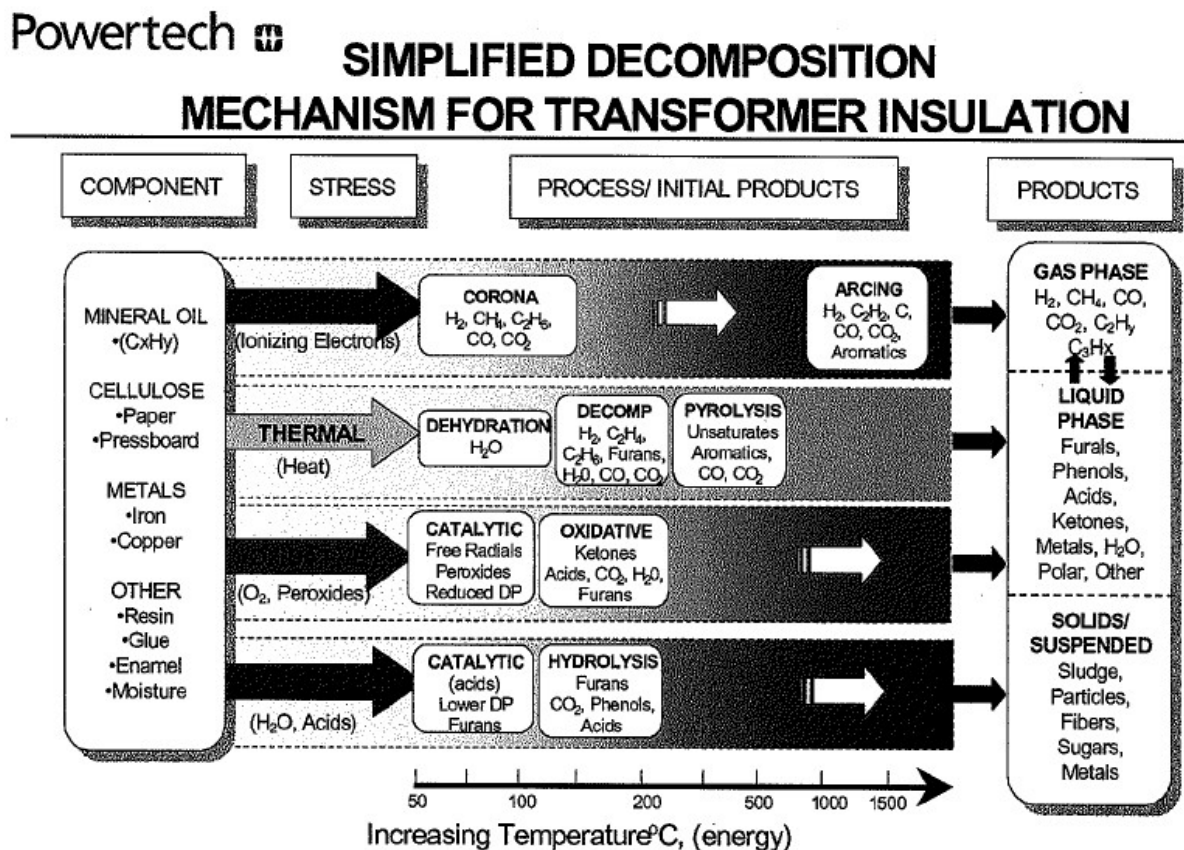
### 二、 應用 SF6 之電力設備

1. SF6 氣體分解之反應機構

2. SF6 氣體之採樣
3. SF6 受電弧分解氣體之分析方法與儀器
4. SF6 不純物或分解氣體之現場攜帶式分析設備
5. 有關 SF6 DPD
6. GIS 各類氣室之 H<sub>2</sub>O、SOF<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>F<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、HF 限制值
7. GIS 各類氣室之故障診斷法
8. GIT 之故障診斷法
9. IMS 之應用與校正技術

## 柒、研習報告

### 一、變壓器絕緣物分解反應機構



二、 猶如人血液的檢驗反應人身體的狀況，變壓器油的試驗可反應變壓器三方面的狀況。

### 1. 變壓器油的狀況

#### (1) 油的氧化或老化程度

主要是氧氣促使油氧化成極性及酸性物質，會增加油的功率因素及加速絕緣紙裂化減少其機械強度，可藉由顏色、酸價、界面張力、功率因素初步判斷氧化程度，進一步可藉由 HPLC, FTIR, GC, GC/MS 確認其氧化成分。

#### (2) 油的污染程度

主要是水、纖維、顆粒或其他污染物，水、纖維、顆粒會減少油的絕緣特性，藉由外觀、顏色、破壞電壓可初步判斷其污染程度、藉含水量、微粒分析、過濾顯微鏡觀察、微量元素分析(SEM)、ICP 可判斷污染源，其他污染物可藉 GC 與新油比對其變化(fingerprint)，藉 FTIR、GC/MS 確認其成分，油中硫可藉 GC-AED 偵測。

### 2. 變壓器的內部事故

#### (1) 故障現象

藉油中氣體可分析診斷放電及過熱現象，放電能量的大小，過熱溫度的高低，及以上現象惡化的趨勢。

#### (2) 故障位置

除油中氣體 CO、CO<sub>2</sub> 的成長輔助研判故障位置是裸露金屬或絕緣材料，還可進一步藉 HPLC 分析糠醛、酚(Phenol)及甲酚(Cresol)研判絕緣材料受熱位置，藉 ICP-AES(ASTM D7151)分析油中溶解金屬及小顆粒金屬，大顆粒金屬須由濾紙上取樣化驗，可協助診斷裸金屬故障位置，可能故障位置分析如下：

銅 - 線圈和銅導線

鐵 - 鐵心、夾件和外殼

鉛 - 銲接處

錫和鋅 - 螺栓

### 3. 變壓器的壽命

### (1) 糠醛試驗

變壓器的壽命與絕緣紙的壽命息息相關，變壓油老化裂化還可再生或更換，但絕緣紙裂化是無法更換的，絕緣紙的壽命由聚合度(DP)來衡量，紙在起用階段聚合約為 1000 個葡萄糖單體，但隨著時間的增長紙會裂化，絕緣紙的裂化主要是由於水分及熱的作用，水會加速紙的裂化，當聚合度低於 200 變壓器的生命就結束。紙裂化的主要產物為 CO、CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O 及糠醛，其中糠醛與聚合度可藉關係式換算，所以藉 HPLC 測試油中糠醛濃度就可推估變壓器的殘餘壽命。以下為美國 USBR 標準，油中糠醛、紙聚合度及變壓器殘餘生命的對照表。

| 糠醛(ppm@55°C) | 糠醛(ppm@65°C) | DP  | 殘餘生命(%) |
|--------------|--------------|-----|---------|
| 0.06         | 0.05         | 800 | 100     |
| 0.3          | 0.2          | 600 | 80      |
| 1.5          | 0.75         | 400 | 50      |
| 3.8          | 1.7          | 300 | 24      |
| 5.3          | 2.1          | 250 | 13      |
| 7.3          | 2.8          | 200 | 0       |

### (2) 糠醛試驗的時機

- CO 及 CO<sub>2</sub> 值偏高
- 油的顏色快速變黑
- 界面張力驟降但酸價未增加
- 老變壓器(超過 20 年)
- 油中水分突然增加

## 三、 變壓器油採樣與送試計畫

### 1. 變壓器油採樣

變壓器油分析欲獲得準確的結果，採樣是很重要的一門技術，包括採樣容器及方法。

#### (1) 採樣容器:

加拿大 Powertech 實驗室針對不同試驗項目有不同的採樣容器，詳如以下表。

| 試驗項目       | 採樣容器             | 容積    |
|------------|------------------|-------|
| 絕緣油特性試驗    | 廣口塑膠瓶(HDPE)      | 1 公升  |
| 油中氣體及含水量分析 | 玻璃注射針筒及紙盒        | 50 毫升 |
| 糠醛分析       | 褐色玻璃瓶            | 25 毫升 |
| PCB 分析     | 褐色玻璃瓶            | 25 毫升 |
| 紙聚合度       | 將紙包在鋁箔紙中         | -     |
| 紙中水分       | 玻璃瓶，將紙放在裝滿油的玻璃瓶中 | 25 毫升 |
| 油中微粒       | 清洗過的瓶子           | -     |

(2) 採樣注意事項:

- a. 注意瓶子的清潔、乾燥及密封。
- b. 確認變壓器正壓狀態，可從變壓器油閥接透明油管到有油的容器，打開變壓器油閥如果油會逆流，則變壓器處負壓狀態不可採樣。
- c. 要將變壓器油閥與本體間管路的油洩掉
- d. 採 OLTC 的油管避免污染下次油樣
- e. 廣口塑膠瓶採樣，採樣油管要插入容器底部，讓油滿出，蓋口前先擠壓油瓶兩側讓油滿溢再蓋口，以免空氣污染。
- f. 針筒取樣注意不要拉推桿，要讓油藉油壓自然進入針筒，且不可有氣泡。
- g. 記錄油溫、變壓器資料在試驗標籤上
- h. 儲存樣品於暗處，避免陽光直接照射。

2. 變壓器油送試計畫

適當的油送試計畫可維持設備運轉的可靠度

a. 測試頻率:

以電壓區分-高電壓較低電壓頻率高

以功能區分-升壓變壓器較輸電變壓器頻率高

以設備狀況區分-設備狀況惡化則增加頻率

b. 試驗的分類:

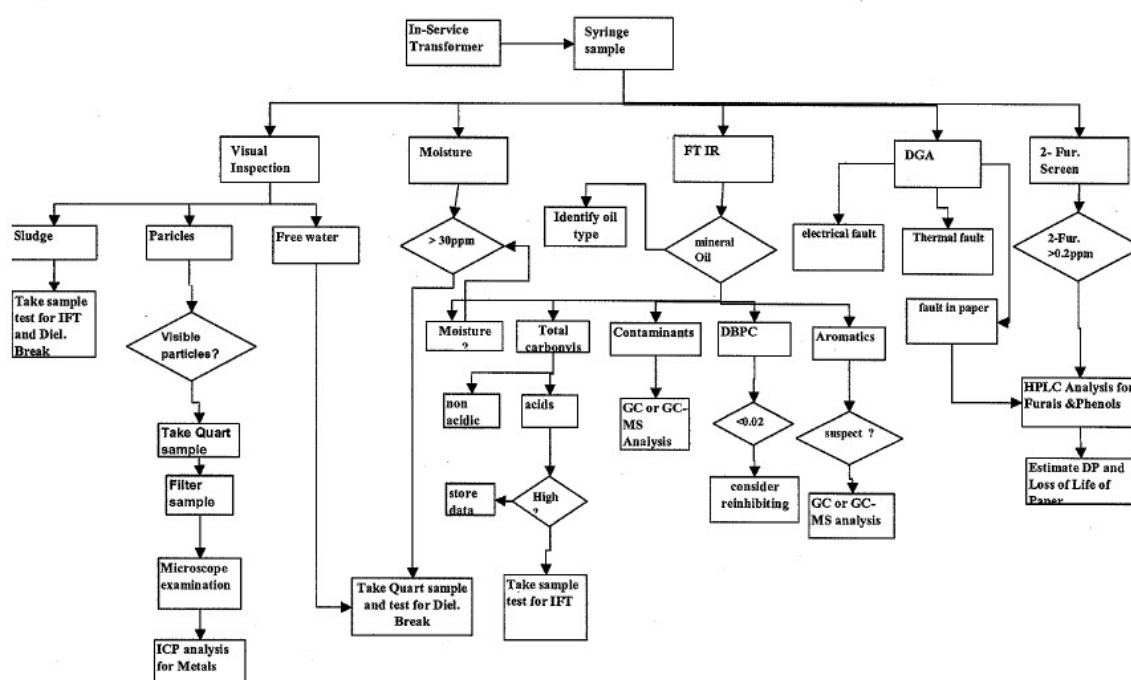
基本(例行)-油中氣體、破壞電壓、酸價、界面張力、顏色、糠醛

進階- 功率因素、抑制劑、油中金屬、微粒分析

c. Powertech 實驗室的建議送試週期

| 試驗項目  | 變壓器    | 儀器變壓器 | 有載切換器 | 油切換器 | 電纜油 |
|-------|--------|-------|-------|------|-----|
| 顏色    | 基本     | 基本    | 基本    | 基本   | 基本  |
| 破壞電壓  | 基本     | 基本    | 基本    | 基本   | 基本  |
| 酸價    | 基本     | 基本    | 基本    | 基本   | 基本  |
| 界面張力  | 基本     | 基本    | 基本    | 基本   | 基本  |
| 油中氣體  | 基本     | 基本    | 基本    | 基本   | 基本  |
| 水分    | 基本     | 基本    | 基本    | 基本   | 基本  |
| 糠醛篩選  | 基本     | 基本    | -     | -    | -   |
| 糠醛    | 進階     | 進階    | -     | 進階   | -   |
| 功率因素  | 進階     | 進階    | -     | -    | 進階  |
| 油中金屬  | 進階     | 進階    | -     | 進階   | 進階  |
| 金屬沈積物 | -      | -     | 進階    | 進階   | -   |
| 微粒    | 進階     | 進階    | 進階    | -    | -   |
| 建議週期  | 6-12 月 | 1 年   | 1 年   | 1 年  | 1 年 |

3. 使用中油測試流程



#### 四、 變壓器故障診斷軟體與狀況評估(Condition Assessment)軟體

##### 1. 變壓器故障診斷軟體

- (1) 運用 IEEE C57.104、IEC 60599 及 USBR(美國標準)之診斷基準，其各成分氣體的基準與日本電氣協同的比較如下表。

| 氣體   | IEEE<br>C57.104 | IEC 60599<br>90%range | USBR L1 | Dornenburg | 日本電氣協<br>同 |
|------|-----------------|-----------------------|---------|------------|------------|
| H2   | 100             | 60-150                | 100     | 200        | 400        |
| CH4  | 120             | 40-110                | 75      | 50         | 100        |
| C2H2 | 35              | 3-50                  | 3       | 5          | 0.5        |
| C2H4 | 50              | 60-280                | 75      | 80         | 10         |
| C2H6 | 65              | 50-90                 | 75      | 35         | 150        |
| CO   | 350             | 540-900               | 700     | 500        | 300        |
| CO2  | 2500            | 510-13000             | 7000    | 6000       |            |
| TDCG | 720             |                       |         |            | 500        |

註:單位 ppmv

- (2) 運用 IEEE C57.104 之 ROGERS,Dornengurg 數碼法、Key Gases 法，IEC 60599 之數碼法、Duval 三角法，Nomograph 法，診斷變壓器故障形態，並開發 Duval 三角法歷史趨勢圖，可看出問題點的發展趨勢。Duval 三角法運用只有在至少一種氣體超過下表(USBR)之 L1 及 G2 基準才可運用。

| 氣體   | L1 Limits<br>(ppm) | G1 Limits<br>(ppm/month) | G2 Limits<br>(ppm/month) |
|------|--------------------|--------------------------|--------------------------|
| H2   | 100                | 10                       | 50                       |
| CH4  | 75                 | 8                        | 38                       |
| C2H2 | 3                  | 3                        | 3                        |
| C2H4 | 75                 | 8                        | 38                       |
| C2H6 | 75                 | 8                        | 38                       |
| CO   | 700                | 70                       | 350                      |
| CO2  | 7000               | 700                      | 3500                     |

- (3) 自行發展的向量法(Vector)歷史趨勢圖可反應問題點的嚴重度,改善 Duval

三角法及 Key Gas 法數碼法常在問題不嚴重就出現診斷的錯誤，並將 CO 及 CO<sub>2</sub> 氣體納入，可診斷絕緣紙過熱。

#### (4) Labsys Program 的功能

##### a. 診斷

>使用 IEEE(Roger,Key gas),IEC(ratios,Duval),Vector

>可自行設定基準

>可顯示歷史趨勢

>選擇查詢條件並畫圖

##### b. 資料庫管理

>資料收集(名牌、DGA、油特性、糠醛、紙、金屬、微粒、特殊試驗)

>充油附屬設備(TX,LTC,CB,CT,PT,Bushings)

>充油電纜

>六氟化硫設備

#### Labsys Program DGA 畫面

The screenshot displays the 'Laboratory Diagnostics - [Oil Filled Equipment]' window. The interface is divided into several sections:

- Test Results (ppm):** Lists combustible gases (C2H2, C2H4, C2H6, CH4, H2, CO, TDCG) and other parameters (CO2, H2O, N2, O2, Fural Sci) with their respective values and limits.
- Calculations:** Shows CO2/CO, N2/O2, Gas Saturation, Gas Content, H2O Saturation Temperature, TDCG Generation Rate, and H2O Relative Saturation.
- Diagnostics:** Includes Rogers Ratios, IEC Temp. fault, Key Gas Interpretation, and Nomograph Heating.
- Recommendations:** Provides sampling intervals, sample due dates, and status updates.
- Sample Information:** Displays sample ID (97-0171-14), date (15-May-97), port ID (Main Tank Bot), and why (Normal).
- Company/Station/Type/Unit:** Shows B.C. Hydro Power Supply, T1, A, 02-02653, EEC, 48153, BCHPS, FLS, TX, 02-02653.

## Labsys Program Summary 畫面

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--|--|------|---|--|------|----|--|------|---|--|-----|---|--|----|---|--|----|-----|--|-----|------|--|------|--|--|------|--|--|----|-------|--|----|-------|--|-----|---|--|-----|--|--|------|-----|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--|--|----------|----|--|----------|--|--|---------|--|--|----------|--|--|---------|--|--|--------|--|--|---------|--|--|----------|--|--|----------|--|--|------------|--|--|-----|------|--|--------------|-----|--|--------|---|--|----------------|--|--|----------|--|--|----------|--|--|----------|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--|--|-----|---|--|-----|---|--|-----|---|--|-----|---|--|-----|---|--|---------|--|--|-----|---|--|-----|------|--|-----|--|--|---------|--|--|-----|------|--|-----|---|--|-------|--|--|-----------------|--|--|------|--|--|----|--|--|-----|--|--|------|--|--|
| <b>Overall Condition</b><br>Overall Insulation System: <b>NORMAL</b><br><b>Assessment</b><br><b>LabSys Analysis</b><br>Oil Quality sample out of date<br>Take Fural sample to check paper condition<br><b>LabSys Recommended Action</b><br>Re-sample Oil Quality<br>Re-sample Fural<br><b>IEEE Analysis</b><br>TDCG indicates the transformer is operating satisfactorily. Any individual combustible gas exceeding specified levels should prompt additional investigation.<br><b>IEEE Recommended Action</b><br>Continue normal operation | <b>Gas in Oil</b><br>Condition Index: <b>100</b><br><b>Last Result of Gas in Oil</b><br>Date: 08 Feb 2005<br><table border="1"> <tr><td colspan="3">Combustible Gases</td></tr> <tr><td>C2H2</td><td>6</td><td></td></tr> <tr><td>C2H4</td><td>41</td><td></td></tr> <tr><td>C2H6</td><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>CH4</td><td>4</td><td></td></tr> <tr><td>H2</td><td>8</td><td></td></tr> <tr><td>CO</td><td>452</td><td></td></tr> </table><br><table border="1"> <tr><td>CO2</td><td>3950</td><td></td></tr> <tr><td>C3H6</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>C3H8</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>N2</td><td>64000</td><td></td></tr> <tr><td>O2</td><td>25100</td><td></td></tr> <tr><td>H2O</td><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>ROH</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>TDCG</td><td>513</td><td></td></tr> </table> | Combustible Gases |  |  | C2H2 | 6 |  | C2H4 | 41 |  | C2H6 | 2 |  | CH4 | 4 |  | H2 | 8 |  | CO | 452 |  | CO2 | 3950 |  | C3H6 |  |  | C3H8 |  |  | N2 | 64000 |  | O2 | 25100 |  | H2O | 2 |  | ROH |  |  | TDCG | 513 |  | <b>Oil Quality</b><br>Condition Index: <b>75</b><br><b>Last Result of Oil Quality</b><br>Date: 18 Mar 2003<br><table border="1"> <tr><td colspan="3">Dielectric</td></tr> <tr><td>KV D1315</td><td>60</td><td></td></tr> <tr><td>KV D1815</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>KV D377</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P.F. 100</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P.F. 25</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>DCR 25</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>DCR 100</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Moisture</td><td></td><td></td></tr> </table><br><table border="1"> <tr><td colspan="3">Chemical</td></tr> <tr><td>Neut. Num.</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>IFT</td><td>35.2</td><td></td></tr> <tr><td>Inhib. Cont.</td><td>0.3</td><td></td></tr> <tr><td>Colour</td><td>2</td><td></td></tr> </table><br><table border="1"> <tr><td colspan="3">Chemical - PCB</td></tr> <tr><td>PCB-1242</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>PCB-1254</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>PCB-1260</td><td></td><td></td></tr> </table> | Dielectric |  |  | KV D1315 | 60 |  | KV D1815 |  |  | KV D377 |  |  | P.F. 100 |  |  | P.F. 25 |  |  | DCR 25 |  |  | DCR 100 |  |  | Moisture |  |  | Chemical |  |  | Neut. Num. |  |  | IFT | 35.2 |  | Inhib. Cont. | 0.3 |  | Colour | 2 |  | Chemical - PCB |  |  | PCB-1242 |  |  | PCB-1254 |  |  | PCB-1260 |  |  | <b>Furals in Oil</b><br>Condition Index: <b>25</b><br><b>Last Result of Furals</b><br>Date: 03 Jan 2003<br><table border="1"> <tr><td colspan="3">Furals</td></tr> <tr><td>FAL</td><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>FOL</td><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>HMF</td><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>MEF</td><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>ACF</td><td>0</td><td></td></tr> </table><br><table border="1"> <tr><td colspan="3">Phenols</td></tr> <tr><td>PNL</td><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>DIM</td><td>0.16</td><td></td></tr> <tr><td>TML</td><td></td><td></td></tr> </table><br><table border="1"> <tr><td colspan="3">Cresols</td></tr> <tr><td>OCR</td><td>0.15</td><td></td></tr> <tr><td>MCR</td><td>0</td><td></td></tr> </table><br><table border="1"> <tr><td colspan="3">Paper</td></tr> <tr><td>Condition Index</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Date</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>DP</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>H2O</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Dicy</td><td></td><td></td></tr> </table> | Furals |  |  | FAL | 0 |  | FOL | 0 |  | HMF | 0 |  | MEF | 0 |  | ACF | 0 |  | Phenols |  |  | PNL | 0 |  | DIM | 0.16 |  | TML |  |  | Cresols |  |  | OCR | 0.15 |  | MCR | 0 |  | Paper |  |  | Condition Index |  |  | Date |  |  | DP |  |  | H2O |  |  | Dicy |  |  |
| Combustible Gases                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| C2H2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| C2H4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 41                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| C2H6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| CH4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| H2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| CO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 452                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| CO2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 3950                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| C3H6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| C3H8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| N2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 64000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| O2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 25100                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| H2O                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| ROH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| TDCG                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 513                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| Dielectric                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| KV D1315                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 60                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| KV D1815                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| KV D377                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| P.F. 100                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| P.F. 25                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| DCR 25                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| DCR 100                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| Moisture                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| Chemical                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| Neut. Num.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| IFT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 35.2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| Inhib. Cont.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 0.3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| Colour                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| Chemical - PCB                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| PCB-1242                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| PCB-1254                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| PCB-1260                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| Furals                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| FAL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| FOL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| HMF                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| MEF                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| ACF                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| Phenols                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| PNL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| DIM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0.16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| TML                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| Cresols                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| OCR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0.15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| MCR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| Paper                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| Condition Index                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| Date                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| DP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| H2O                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |
| Dicy                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                   |  |  |      |   |  |      |    |  |      |   |  |     |   |  |    |   |  |    |     |  |     |      |  |      |  |  |      |  |  |    |       |  |    |       |  |     |   |  |     |  |  |      |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |  |  |          |    |  |          |  |  |         |  |  |          |  |  |         |  |  |        |  |  |         |  |  |          |  |  |          |  |  |            |  |  |     |      |  |              |     |  |        |   |  |                |  |  |          |  |  |          |  |  |          |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |  |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |         |  |  |     |   |  |     |      |  |     |  |  |         |  |  |     |      |  |     |   |  |       |  |  |                 |  |  |      |  |  |    |  |  |     |  |  |      |  |  |

## 2. 變壓器狀況評估軟體

### (1) 使用百分比法則決定等級及嚴重度

- 百分比值是從油試驗資料庫算得
- 前提是測試數值有高低值而不是“是”與“否”
- 值小於 90% 假設為正常
- 值大於 90% 視為高須進一步調查
- 百分比法可用在油試驗及設備診斷
- Powertech 公司百分比實例

變壓器油中氣體分析

| 百分比    | C2H2 | C2H4 | C2H6 | H2O | H2  | O2    | N2    | CO   | CH4 | CO2   |
|--------|------|------|------|-----|-----|-------|-------|------|-----|-------|
| 變電所變壓器 |      |      |      |     |     |       |       |      |     |       |
| 90     | 7    | 67   | 14   | 20  | 55  | 31754 | 77632 | 864  | 31  | 5731  |
| 95     | 30   | 115  | 37   | 28  | 94  | 33590 | 81624 | 1127 | 60  | 8301  |
| 98     | 76   | 271  | 99   | 40  | 214 | 35400 | 87596 | 1490 | 161 | 11778 |
|        |      |      |      |     |     |       |       |      |     |       |
| 發電廠變壓器 |      |      |      |     |     |       |       |      |     |       |
| 90     | 11   | 106  | 29   | 31  | 108 | 32356 | 76275 | 855  | 66  | 7241  |
| 95     | 35   | 162  | 65   | 44  | 244 | 34104 | 79985 | 1071 | 122 | 9748  |
| 98     | 72   | 404  | 279  | 60  | 603 | 35492 | 84367 | 1345 | 307 | 15772 |

變壓器油特性分析

| 百分比    | 顏色  | 界面張力 | 添加劑含量 | 破壞電壓 | 酸價   |
|--------|-----|------|-------|------|------|
| 變電所變壓器 |     |      |       |      |      |
| 90     | 2.0 | 26.1 | 0.05  | 36   | 0.06 |
| 95     | 2.5 | 23.2 | 0.02  | 30   | 0.10 |
| 98     | 3.0 | 20.2 | -     | 24   | 0.18 |
|        |     |      |       |      |      |
| 發電廠變壓器 |     |      |       |      |      |
| 90     | 2.5 | 21.4 | 0.02  | 29   | 0.01 |
| 95     | 3.0 | 19.5 | 0.01  | 24   | 0.12 |
| 98     | 3.5 | 18.1 | -     | 18   | 0.19 |

## (2) 狀況指數(Condition Index)

a. 狀況指數(CI)從 0(最壞)~100(最好)之根據:

&gt;試驗結果的等級

&gt;成長速率

- b. 使用產業標準(90 和 98%)
- c. 使用自己的統計
- d. 等級決定(百分比)
  - >Level 1 - Normal(<90) , Ci=75-100
  - >Level 2 - Caution(90-95) , Ci=50-74
  - >Level 3 - Warning(95-98) , Ci=25-49
  - >Level 4 - Caution(>98) , Ci<25
- e. 嚴重度決定(成長速率)
  - >Rate 1 - Static , Ci=75-100
  - >Rate 2 - Moderate , Ci=50-74
  - >Rate 3 - High , Ci=25-49
  - >Rate 4 – Extreme , Ci<25
- f. 結合 d,e 指數得到狀況指數表如下

|   |     | Rate of Change |    |      |          |        |         |
|---|-----|----------------|----|------|----------|--------|---------|
|   |     | 00             | 25 | 50   | 75       | 100    |         |
| L | 00  | 1              | 10 | 20   | 30       | 40     | Alarm   |
| E | 25  | 10             | 20 | 30   | 40       | 60     |         |
| V | 50  | 20             | 30 | 40   | 60       | 70     | Warning |
| E | 75  | 30             | 40 | 60   | 70       | 80     | Caution |
| L | 100 | 40             | 60 | 70   | 80       | 90     | Low     |
|   |     | Extreme        |    | High | Moderate | Normal |         |

### (3) 評估程序

- a. 評估所需要的資料及試驗數據
  - >名牌資料(設備型式、廠牌、等級..等)
  - >油試驗結果(油中氣體、油特性、糠醛、其他)
  - >現場測試結果(Doble,Meggar,Winding Resistance, TTR 等)
  - >外部檢查(套管、散熱器、外殼等)

>內部檢查(引線、線圈、絕緣材質、鐵心等)

>運轉歷史(負載、切換次數等)

>已知的設計問題

>運轉年齡

b. 給與每個試驗狀況評估

c. 結合所有狀況權重後的指數得到設備的全部評估等級

#### (4) Equipment Health Rating(HER)軟體-狀況等級

軟體共 4 層

>最上層:資料結論與視窗選擇

>第二層:狀況指示結論

>第三層:維護項目

>第四層:試驗數據，已知問題，年齡

#### HER 最上層畫面

#### 五、變壓器絕緣紙含水量測試及除水技術

##### 1. 變壓器絕緣紙含水量測試

###### (1) 取紙測試

根據 IEC 60814 測試，取絕緣紙要將紙浸 25CC 玻璃瓶油中，以免吸收空氣中水，再用 Karfisher 滴定。

###### (2) 用線上油中水分測定儀

油溫愈高紙油中水分愈快達到平衡，油中水分測定儀安裝位置最好在上部。

## 2. 變壓器絕緣紙含水量各項檢測基準

### (1) 製造廠組裝及現場安裝

建議壓器絕緣紙含水量在 0.2~0.5%

### (2) 運轉中變壓器

建議壓器絕緣紙含水量在 1.5%以下，

## 3. 變壓器絕緣紙除水技術

### (1) 真空法

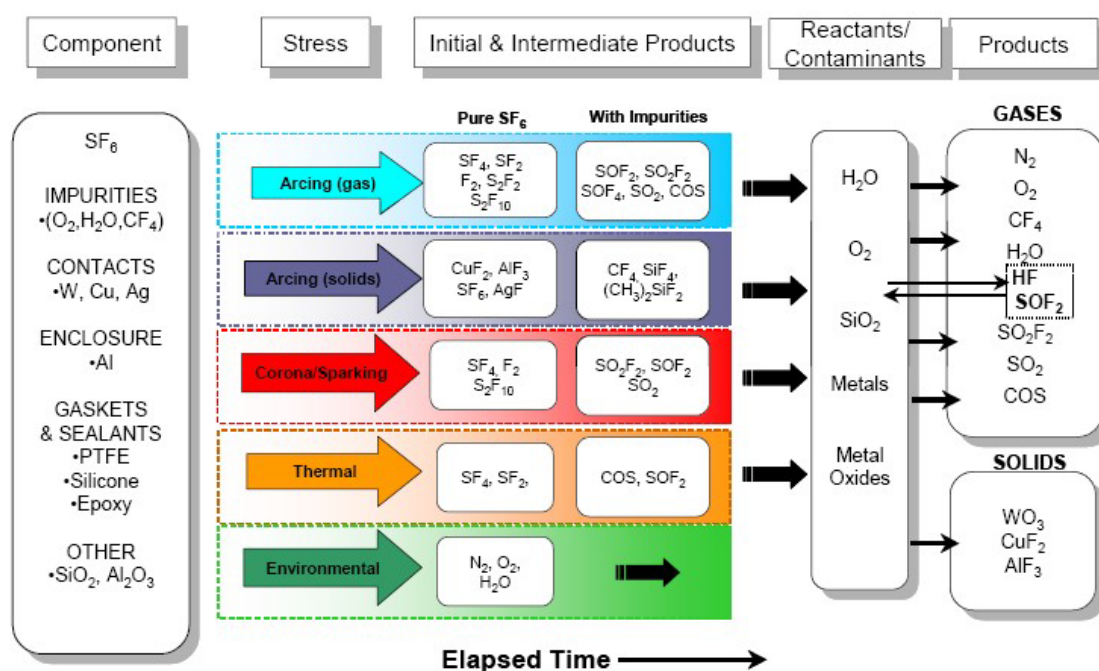
效率高，但設備昂貴，會除去油中氣體，處理不當會在變壓器內產生氣泡。

### (2) 吸附法

效率差，但費用低，安全，且不會影響油中氣體。如果油有污染現象，可增裝除顆粒、油和紙的裂化物及 oxidation precursors 過濾濾材，以免加速絕緣紙的裂化。

## 六、斷路器六氟化硫成分分析與故障診斷

### 1. 斷路器六氟化硫氣體分解的反應機構



其中 SOF<sub>2</sub> 是主要產物，SO<sub>2</sub> 是在 SOF<sub>2</sub> 有水的狀態下轉成的，其他成分相對較少。

### 2. Powertech 公司開發之 SF<sub>6</sub>DPD 攜帶型偵測器

在現場專門針對 GIS 設備 SF<sub>6</sub> 中 SOF<sub>2</sub> 及 SO<sub>2</sub> 成分偵測，可早期發現斷器內部問題。

### 3. Powertech 公司用 SF<sub>6</sub>DPD 測試 GIS 累積的診斷經驗:

一般說來，SF<sub>6</sub> 分解產物的濃度因為有吸附劑或淨化裝置的調節，正常狀態下產生的分解產物會被吸收；只有持續的、不正常的工作狀態下，分解產物的濃度才會繼續增加。歸納總結如下，供現場分析判斷參考：

- (1)當 SF<sub>6</sub> 分解產物 SOF<sub>2</sub> 的濃度在 10ppm 以下，平均每三個月以 0.5ppm 的幅度有規律地增加時，則表明設備內部有跳動著的自由金屬顆粒放電。放電強度約在  $10^{2\sim3}$  pc 左右。
- (2)當 SF<sub>6</sub> 分解產物 SOF<sub>2</sub> 的濃度在 10ppm 以下，平均每三個月以 1ppm 的幅度有規律地增加時，則表明設備內導電回路上有邊緣尖銳部分放電。放電強度約在  $10^{3\sim5}$  pc 左右。
- (3)當 SF<sub>6</sub> 分解產物 SOF<sub>2</sub> 的濃度在 20ppm 以下，平均每三個月以 1.5ppm 的幅度有規律地增加時，則表明設備內盆式絕緣子上有附著的導電物質放電。放電強度約在  $10^{5\sim7}$  pc 左右。
- (4)當 SF<sub>6</sub> 分解產物 SOF<sub>2</sub> 的濃度在 20ppm 以下，平均每三個月以 2ppm 的幅度交替增加時，則表明設備內部導體回路上的固定鞘子鬆動或盆式絕緣子法蘭連接鬆動，引起等電位懸浮放電。放電強度在  $10^{7\sim10}$  pc 之間。同時伴隨著內部固絕緣材料的受熱裂解。
- (5)當 SF<sub>6</sub> 分解產物 SOF<sub>2</sub> 的濃度在 30ppm 以下，平均每三個月以 3ppm 的幅度增加時，則表明設備內有接地短路或電弧放電發生。放電強度在  $10^{10\sim15}$  pc 以上。同時伴隨著固定絕緣材料的迅速裂解。如果 SOF<sub>2</sub> 的濃度迅速突破 40ppm 時，則表明設備已發生電流擊穿事故。