



برنامج الأمم المتحدة للبيئة

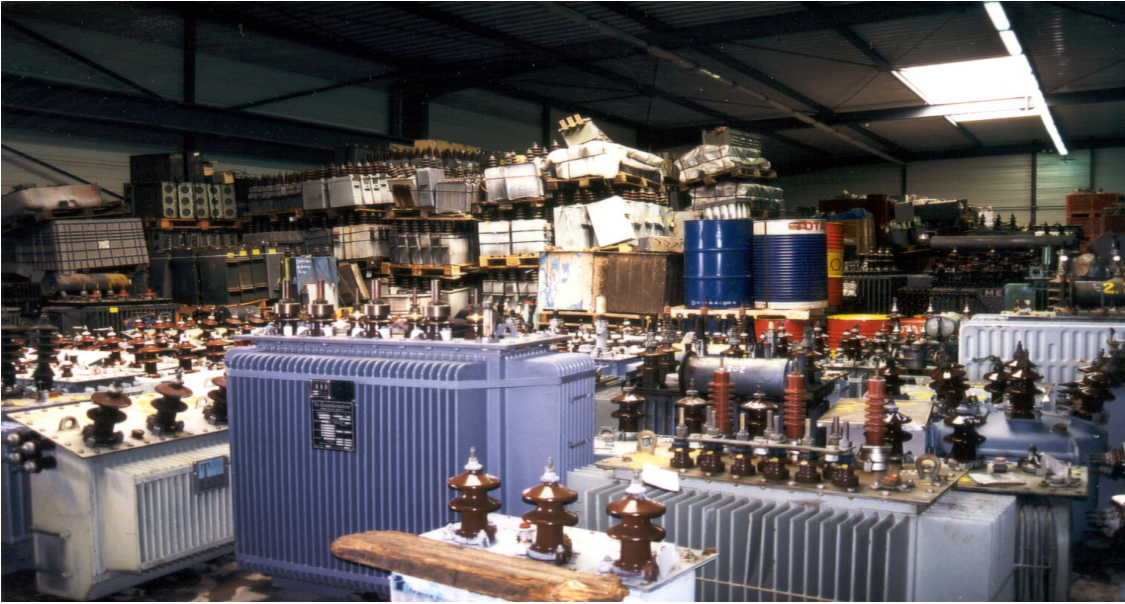


المُحَوَّلَاتُ وَ الْمَكْتَفَاتُ الْحَاوِيَةُ عَلَى

ثَنَائِيَّاتِ الْفِينِيلِ مُتَعَدِّدَةِ الْكَلُورَةِ PCB

إِدَارَتِهَا وَ إِعَادَةَ تَصْنِيفِهَا وَ التَّخْلُصَ مِنْهَا

الطبعة الأولى
أيار 2002



إعداد برنامج الأمم المتحدة للبيئة - الكيميائيات

UNEP CHEMICALS

برنامج المنظمات الدولية للإدارة الجيدة للكيميائيات

اتفاقية تعاون بين UNEP , ILO, FAO, WHO, UNIDO, UNITAR, and OECD

IOMC



برنامج الأمم المتحدة للبيئة



المُحَوَّلَاتُ وَ الْمُكْتَفَاتُ الْحَاوِيَةُ عَلَى
ثَنَائِيَّاتِ الْفِينِيلِ مُتَعَدِّدَةِ الْكُلُورَةِ PCB :
إِدَارَتَهَا وَ إِعَادَةَ تَصْنِيفِهَا وَ التَّخْلُصَ مِنْهَا

الطبعة الأولى
أيار 2002

إعداد برنامج الأمم المتحدة للبيئة - الكيمائيات

UNEP CHEMICALS

برنامج المنظمات الدولية للإدارة الجيدة للكيمائيات

اتفاقية تعاون بين UNEP , ILO, FAO, WHO, UNIDO, UNITAR, and OECD

IOMC

هذه المطبوعة مُعدّة بغرض أن تخدم كدليل في إدارة و إعادة تصنيف و التخلص من المُحولات و المُكثفات الحاوية على ثنائيات الفينيل مُتعدّدة الكلورة PCB. فيما يُعتقد أن المعلومات المزودة في هذا التقرير صحيحة، لا يتحمل برنامج الأمم المتحدة للبيئة UNEP أي مسؤولية لأخطاء محتملة أو حذف و ما يتبع ذلك، و ما يمكن أن ينبثق عنهم. إن برنامج الأمم المتحدة للبيئة أو أي فرد انخرط في تحضير هذا التقرير لن يكونوا مسؤولين عن أي ضرر أو خسارة أو أذى أو تَحْيِزٍ من أي نوع يمكن أن تنتج عن أشخاص قد تصرفوا على أساس فهمهم أو إدراكهم للمعلومات المُحتواة في هذه المطبوعة.

إن التخصيصات المُستخدَمة و المواد المعروضة في هذا التقرير لا تدلُّ ضمناً على أي تعبير أو رأي ، مهما يكن ، من طرف الأمم المتحدة أو برنامج الأمم المتحدة للبيئة بما يخص الوضع القانوني لأي بلد ، مقاطعة ، مدينة ، منطقة ولا لأي من السلطات ، أو تعيين و تحديد لأي من جبهاتها أو حدودها .

تم تطوير هذه المطبوعة بموجب العقد مع Jacques Ehretsmann و أيُّ وجهة نظر معبّر عنها في هذه الوثيقة لا تعكس بالضرورة وجهة نظر برنامج الأمم المتحدة للبيئة UNEP.

ملكية الصور : صفحة الغلاف و الصفحة 10 (Approchim) ؛ الصفحة 28 (AGR Spain)

أول طبعة (أيار 2002)

و المادة في هذه المطبوعة يمكن اقتباسها أو إعادة طباعتها بحرية ، لكن المطلوب توجيه الشكر مع الإشارة بالمرجع لرقم هذه الوثيقة كما يجب إرسال نسخة من المطبوعة التي تتضمن الإقتباس أو إعادة الطباعة إلى برنامج الأمم المتحدة للكيميائيات.

تم إنتاج هذه المطبوعة ضمن إطار العمل لبرنامج المنظمات الدولية من أجل الإدارة الجيدة للكيميائيات (IOMC)

برنامج المنظمات الدولية من أجل الإدارة الجيدة للكيميائيات Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals (IOMC) تم تأسيسه في عام 1995 من قبل المنظمات الدولية المشاركة، UNEP, ILO, FAO, WHO, UNIDO and OECD و ذلك تبعاً للتوصيات المتخذة عام 1992 في مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة و التنمية و ذلك من أجل تقوية التعاون و زيادة التنسيق في حقل السلامة الكيميائية . في كانون الثاني من عام 1998 ، قامت UNITAR بالإنضمام رسمياً إلى برنامج المنظمات الدولية من أجل الإدارة الجيدة للكيميائيات (IOMC) كمنظمة مشاركة. و الغرض من IOMC هو تحفيز التنسيق للسياسات و النشاطات التي تتابعها المنظمات المشاركة ، بالتعاون فيما بينها أو بشكل منفصل ، من أجل تحقيق الإدارة الجيدة للكيميائيات فيما يتعلق بصحة الإنسان و البيئة.

نسخ من هذا التقرير متوفرة من :

UNEP Chemicals
International Environment House
11-13 chemin des Anémones
CH-1219 Châtelaine (Geneva), Switzerland
Tel.: +41 (22) 917 8170 , Fax: +41 (22) 797 3460
e-mail: chemicals@unep.ch

UNEP
CHEMICALS

UNEP Chemicals is part of UNEP's Technology, Industry and Economics Division

جدول المحتويات

8.....	مقدمة.....	1
9.....	معلومات أولية.....	2
10.....	خواص ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور.....	3
12.....	التجهيزات الكهربائية و ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs.....	4
13.....	توصيف المُحَوَّلَاتُ و المُكثِّفَاتُ الكهربائية.....	5
13.....	5.1 المُحَوَّلَاتُ الكهربائية.....	
14.....	5.2 المُكثِّفَاتُ.....	
15.....	إدارة المُحَوَّلَاتُ الكهربائية الحاوية على PCB.....	6
15.....	6.1 التعرف على المُحَوَّلَاتُ الحاوية على PCB.....	
15.....	6.1.1 لوحة التعريف الأصلية بالصانع.....	
17.....	6.1.2 تصميم المُحَوَّلَة :.....	
18.....	6.2 التعرف على زيوت ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs.....	
19.....	6.3 صيانة المُحَوَّلَاتُ الكهربائية الحاوية على ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCB.....	
19.....	6.4 التسريب أو الارتشاح من المُحَوَّلَاتُ.....	
20.....	6.5 تقييم الأداء.....	
20.....	6.5.1 الاختبارات الكهربائية.....	
21.....	6.5.2 إختبارات كيميائية.....	
22.....	الصحة و السلامة.....	7
22.....	7.1 التعامل مع التجهيزات و السوائل المُلوَّثة بثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs.....	
22.....	7.1.1 تدابير وقائية صحية.....	

23	أجهزة الحماية الفردية (Personal Protection Equipment)	
24	التهوية	
24	مُعدّاتُ حماية الجهاز التنفسي	
26	المراقبة البيئية	7.2
26	التسريّبات و الإنسكابات	7.3
26	الحالات الطارئة	7.3.1
26	التسرب من المحولات الكهربائية	7.3.2
29	إعادة تصنيف المحولات الكهربائية	8
30	إعادة تعبئة المحولات (Retrolfiling of Trnasformers)	9
30	قائمة التدقيق لقرار إعادة التعبئة	9.1
32	الخواص المطلوبة من الزيوت البديلة لزيوت PCB :	9.2
33	اعتبارات أخرى	9.3
34	تدابير لضبط عملية إعادة التعبئة	9.4
34	التعامل مع المحولات الحاوية على زيوت PCB	9.4.1
34	الاشتراطات الواجب توفرها في منشآت التعامل مع وتفكيك التجهيزات الحاوية على زيوت PCBs	9.4.2
35	التدابير الوقائية و الاحترازية المطلوبة عند تقطيع التجهيزات الحاوية على PCB	9.4.3
35	تفريغ المحولات الحاوية على سوائل PCB	9.4.4
36	الاحتياطات المطلوبة لشطف التجهيزات من أجل التخلص من بقايا زيوت PCBs	9.4.5
36	التعامل مع المُكثّفات الحاوية على PCBs	9.4.6
37	السوائل البديلة التي يمكن استخدامها في إعادة التعبئة	10
37	الزيوت المعدنية	10.1
37	السوائل السيليكونية	10.2

38.....	مواد الأسترات الصناعية.	10.3
39.....	الجدول (1) : الخواص الأساسية للزيوت البديلة.	
41.....	التخلص من و/أو استبدال المُحوّلات الحاوية على زيوت PCB	11
41.....	التخلص من المُحوّلات	11.1
41.....	استبدال المُحوّلات	11.2
43.....	مصادر إضافية للمعلومات	12
43.....	صيانة عامة	12.1
43.....	إعادة التعبئة (RETROFILLING)	12.2
44.....	الكتب و المطبوعات	12.3
44.....	معلومات عامة عن مُركّبات PCB و التشريعات	12.4
47.....	المرفق (أ)	
47.....	خلاصة من اتفاقية استوكهولم فيما يتعلق بثنائيات الفينيل مُتعدّدة الكلورة (PCBs)	
49.....	المرفق (ب) أمثلة عن الزيوت البديلة لثنائيات الفينيل مُتعدّدة الكلورة PCBs	
69.....	المرفق (ج): لائحة بالمصطلحات و الاختصارات	

تمهيد

تُعتبر هذه المطبوعة عن إدارة و إعادة تصنيف و التخلص من المُحولات و المُكثفات الكهربائية الحاوية على ثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور (PCBs) هي المطبوعة الرابعة من برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) فيما يخص ثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور (PCBs). و ثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور (PCBs) هي مُلوثات عضوية ثابتة (POPs) - أي أنها مواد كيميائية ثابتة تتراكم حيويًا و ذات تأثيرات سلبية على صحة الإنسان و البيئة . كما يمكن لثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور أن تنتقل لمسافات طويلة و قد تم الكشفُ عنها في أبعد زاوية من العالم بما في ذلك أماكن بعيدة جداً عن مكان تصنيعها و استخدامها .

في حين أن تصنيع ثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور (PCBs) قد توقف فعلياً ، لكن إمكانية إطلاقهم فعلياً إلى البيئة لم يتوقف . ذلك أن هناك كميات كبيرة من ثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور (PCBs) مازالت مُستخدمة أو مُخزنة . فالمُحولات و المُكثفات الكهربائية هي أحد المصادر الرئيسة لثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور (PCBs). واحتمالية امتداد فترة الاستمرار في استخدام المُحولات و المُكثفات و حقيقة أن ثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور (PCBs) هي مُركبات ثابتة عند إطلاقها إلى البيئة ، يعني ذلك أنها ستبقى تشكل تهديداً لعشرات من السنين القادمة. في حين أن مُعظم الإثنا عشرة مادة التي تشملهم اتفاقية استوكهولم خاضعة للحظر المباشر ، لكن في حالة ثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور (PCBs) نجد أن التجهيزات المتواجدة يتم المحافظة عليها بطريقة تمنع من الارتشاح أو التسريب منها حتى العام 2025 (بينما يتم إدخال البدائل الخالية من ثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور PCBs).

تهدف المطبوعة الحالية إلى توفير المساعدة إلى المسؤولين عن المُحولات و المُكثفات الكهربائية الحاوية على PCBs، بما في ذلك إعادة تصنيفها و إخراجها من الخدمة ، لكن هذه الوثيقة لا تحل مكان كتيبات (دليل الاستخدام) الإدارة المهنية التي تكون شاملة أكثر و يجب أن يعود إليها القائمين على تشغيل هذه التجهيزات الكهربائية. برنامج الأمم المتحدة للبيئة UNEP يرحب بالمعلومات و الاقتراحات التي يمكن تضمينها في الطباعات المستقبلية و في المطبوعات السابقة عن PCB.

مُعْظَمُ المَحَوَّلَاتِ و المَكْتَفَاتِ الكِهْرِبَائِيَّةِ تَسْتَعْمَدُ سَائِلًا عَازِلًا كِهْرِبَائِيًّا أَسَاسَهُ ثَنَائِيَّاتُ الفِينِيلِ مُتَعَدِّدِ الكَلُورِ (polychlorinated biphenyls PCBs). و بالرغم من تمتع هذه المنتجات بمقاومة الحريق و خواص أخرى مطلوبة للاستخدام في التجهيزات الكهربائية ، لكن هناك بعض المساوئ . و هذه المساوئ لها علاقة بالطبيعة السامة لثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدِ الكَلُورِ PCBs و إمكانية تلوثهم أو تحولهم إلى مُرَكَّبَاتِ ثَنَائِيِّ بنزو الفيوران مُتَعَدِّدِ الكَلُورِ (الفيورانات - Furans, PCDF). و بعض التأثيرات البيولوجية السلبية قد ظهرت على مدى عدة أعوام و أصبحت الآن مُثَبَّتةً جَيِّدًا. للأسف ، قد انتشر استخدام مُرَكَّبَاتِ ثَنَائِيِّ الفِينِيلِ مُتَعَدِّدِ الكَلُورِ PCBs بِشَكْلِ واسعٍ لِحَوَالِي 40 سنة في المَحَوَّلَاتِ و المَكْتَفَاتِ الكِهْرِبَائِيَّةِ ، و أصبح من الضروري الآن وضع حلول عملية للتخلص من ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدِ الكَلُورِ PCBs أينما وجدت .

إن مُرَكَّبَاتِ ثَنَائِيِّ الفِينِيلِ مُتَعَدِّدِ الكَلُورِ PCBs و بعض المبيدات المحددة (مثل: الـ DDT) و مُرَكَّبَاتِ الديوكسين و الفيوران (Dioxins and Furans) التي تنتج ثانويًا عن عمليات الحرق أو عن العمليات الصناعية ، جميعها قد شملت اتفاقية استوكهولم للملوثات العضوية الثابتة (POPs). و الاتفاقية تتعرض إلى إنتاج و استخدام و استيراد و تصدير و إطلاق النواتج الثانوية و إدارة أكوام التخزين و التخلص مبدئيًا من 12 من الملوثات العضوية الثابتة (POPs).

و تحتم الاتفاقية ، على الدول الأطراف أن تمنع و/أو تتخذ التدابير القانونية و الإدارية الضرورية للتخلص من إنتاج و استخدام ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدِ الكَلُورِ PCBs . نظرًا لكون الاعتماد على التجهيزات الحاوية على PCBs مازال واسع الانتشار ، وبشكل ملحوظ بعض المَحَوَّلَاتِ و المَكْتَفَاتِ المعينة ، كما تم وضع استثناء للسماح باستمرار استخدام مثل هذه التجهيزات حتى العام 2025 ، لكن ضمن إطار السياسة الموضوعية في الاتفاقية . (القسم الأساسي من الاتفاقية ذو الصلة بالموضوع قد تم إعادة طباعته في المرفق أ من هذه المطبوعة الحالية) . و من المتوقع من الدول الأطراف أن تبذل جهوداً محددة للتعرف على التجهيزات الحاوية على PCBs و وضع اللصاقات عليها و إزالتها من الاستعمال.

من أولى المشاكل التي ستواجهها البلدان التي مازالت فيها محولات حاوية على PCBs قيد التشغيل كيفية **تحديد و التعرف** على هذه التجهيزات . و من ثم يجب اتخاذ القرار حول **متى و كيف** سوف يتم **إدارة و إعادة تصنيف** و أخيراً **التخلص** من هذه التجهيزات الملوثة. فالغرض من هذه المطبوعة هو مساعدة أولئك الأشخاص المسؤولين عن تلك التجهيزات لأخذ التدابير الملائمة و القرارات التي تمكن بلادهم من تحقيق الاشتراطات المطلوبة في اتفاقية استوكهولم.

تمثل هذه المنشورة بعض المعلومات عن خلفية استعمال ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدِ الكَلُورِ PCBs في التجهيزات الكهربائية ، و على الأخص المَحَوَّلَاتِ و المَكْتَفَاتِ الكِهْرِبَائِيَّةِ ، و تشرح كيفية إدارة هذه التجهيزات خلال دورة حياتها ، و التخلص منها بإجراءات ملائمة بيئيًا في نهاية عمرها المرخص به. و تتعامل هذه المطبوعة بشكل خاص مع الأسئلة حول إعادة تصنيف هذه التجهيزات كتجهيزات لا تحتوي على PCBs (يمكن إعادة تعبئتها) ، بالتالي يمكن تجنب عملية الإتلاف بشكل كامل (المُكَلِّفَة) للمَحَوَّلَاتِ الكِهْرِبَائِيَّةِ قبل نهاية عمرها الاقتصادي.

و قد تتضمن الخطوات النهائية في عملية إزالة التلوث توليداً لبقايا خطيرة من أنواع مختلفة و من تذكّر أنّ مثل هذه المواد يجب التعامل معها بتوافق كامل مع الأنظمة المرعية حول حركة النفايات الخطرة عبر الحدود و الموضوعية من قبل اتفاقية بازل (Basel Convention)¹ و التقييدات حول الاستيراد/التصدير الموضوعية في اتفاقيتي استوكهولم و روتردام².

1 تم اعتماد اتفاقية بازل بشأن التحكم في نقل النفايات الخطرة و التخلص منها عبر الحدود في عام 1989 و دخلت حيز التنفيذ في عام 1992

2 تم اعتماد اتفاقية روتردام بشأن إجراءات الحصول على الموافقة المسبقة لبعض الكيمائيات الخطرة و المبيدات في التجارة العالمية في عام 1998 و ستدخل حيز التنفيذ بعد المصادقة عليها من قبل 50 عضواً .

2 معلومات أولية

إن المطبوعات السابقة الصادرة عن برنامج الأمم المتحدة للبيئة-الكيميائيات حول ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّد الكلور PCBs و المدرجة أدناه ذات صلة ، إلى درجة كبيرة أو صغيرة ، بموضوع الدليل الحالي. و سوف يتمكن القارئ من أن يجد في المطبوعات المذكورة أدناه معلومات أولية متممة حول ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّد الكلور PCBs و التجهيزات الحاوية على PCBs و عن تقنيات تحطيم مركبات PCBs.

- Guidelines for Identification of PCBs and Materials Containing PCBs
(First Issue August 1999)
- Inventory of World-Wide PCB Destruction Capacity
(First Issue December 1998)
- Survey of currently Available Non-Incineration PCB Destruction Technologies
(First Issue August 2000)



محولة كهربائية نموذجية : لاحظ لوحات التعريف بالمُصنِع و لصاقات التحذير

3 خواص ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور

إن تصنيع ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs تم توصيفه لأول مرة في عام 1881 و بُدأ بإنتاجها تجارياً في أواخر العشرينات من القرن الماضي (1920s)، و استمر استخدامها في المُحولات و المُكثفات الكهربائية و المبادلات الحرارية و التجهيزات الهيدروليكية. كما يقدر الإنتاج العالمي لثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs منذ عام 1930 بحوالي 1 مليون طن. للأسف جزء لا بأس به قد دخل إلى البيئة . و هناك قلق حول التأثيرات طويلة الأمد لهذه المُركبات.

ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs هي طائفة من المُركبات العضوية مؤلفة من حلقتين من البنزن متصلتان برابطة كربون-كربون . ويتم الاستبدال بذرات كلور في أي موقع أو في جميع المواقع العشرة الباقية المتاحة . فعدد و موقع ذرات الكلور يحدد تصنيف و خواص الجزيئات المختلفة من ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs . و هنالك 209 مماكب³ (congeners) ممكن من ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs . و تختلف قابلية التطاير لهذه المماكبات باختلاف درجة الكلورة . بشكل عام ، المماكبات ذات محتوى الكلور المنخفض هي سوائل حرة و تصبح أكثر لزوجة و أقل قابلية للتطاير كلما ازداد محتوى الكلور . و التحضيرات التجارية تحتوي عادة على مزيج من هذه المماكبات و يتم تصنيفها حسب محتواها من الكلور . و قد تم التعرف على حوالي 130 مماكب من ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs في المزائج التجارية . و الجدير بالملاحظة أنه بالإضافة إلى استعمالهم في المُحولات و المُكثفات الكهربائية تم استخدام ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs في أنواع كثيرة من التطبيقات الأخرى مثل : البرنيق (الورنيش) و الشموع و الراتنجات الصناعية و دهانات الإيبوكسي و دهانات البحرية و في الأطلية و زيوت التقطيع و سوائل التبادل الحراري و السوائل الهيدروليكية ، وغيرها . و بالطبع في جميع هذه الحالات الأخرى ، من غير الممكن استرجاع ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs و يمكن وضع الجهود لمنع استخدام ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs في المستقبل في مثل هذه التطبيقات.

تُعتبر ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs ضمن الكيمائيات العضوية المعروفة بكونها الأكثر ثباتاً. إن ثابت العزل المنخفض و نقطة الغليان العالية تجعلها سوائل غزل مثالية للمكثفات و المُحولات الكهربائية . و بالمختصر ، تتمتع ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs بـ :

- ثابت عزل كهربائي منخفض.
 - قابلية منخفضة للتطاير.
 - مقاومة جيدة للحريق.
 - إنحلالية منخفضة في الماء.
 - إنحلالية عالية في المذيبات العضوية .
 - خواص جيدة دون تدهورها مع تقدم العمر منذ وضعها في الخدمة.
- على أية حال ، فمساوئ سوائل ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs ينظر إليها الآن على أنها هامة نظراً لكونها :
- غير قابلة للتفكك الحيوي.
 - ثابتة في البيئة.

3 ذلك كما القول أنه يوجد 209 طريقة ممكنة لترتيب بين ذرة واحدة و عشرة ذرات من الكلور حول حلقتي ثنائي الفينيل

■ قدرة على التراكم في الخلايا الدهنية في الجسم .

■ يشتبه في كونها مسرطنة.

تأثيرات ثنائيات الفينيل مُعَدِّدُ الكلور PCBs على الإنسان يمكن أن تكون خطيرة ، فقد:

■ تؤدي إلى فشل الكليتين و أعضاء أخرى من جسم الإنسان .

■ أو تسبب الصداع و المرض ، إلخ ، إذا استنشقت .

■ و إذا تم امتصاصها عبر الجلد تسبب اخضرار الجلد.

4 التجهيزات الكهربائية و ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs

إن ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs اقترحت بدايةً كسوائل عزل كهربائية لاستخدامها في التجهيزات الكهربائية مثل المَحُولَاتِ و المُكثِّفَاتِ و القواطع و مُنظَّمات الجهد ، إلخ ، و ذلك لخواصها الممتازة في العزل الكهربائي و لقابليتها المنخفضة جداً للاشتعال. فزيوت ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs يمكن أن تمتص التغيرات السريعة في الحقول الكهربائية مع حدوث تسخين بسيط جداً (أي ضياع صغير جداً في الطاقة). أيضاً ، لثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs نقطة وميض منخفضة (low flash point) و لا يوجد لها نقطة احتراق ، مما يعني أنها مستقرة في درجات الحرارة المتغيرة . لكنها تحترق فقط إذا وضعت على تماس مع لهب مكشوف .

عندما تحترق ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs ، تتشكل مُركبات كيميائية سامة جداً لا سيما إذا تواجد مُحَوَّلٌ أو مكثف كهربائي في حريق معمل أو حريق منزلي. و هذه المُركبات السامة هي مُركبات ثنائي بنزو الفيوران مُتَعَدِّدُ الكلور (dibenzofurans) و التي تم توصيف تأثيراتها السامة على الصحة بشكل جيد. و بصرف النظر عن خطورة توليد مُركبات الفيوران في حالة الحريق ، فإن ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs بحد ذاتها هي مواد خطيرة بسبب طبيعتها الزيتية ، مما يعني أنها تُمتص بسهولة بواسطة الخلايا الدهنية في الإنسان و الحيوانات . بعدها يمكن أن ترتفع تراكيز ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs في الجسم ، على سبيل المثال في الدهن و في الطحال ، إلخ. ، و من الصعب جداً التخلص من هذه الجزيئات .

و التجهيزات مثل المَحُولَاتِ و المُكثِّفَاتِ الكهربائية ، و إلى درجة أقل المُبادلات الحرارية و التجهيزات الهيدروليكية ، قد تحتوي على ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs أو على سوائل بمستويات مختلفة من التلوث بـ PCBs. فعلى سبيل المثال يمكن أن نجد ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs في المُكثِّفَاتِ مُحَكِّمَةِ الإغلاق تتراوح في حجمها من تلك المُثبتة في مصابيح الإنارة المفلورة (فلورسنت) و التي تحتوي على بضع غرامات من PCBs إلى وحدات الجهد العالي التي تحتوي حتى 60 كغ من سائل PCBs. و المُكثِّفَاتِ عادة لا تحتاج إلى صيانة لكنها قد ترشح أثناء اللحام . كما تحتوي المُكثِّفَاتِ عادة على مُكابِتِ ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs ذات المحتوى الأقل من الكلور ، و بالتالي فهي أكثر قابلية للتطاير.

لقد تم التخلص تدريجياً من استخدامات ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs في الأجهزة الكهربائية منذ بداية الثمانينات من القرن الماضي (1980s) ، و ذلك تبعاً للبلد. وفي غياب معلومات إضافية ، يمكن افتراض أن التجهيزات المصنَّعة قبل عام 1986 قد تحتوي على ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs . و هناك عدد كبير جداً من المَحُولَاتِ الكهربائية الموجودة الآن و التي مازالت تحتوي على ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs ، فالتحديات هي أولاً تحديد مثل هذه التجهيزات ، و من ثم تحديد الخطوات الملائمة للتخلص من ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs التي تحتويها.

5 توصيف المَحَوَّلَات و المَكثِّفَات الكَهْرَبَائِيَّة

إن الهدف الرئيسي من هذه المطبوعة هو تزويد دليل للأشخاص العاملين في إدارة التجهيزات الكهربائية . و يمكن التمييز في هذا المضمون الحالي بين المَحَوَّلَات و المَكثِّفَات . إن هذين النوعين من التجهيزات قد يحتوي على ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّد الكلور PCBs. على أية حال ، يمكن فقط معالجة المَحَوَّلَات الكهربائية بحيث يتم نزع محتواها من PCBs و يمكن تحضيرها للاستخدام من جديد. لكنه يجب بشكل عام تطهير المَكثِّفَات من أجل التخلص مما قد تحتويه من ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّد الكلور PCBs ، بالرغم من أن بعض التقانات تسمح بإسترجاع بعض المعادن قبل عملية تطهير المَكثِّفَات.

5.1 المَحَوَّلَات الكَهْرَبَائِيَّة

المَحَوَّلَات الكهربائية هي أجهزة تستطيع رفع أو تخفيض مستوى جهد التيار الكهربائي . و يتم إنتاج الطاقة الكهربائية في محطات توليد الطاقة التي تحرق أنواع مختلفة من الوقود (زيت ، فحم ، غاز ، إلخ..) و تحولها إلى طاقة كهربائية . هذه الطاقة تكون على شكل كهرباء عالية الجهد و يتم توزيعها إلى المستخدم النهائي (المعامل ، المنازل ، المناجم ، السكك الحديدية ، المدارس ، إلخ..) ، و قد تكون قريبة أو بعيدة عن محطات إنتاج الطاقة .

إن نقل الطاقة الكهربائية يتم بكفاءة أكبر بكثير إذا تم المحافظة على جهد التيار الكهربائي بمستوى عالي. هذا لأن ضياع الطاقة خلال أسلاك (كابلات) النقل الكهربائية ، و المحملة على أبراج أو موضوعة تحت الأرض ، هي أقل بكثير عند هذه الجهود الكهربائية العالية. و من الشائع رؤية الكابلات الكهربائية الحاملة للكهرباء عند جهود كهربائية تصل لعدة آلاف من الفولط.

يجب تخفيض الجهد الكهربائي قبل استخدامه ، بحيث يتوافق مع المتطلبات الصناعية لبعض آلاف من الفولط ، أو للمتطلبات المنزلية لبعض المئات من الفولط. و هذا التخفيض ، أي تخفيض الجهد ، يتم تحقيقه باستخدام المَحَوَّلَات الكهربائية. و كل محولة نراها عادة هي محطة كهربائية فرعية ، في الشوارع و في الريف و على الأعمدة الكهربائية ، إلخ .. لها الدور في الوصول إلى التخفيض المطلوب في الجهد.

هذه المَحَوَّلَات يجب أن يتم تهيأتها للغرض الذي خُصِّصت له. هذا يعني أنها يمكن أن تكون كبيرة جداً ، إذا كانت تتعامل مع تيارات و جهود كهربائية عالية ، أو صغيرة نسبياً إذا وُضعت في المرحلة الأخيرة ضمن سلسلة التزويد بالطاقة لِتُخدم منزل منفرد أو مُستخدم عند مستوى من الجهد الكهربائي حوالي 400 فولط . بالتالي تختلف المَحَوَّلَات الكهربائية بشكل كبير في تصميمها و حجمها . بالرغم من ذلك فلها نفس التصميم الأساسي و الذي يتألف من قلب معدني مغناطيسي يلتف حوله مجموعتين من الأسلاك (النحاسية) الناقلة للكهرباء. و النسبة بين عدد الأسلاك في الملفين المنفصلين هي التي تحدد نسبة جهد الدخل إلى جهد الخرج.

يتم وضع هذه البنية في حاوية معدنية ، و يتم تثبيتها عادة ضمن هذه الحاوية بواسطة دعائم خشبية (و التي لها خواص العزل الكهربائي) . و الدارتين الكهربائيتين مجهزتين بالكترودات عند المدخل مما يسمح بوصلها كهربائياً إلى الخارج . كما يتم عزل إلكترودات التوصيل هذه عن الحاوية المعدنية بواسطة عوازل من السيراميك.

و أخيراً ، و الأكثر أهمية ، هو أنه يجب ملء الفراغ ضمن حاوية المَحَوَّلَة بواسطة سائل و الذي سوف يمنع حدوث قصر في الدارات أو حدوث شرارة كهربائية. و المحول في مرحلته الأخيرة من التصنيع يتم ملأه بسائل العزل المناسب ، و هذا السائل كان غالباً عبارة عن مزائج من الزيوت أساسها ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّد الكلور PCBs. و قد يتم إحكام إغلاق المَحَوَّلَة الكهربائية أو يتم تزويدها في بعض الحالات بجهاز تنفس يسمح بحدوث تغيرات في حجم الزيت (نتيجة تذبذبات درجات الحرارة).

و بالخلاصة ، تتكون المَحَوَّلَة الكهربائية مما يلي (و هذه النقاط ذات صلة بالموضوع فيجب أن تُؤخذ لاحقاً بالإعتبار عند تفكيك المَحَوَّلَة و وضعها خارج الخدمة):

- حاوية حديدية خارجية .
- قلب فولاذي مغناطيسي (صفائح مسطحة مجمعة مع بعضها).
- ملفات نحاسية ، مغطاة بطبقة عازلة من إما الراتنج (الريزين) أو الورق .
- دعائم خشبية بأشكال مختلفة (و هذه تكون مسامية و تمتص زيت العزل الكهربائي) .
- زيت العزل الكهربائي .

هناك تغيرات في نوع بنية المَحَوَّلَات و يمكن أن تتواجد أيضاً بعض المعادن الأخرى، على سبيل المثال الألمنيوم.

إن تصميم المَحَوَّلَة يأخذ بالحسبان حقيقة أن تشغيلها يؤدي إلى توليد الحرارة و أن هذه الحرارة يجب تفريغها لمنع تسخين كامل المَحَوَّلَة . و هذا سوف يؤدي إلى إنخفاض في الكفاءة الكهربائية للجهاز ، و من الممكن زيادة خطورة ارتفاع الحرارة مع خطر نشوب حريق لاحقاً.

5.2 المَكْتَفَات

تتشارك المَكْتَفَات مع المَحَوَّلَات الكهربائية بخاصية أنها يمكن أن تحتوي على ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّد الكلور PCBs. على أية حال ، فطبيعتها مختلفة بحيث أن بنيتها دائماً مُحَكَمَة الإغلاق . بالتالي مسألة الصيانة ليست موضوعاً أساسياً طالما أن المكثف يبقى بحالة جيدة و لا يوجد تَسَرُّبٌ منه . و عند نهاية عمرها تشكل المَكْتَفَات نفس الخطورة الممكنة مثل المَحَوَّلَات ، كما أنها أيضاً تستعمل بشروط مشابهة للمَحَوَّلَات . و لهذه الأسباب تم أيضاً تضمين المَكْتَفَات في بعض فصول هذه المطبوعة.

المَكْتَفَات هي تجهيزات تستطيع أن تُراكم و تُخزن الشحنة الكهربائية . و تتألف البنية الأساسية للمكثف من سطح ناقل للكهرباء (رقائق معدنية) معزولة عن بعضها بواسطة عازل (مادة غير ناقلة للكهرباء) . وهذه السطوح هي ملفات من رقائق معدنية . هناك مجموعتان من الملفات الرقائقية المفصولة كهربائياً عن بعضها ، و كل مجموعة منها مُزوَّدة بنقاط تماس تؤدي إلى خارج المكثف . و المادة العازلة هي عادة سائل عزل كهربائي وقد يحتوي أو لا يحتوي على ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّد الكلور PCBs .

يتواجد ثلاث أنواع رئيسية من المَكْتَفَات. و لمزيد من التفاصيل بما في ذلك تشغيل المَكْتَفَات ، يمكن للقارئ الرجوع إلى كتاب UNEP المشار إليه أعلاه Guidelines for Identification of PCBs and Materials Containing PCBs .

6 إدارة المُحولات الكهربائية الحاوية على PCB

6.1 التعرف على المُحولات الحاوية على PCB

من أحد المشاكل عند وضع الإرشادات للتعرف على المُحولات الحاوية على ثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور PCBs هي أنه قد تم تصميم و بيع أعداد كبيرة لأنواع مختلفة من المُحولات الكهربائية ، و الآن تُستخدَم هذه التجهيزات عبر العالم. و لا يوجد خلاصة وافية لهذه التجهيزات (لكن يمكن الرجوع إلى UNEP's Guidelines for Identification of PCBs and Materials Containing PCBs). بالتالي ، يمكن فقط إعطاء توجيه عام يمكن من خلاله أن يستقي القارئ بعض المعلومات ذات العلاقة بحالتهم المعينة و بالنوع المعين من التجهيزات التي يحتاجون إلى إدارتها.

المُحولات الكهربائية القديمة التي تم ملأها بثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور PCBs قد أُنشئت مثل تلك الوحدات التقليدية التي تملأ عادة بالزيت . و التصميم التي تلتها تم تطويرها كوحدة كتيمة أو مُحكّمة الإغلاق كلياً و من دون صمامات تفريغ أو إمكانية الوصول إلى الزيت . و السبب أو المبدأ وراء هذا كان أن ثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور PCBs تتمتع بسمعة كونها سوائل ثابتة ، أي أنها لن تتفكك مثل الزيوت الطبيعية ، بالتالي يمكن إحكام إغلاق المُحولات طيلة فترة حياتها. لكن أظهرت الخبرة أن الحالة ليست كذلك.

للأسف لا يوجد طريقة مطلقة للتعرف من الخارج على أنواع المُحولات الحاوية على ثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور PCBs ، باستثناء اللوحة الاسمية الأصلية للصانع (إذا كانت مازالت موجودة و مقروءة) ، فقد يوجد عليها بعض المعلومات الإنشائية التي يمكن أن تساعد بشكل كبير لهذا الغرض.

6.1.1 لوحة التعريف الأصلية بالصانع

الكثير من صانعي المُحولات الكهربائية يثبتون لوحات تعريف على المُحولات بالإضافة إلى اللوحة الاسمية الرئيسية . و لوحات التعريف هذه عادة تذكر أن المحول يحتوي على بايروكلور (PYROCLOR) ، أسكاريل (ASKAREL) ، إلخ.. و يتطلب الأمر إتباع احتياطات خاصة للتعامل معها .

بشكل عام يمكن أن يحتوي المُحوّل على سائل عزل كهربائي يتكون بشكل جزئي فقط من ثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور PCBs ذلك أن PCBs يمكن أن تكون لزجة . و يمكن أن يتضمن المزيج على زيت معدني أو سائل عضوي كلوري و الذي هو بحد ذاته ليس PCBs . على سبيل المثال يمكن أن يستخدم : ثلاثي كلور البنزن (trichlorobenzene) أو رباعي كلور الإيثيلين (tetrachlorethylene). هذه المنتجات هي سوائل و بالتالي يمكنها أن تخفف من لزوجة زيت المُحوّلة الكهربائية . و هذا يسهل بدوره تدفق السائل عبر قنوات التبريد في المُحوّلة ، وبالتالي زيادة كفاءة التبريد.

سوائل العزل من ثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور PCBs عبارة عن مزيج من أحد مُركّبات ثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور و على سبيل المثال مع ثلاثي كلور البنزن (trichlorobenzene, TCB) . و الغرض من وجود ثلاثي كلور البنزن هو تخفيف لزوجة PCB لتتمكن السائل من الدوران بحرية خلال قنوات التبريد و في الملفات . و الأسماء التجارية المُعطاة إلى سوائل العزل من نوع PCB هي عادة منشورة و معلن عنها بشكل جيد ، لكن القائمة التالية تدرج السوائل الأكثر شيوعاً و التي قد تكون مفيدة:

إيطاليا (Italy)	أبيروليو APIROLIO
المملكة المتحدة و الولايات المتحدة الأمريكية (U.K., U.S.A.)	أروكلور AROCLOR
الولايات المتحدة الأمريكية (U.S.A.)	أسبيستول ASBESTOL
المملكة المتحدة و الولايات المتحدة الأمريكية (U.K., U.S.A.)	أسكاريل ASKAREL
الولايات المتحدة الأمريكية (U.S.A.)	131 باكولا BAKOLA 131
الولايات المتحدة الأمريكية (U.S.A.)	كلوريكستول CHLOREXTOL
ألمانيا (Germany)	كلوفن CLOPHEN
تشيكوسلوفاكيا (Czechoslovakia)	ديلور DELOR
إيطاليا (Italy)	د ك DK
الولايات المتحدة الأمريكية (U.S.A.)	دياكلور DIACLOR
الولايات المتحدة الأمريكية (U.S.A.)	دايكانول DYKANOL
الولايات المتحدة الأمريكية (U.S.A.)	إيليميكس ELEMEX
إيطاليا (Italy)	فينكلور FENCLOR
الولايات المتحدة الأمريكية (U.S.A.)	هايدول HYDOL
الولايات المتحدة الأمريكية (U.S.A.)	إنترتين INTERTEEN
اليابان (Japan)	كانيكلور KANECLOR
الولايات المتحدة الأمريكية (U.S.A.)	NOFLAMOL
فرنسا (France)	فينوكلور PHENOCLOR
فرنسا (France)	بايرالين PYRALENE
الولايات المتحدة الأمريكية (U.S.A.)	بايرانول PYRANOL
المملكة المتحدة (U.K.)	بايروكلور PYROCLOR
الولايات المتحدة الأمريكية (U.S.A.)	سافت-كول SAFT-KUHL
الاتحاد السوفياتي (U.S.S.R.)	سوفول SOVOL
الاتحاد السوفياتي (U.S.S.R.)	سوفتول SOVTOL

إن الفحص الدقيق للمواصفات الفنية الموجودة على اللوحة الاسمية للمُحوّلة الكهربائية أو الرسومات الأصلية للصانع يمكن أن تساعد في التعرف على المُحوّلات الحاوية على ثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور PCBs . و هناك نقطتين يجب البحث عنهما ، و هما:

أ- نوع التبريد :

▪ أي من الكلمات التالية أو رموزها تشير إلى سوائل أخرى غير زيت المُحوّلة الكهربائية:

▪ تبريد طبيعي سائل (LN)

▪ تبريد طبيعي سائل طبيعي هواء (LNAN)

▪ تبريد طبيعي صناعي (SN)

من حيث المبدأ لا تحتوي هذه المُحوّلات على زيوت ثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور PCBs .

إذا كانت اللوحة الاسمية تظهر ON أو ONAN فذلك ينطبق على تبريد " طبيعي زيت - Oil Natural " أو تبريد " طبيعي زيت طبيعي هواء Oil Natural Air Natural "

ب- كثافة سائل المُحوّلة الكهربائية:

يمكن إجراء اختبار (حساب الكثافة) ذلك من معرفة وزن سائل التبريد المحتوي في المُحوّلة كما هو مبين على اللوحة الاسمية، و يمكن نسب هذا الوزن إلى حجم المُحوّلة معبراً عنه بالغالون أو اللتر للحصول على الكثافة . فالكثافة النوعية للسوائل العضوية الكلورية هي أعلى بكثير من تلك للهيدروكربونات : و هي ضمن حيز 1.5 ، بينما كثافة الزيوت الهيدروكربونية هي أقل من 1.0 .

إذا توفر وجود صمام تفريغ أو صمام لأخذ عينة ، يمكن إجراء اختبار سهل و ذلك بأخذ عينة من السائل و تحديد كثافتها النوعية . إذا كانت القيمة ضمن الحيز 1.5 ذلك يظهر أن الزيت يحتوي على ثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور PCBs .

و من الاختبارات البسيطة إضافة بضعة نقاط من سائل تبريد المُحوّلة إلى أنبوب اختبار أو ورق مملوء بالماء . إذا كان سائل التبريد أساسه PCBs فإنه سوف يهبط إلى الأسفل ، بينما الزيوت التقليدية أو الزيوت السيليكونية سوف تعوم على سطح الماء.

6.1.2 تصميم المُحوّلة :

إن تصميم المُحوّلة الكهربائية يمكن أن يعطي مؤشراً جيداً على وجود زيوت ثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور PCBs . و الكثير من المُحوّلات الحاوية على ثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور PCBs كانت في وقت ما مُحكّمة الإغلاق و كتيمة . و بالرغم من وجود تغيرات كبيرة بين المُحوّلات من مصنعين مختلفين ، لكن هناك بعض المظاهر النموذجية المشتركة بينها :

▪ الأغشية قد تم لحمها على جسم الخزان في المُحوّلات الأخيرة .

▪ لا يتم عادة تزويد المُحوّلة بصمامات تفريغ أو صمامات لأخذ عينة .

- غالباً ما يتم تزويد المُحوّلة بصمامات تحرير الضغط .
- يتم غالباً تزويد علب وصل منفصلة للسماح باختبار الكابلات من دون الحاجة للوصول إلى وحدة المُحوّلة .
- إضافة إلى كون المُحوّلات مُحكّمة الإغلاق و كتيمة ، و التي عادة تستخدم زيوت ثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور PCBs ، هناك محولات مُزوّدة بنوعين من الوصلات إلى الخارج :
- أ- صمامات للتفريغ و أخذ العينات : مثل هذه الصمامات قد وجد أنها مفيدة أكثر و أكثر حتى في حالة المُحوّلات مُحكّمة الإغلاق ، حيث أنه كان يعتقد في السابق أنه من غير الضروري أخذ عينات روتينية لاختبار السائل . صمامات تحرير الضغط يمكن أن تتواجد أيضاً من أجل الأخذ بالحُسبان الزيادات غير الطبيعية في الضغط .
- ب- غرف التمدد : إذا كانت المُحوّلات عرضة لتغيرات كبيرة في درجة الحرارة ، أو إذا كان سائل العزل الكهربائي يمتلك معامل تمدد حراري عالي ، فمن الضروري وجود غرفة تمدد . مثل هذه البنية ، و التي تظهر على شكل قبة في أعلى المُحوّلة الكهربائية ، هي ليست ذات علاقة بوجود أو غياب زيوت ثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور PCBs .

6.2 التعرف على زيوت ثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور PCBs

من المهم التعرف بدقة على سوائل ثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور PCBs في المُكثفات و المُحوّلات الكهربائية . و المطلوب اختبار بسيط يمكن إجراءه بسرعة بعد أخذ العينة من المُحوّلة المشكوك بها .

لا يوجد اختبار سريع لتحديد ثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور PCBs . حيث أن تحليل هذه المواد يتم عادة في المختبر باستخدام أنواع مُتعدّدة من الإستشراب (الكروماتوغرافيا - chromatography) :

- الكروماتوغرافيا الغازية للأعمدة المحشّية (packed column gas chromatography).
- الكروماتوغرافيا السائلة للطبقة الرقيقة (thin layer liquid chromatography) .
- الكروماتوغرافيا السائلة ذات الأداء العالي (high performance liquid chromatography)

مثل هذه الاختبارات التحليلية لا مفر منها إذا كان المطلوب هو تحديد جرعات دقيقة من ثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور PCBs على أية حال ، الاختبارات الدقيقة هي عادة غير مطلوبة في المرحلة الأولى من التعرف على محتويات المُحوّلة الكهربائية . لحسن الحظ هناك نوعان من الطرائق التي يمكن أن تعطي مؤشراً سريعاً و دقيقاً عن وجود ثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور PCBs :

- أ- اختبار الكثافة : بسبب احتوائهم على الكلور ، و التي تُعتبر ذرة ثقيلة نوعاً ما ، تمتلك بشكل عام زيوت ثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور PCBs على كثافات عالية جداً . هذا يسمح بتمييزها بشكل خاص عن الزيوت المعدنية . حيث أن الأخيرة عادة أخف من الماء . بينما من الناحية الأخرى تمتلك زيوت ثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور PCBs على كثافة نوعية تصل حتى 1.5 . هذا يعني أن زيت ثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور PCBs سوف يغرق دائماً إلى الأسفل عند مزجه مع الماء ، بينما تميل الزيوت المعدنية إلى أن تطفو على السطح .
- ب- اختبار الكلورين : لحسن الحظ ، إن وجود الكلور يمكن الكثفُ عنه بواسطة اختبارات كيميائية بسيطة . و يوجد شرائط اختبار " test strips " تتحسس لوجود الكلور . أيضاً عند يتم حرق مركب يحتوي على الكلور و بوجود سلك من النحاس فسوف يعطي لهب مخضر . ذلك أن الكلور يشكل كميات صغيرة من كلور النحاس على سطح النحاس و هذا المركب يتطاير ليعطي خاصية اللهب الأخضر .

بعد تنفيذ هذه الاختبارات البسيطة ، قد يتطلب الأمر تأكيداً أن الكلور الموجود هو بالفعل نتيجة لوجود ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs ، وليس نتيجة لوجود مواد أخرى حاوية على الكلور . يمكن التحقق من ذلك بواسطة التحليل الكروماتوغرافي كما هو موصوف أعلاه .

سوف يدل هذان الاختباران البسيطان على وجود الكلور⁴ مثل ذلك الكلور الموجود في ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs . هذه الاختبارات سوف تعطي نفس النتائج مع الزيوت المعدنية الكلورية . و هذه الزيوت مستخدمة في المُحَوَّلَاتُ (أنظر أعلاه) لكنها لا تشكل نفس الخطورة مثل ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs ؛ على أية حال فقد تم سحبها من الاستعمال في التجهيزات الكهربائية . بينما الزيوت غير الكلورية للمُحَوَّلَاتُ الكهربائية سوف لن تعطي نتائج إيجابية في الاختبارات المذكورة أعلاه .

معلومات إضافية عن الاختبارات التحليلية و أجهزة الاختبارات التحليلية المتوفرة ، موجودة في مطبوعة برنامج الأمم المتحدة للبيئة : UNEP Guidelines for the Identification of PCBs and Materials Containing PCBs .

6.3 صيانة المُحَوَّلَاتُ الكهربائية الحاوية على ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCB

الصيانة الكلية للمحول الكهربائي سوف يتم بما يتوافق مع الممارسات القياسية كما هو موصوف من قبل الصانع و وفقاً للكتيبات للصناعات الكهربائية . المعروف هنا هو نظرة عامة و إرشادات حول أوجه أساسية في صيانة المُحَوَّلَاتُ . و الموضوع الأساسي هو الأخطار المحتملة التي يمكن أن تنشأ من تشغيل المُحَوَّلَاتُ التي تحتوي على زيوت ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs . هذا يعني :

- الأخطار الناجمة من تَسْرُبُ زيوت ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs ؛
- الأخطار الناجمة عن الحريق ؛
- الأخطار التي تظهر عند نهاية عمر التجهيزات و عندما يجب إعادة تصنيفها .

و الصيانة ضمن هذا الإطار تعني أولاً ، الفحوصات الدورية الجارية و الاختبارات التي قد تقود إلى اكتشاف عدم كفاءة في أي من أوجه أداء المُحَوَّلَة . ثانياً ، الصيانة هنا تعني اتخاذ الخطوات المناسبة لعلاج العطل الذي تم التعرف عليه .

إن أبسط و أرخص فحص يمكن تطبيقه على المُحَوَّلَاتُ في الخدمة أو في المخزن ، هو الفحص بالعين . و هذا الاختبار النظري يمكن أن يُتم بتنفيذ اختبارات دورية للأداء الكهربائي و باختبارات كيميائية (أي اختبارات كيميائية على سائل العزل الكهربائي نفسه ، طالما أمكن ذلك) .

6.4 التسريب أو الارتشاح من المُحَوَّلَاتُ

عندما يتم الكشف عن تَسْرُبُ أو نز من المُحَوَّلَة ، من الضروري تحديد سبب التَسْرُبُ من أجل التحضير للعلاج .

من الشائع كثيراً حدوث التسريبات عند نقاط إحكام الإغلاق و الجوانات و مانعات التَسْرُبُ . هنا قد يوجد بعض الإمكانات لإجراء تحضيرات فعالة دون التأثير على الجسم الأساسي للمُحَوَّلَة الكهربائية .

4 أي نوع من الكلور و حتى ملح الطعام سوف يعطي نتيجة إيجابية في هذا الاختبار .

يمكن أن تحصل حالة أكثر جدية عندما يكون سبب التسرب أو النز نتيجة عيب أو خلل في البنية المعدنية للمحول . من الضروري فحص السطوح الخارجية للمحول بانتظام لضمان أن أية مشكلة سيتم الكشف عنها في أبكر لحظة ممكنة . مثل هذه التسربات الناتجة عن انهيار الغلاف الخارجي للمحول ، قد يكون نتيجة لعدد من الأسباب :

أ- أولاً ، أضرار عرضية و ميكانيكية في الغلاف الخارجي للمحول قد تكون مركزاً للتسرب . حتى إذا لم تكن الحالة كذلك ، فإن الضرر الحاصل يمكن أن يجعل الغلاف الخارجي أكثر عرضة للهجوم من قبل حموضة الزيت ، وبإضعافها و زيادة فرص التآكل و من ثم حصول التسرب.

ب- ثانياً ، تدهور بطيء في مواصفات الزيت ، كما هو مشروح في الأسفل ، سوف يجعله أكثر تخريشاً . و هذه الحموضة في الزيت قد تتسبب في اهتراء القطع الداخلية في الأجزاء الأضعف من المحول ، حتى إذا كانت ظاهرياً بحالة مقبولة و مرضية . الأجزاء الأضعف من المحول هي شفرات التبريد التي تم تصنيعها عن طريق النثي ، و التشكيل و من المحتمل عن طريق اللحام المعدني . و عمليات التشكيل هذه قد تسبب حدوث إجهادات و إضعاف في البنية مؤدية بذلك إلى إحصالية أكبر للاهتراء و التآكل في المعدن.

بغض النظر عن تصليح التسرب ، إن أمكن ذلك، من الضروري في جميع الحالات اتخاذ أفعال ناجعة بما يخص الزيت الذي تحرر من المحول . هذا يعني جمع كل المواد التي تلوثت ، بما في ذلك القفازات و الرداء التي تم استخدامها أثناء أعمال التصليح ، و وضعها في أوعية خاصة من أجل التخلص منها .

6.5 تقييم الأداء

يجب فحص المحولات بشكل دوري للكشف عن أية تغيرات يمكن أن تكون مؤشرات أولية عن تدهور أداء المحول الكهربائي، و بالتالي نشوء أخطار محتملة . إن عملية الفحص عن متحولات مختلفة سوف تتضمن الخواص التالية :

أ- *الأداء الكهربائي* : هو تقييم مباشر للأداء و سوف يتم تنفيذه وفقاً لمواصفات الشركة الصانعة . بشكل عام ، إن تدهور الأداء سوف يظهر على شكل تغيرات في خواص الدخل/الخرج . هذه الملاحظات هي بالتالي كهربائية بالأساس .

ب- *مستوى الزيت في المحول* : بعض المحولات تمتلك أدوات مباشرة أو غير مباشرة تسمح بمراقبة مستوى الزيت . إنخفاض مستوى الزيت يمكن تعويضه في بعض الحالات بإضافة زيت عزل مشابه .

ت- *تغيرات في خواص الزيت* : هذا النوع من التحكم يتضمن الوصول إلى زيت المحول . و إذا كان ذلك ممكناً ، فمن الضروري إجراء قياسات معينة على الزيت للتأكد فيما إذا كانت الخواص الفيزيائية و الكيميائية قد حصل فيها تغيرات مؤدية . و الاختبارات المتعددة (كهربائية و كيميائية) التي يجب إجراؤها على الزيت هي مشروحة أدناه :

6.5.1 الاختبارات الكهربائية

إن *اختبار العزل* هو اختبار هام لقياس استمرارية كفاءة العزل للزيت . يتم إجراء هذا الاختبار بواسطة تجهيزات اختبار مؤهلة و معتمدة تعمل على قياس الجهد (الفولط) الكهربائي الذي تنهار عنده قدرة العزل للزيت .

إن *اختبار معامل الطاقة* هو مؤشر على الضياع في طاقة العزل للزيت .

إن ظهور قصور في أي من هذه الخواص سوف يكون مؤشراً أن الزيت قد خضع لنوع ما من التفكك الكيميائي . هذه التغيرات الكيميائية سوف تكون نتيجة لعدد من العوامل ذات صلة بتصميم المحول و الشكل الذي كانت تُستخدَم به.

6.5.2 إختبارات كيميائية

كما ذكر آنفاً ، المحول الكهربائي هو بنية معقدة يمكن أن تتغير بشكل كبير من صانع إلى آخر . و جميع الأنواع ، تتضمن نظام من شفرات التبريد ذو أشكال معقدة و العديد من اللحام المعدني . لقد تم تصميم نظام التبريد بشكل يسمح بسحب الحرارة (التي تتولد عن الزيت أثناء تأدية وظيفته) من خلال شفرات التبريد . هذا النظام الكلي يعني أنه هناك عدة أسباب يمكن أن تتطور و تتسبب بالتدهور :

- ثقوب صغيرة بحجم رأس دبوس في اللحام المعدني يمكن أن تسبب تسريب و تؤدي إلى دخول الرطوبة و/أو الهواء .
- تغيرات شديدة في درجة حرارة الزيت ، بسبب تغيرات في درجة الحرارة المحيطة و عدم وجود تدوير كافي للزيت مما يؤدي إلى ارتفاع في الحرارة ، إلخ..
- دخول الهواء و الرطوبة من خلال مانعات التسرب و الجوانات ، وغيرها .

إن النتيجة عن هذه الحوادث هي من حيث الجوهر دخول الهواء (أي الأوكسجين) و الرطوبة لتتفاعل مع زيت ثنائيات الفينيل مُعَدِّد الكلور PCBs مؤدية إلى تفككه كيميائياً . إن هذا التفكك الكيميائي يمكن الكُشفُ عنه و قياسه كما يلي :

أ- **حموضة الزيت** ستكون إشارة إلى أن عملية أكسدة الزيت قد حصلت ، بسبب وجود الهواء (و من المحتمل تحت تأثير الحقول الكهربائية و درجة الحرارة). يتم قياس حموضة الزيت من عدد الميليغرامات من KOH (هيدروكسيد البوتاسيوم) اللازمة لتعديل غرام واحد من الزيت . الزيت الجديد ستكون قيمة الحموضة فيه أقل من 0.05 ملغ . بينما يعتبر زيت المُحوّلة غير قابل للاستعمال إذا ارتفعت هذه القيمة أكثر من 4 ملغ . إن تأثير الحموضة بالطبع سيكون التسبب في تآكل و إهتراء الأجزاء المعدنية من المُحوّلة ، و على الأخص شفرات التبريد و التي هي رقيقة و أكثر حساسية و عرضة للتآكل أكثر من باقي الغلاف المعدني للمُحوّلة .

ب- **اختبار السطح البيئي** لقياس التوتر السطحي بين الزيت و السائل غير القابل للامتزاج مع الزيت (مثل الماء) . عندما يبدأ زيت المُحوّلة ذو الأساس العضوي الكاره للماء بالتفكك تحت تأثير الأوكسجين أو الماء ، يصبح الزيت أقل كرهاً للماء و بالتالي تتغير زاوية الترطيب مع الماء . و يمكن لهذا الاختبار أن يتنبأ بالانخفاض اللاحق الذي سيحدث في الأداء الكهربائي للزيت .

7 الصحة والسلامة

إن أمور الصحة و السلامة عند التعامل مع المواد الحاوية على ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs هي أمور ذات أهمية أولى. الفصل التالي هو ليس عرضاً من التدابير الصارمة التي يجب اتخاذها ضمن هذا المفهوم ، لكنها عبارة عن سلسلة من التوجيهات و الإرشادات التي يجب أن تشجع المُشغَلُ على الرجوع إلى تعليمات كاملة و توصيات موضوعة من قبل السلطات الصحية المحلية .

7.1 التعامل مع التجهيزات و السوائل المُلوَّثة بثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs

7.1.1 تدابير وقائية صحية

على المشغلين الذين يتعاملون مع المواد و السوائل المُلوَّثة بثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs أن يتخذوا التدابير الوقائية التالية :

أ- ضمان وجود تهوية كافية في منطقة العمل . يجب استخدام مراوح محمولة على مستوى الأرض في المحطات الفرعية المغلقة .

ب- ارتداء لباس حماية كامل ، أي :

- بزة قطعة واحدة مقاومة للكيميائيات .
- قفازات مقاومة للكيميائيات .
- حذاء ، أو غطاء مستهلك لتغطية الحذاء .
- قناع تنفس للوجه من النوع الجيد المعتمد مع تدفق موجب للهواء من ضاغط هواء بعيد أو أسطوانة .
- قناع وجه كامل مع خرطوشة قابلة للاستبدال من نوع "CC" يمكن أن تُستخدَم من أجل التعرض لمستويات منخفضة .

إن أعراض التعرض لثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs هي اخضرار لون الجلد و تهيج العين و الدوخة و آلام الرأس و تقرح الحنجرة .

ممنوع تحت أية ظروف أن يدخل المشغلون أو المراقبون في المنطقة التي يجري فيها التعامل مع ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدُ الكلور PCBs .

القيم الحدية المسموح (TLV's) بها عادة لا يتم تثبيتها بواسطة التشريعات . و يمكننا أن نذكر هنا على سبيل المثال المستويات المنصوح بها من قبل المديرية التنفيذية للصحة و السلامة المهنية في المملكة المتحدة (HSE) :

- بالنسبة للزيت الذي يحتوي على 42% من الكلور (مثل : Aroclor 1242) مستوى التعرض طويل الأمد المسموح به = 1 ملغ/متر مكعب .
- بالنسبة للزيت الذي يحتوي على 54% من الكلور (مثل : Aroclor 1254) مستوى التعرض طويل الأمد المسموح به = 0.5 ملغ/متر مكعب .

و في ألمانيا ينصح مكتب الصحة الاتحادي السابق بما يلي :

- مقدار الانتخاذاً اليومي المُمكِن احتماله (Tolerable Daily Intake, TDI) = 1 ملغ لكل كغ من وزن الجسم في اليوم .
- يجب اتخاذ الأفعال اللازمة إذا تجاوزت مستويات التركيز 3,000 ملغ/متر مكعب من الهواء .
- الهدف المطلوب هو المحافظة على مستوى التركيز دون 30 ملغ/متر مكعب من الهواء .

إذا حدث أي إنسكاب لزيوت ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّد الكُلوَر PCBs ، فيجب احتواءها بواسطة مواد ادمصاص و من ثم وضعها في براميل من الفولاذ من أجل التخلص منها لاحقاً بشكل مناسب و متفق عليه . على الأشخاص الذين يتعاملون مع حالات إنسكاب ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّد الكُلوَر PCBs ، أن يتخذوا التدابير الوقائية و الإسعافات الأولية التالية :

- إذا أصبحت مُركباتُ PCBs على تماس مع العينين ، فاغسل العينين مباشرة بالماء و لمدة 15 دقيقة على الأقل و اطلب العناية الطبية.
- إذا أصبحت مُركباتُ PCBs على تماس مع الجلد ، فتخلص من أية ثياب ملوثة و اغسل المنطقة المتأثرة من الجلد بواسطة الماء و الصابون .
- إذا حصل ابتلاع لمُركباتُ PCBs ، فاغسل الفم عدة مرات بواسطة الماء النظيف و أكثر من شرب الماء ثم اطلب مساعدة طبية.
- إذا تم استنشاق لأبخرة مُركباتُ PCBs ، فانتقل فوراً إلى منطقة فيها هواء نظيف و اطلب المساعدة الطبية.

7.1.2 أجهزة الحماية الفردية (PERSONAL PROTECTION EQUIPMENT)

بما أن الخطورة الرئيسية من مُركباتُ PCBs هي من الامتصاص عبر الجلد ، فيجب إيلاء اهتمام كبير لاختيار ألبسة الحماية بما فيها أردية العمل ، و الأحذية أو أغطية الأحذية ، و القفازات ، و نظارات حماية العينين . يمكن لمُركباتُ PCBs أن تتغلغل عبر مُعظم المواد ، لكن بعض المواد بما فيها المطاط الطبيعي هي نفوذة لمُركباتُ PCBs و بالتالي فهي غير ملائمة للاستخدام في أردية الحماية . أنواع المطاط المفلورة المقاومة للكيمياءيات أو بعض المواد المطاطية المرنة هي ملائمة أكثر و بعض المواد المصفحة توفر أفضل حماية ضد مُركباتُ PCBs .

لا يوجد مادة كتيمة تماماً لمُركباتُ PCBs و بالتالي يجب التأكد من وجود الترتيبات الضرورية لتغيير أجهزة الحماية الفردية بشكل منتظم . وعادة تقوم الشركات المزودة لهذه التجهيزات بتزويد المعلومات عن معدل نفاذية مُركباتُ PCBs من خلال أجهزة الحماية الفردية ، و هذه المعلومات سوف تكون مفيدة لتقدير (من أجل كل مهمة) الزمن اللازم لتغلغل مُركباتُ PCBs من خلال أجهزة الحماية . و يعرف هذا الزمن بأنه زمن الاختراق (breakthrough time) . سوف يعتمد ذلك على تواتر و مدة تماس مُعدّات الحماية مع مُركباتُ PCBs و يمكن أن يتغير هذا الزمن من مهمة إلى أخرى . يجب على مزودي مُعدّات الحماية الشخصية تزويد أزمان الاختراق النموذجية للتطبيقات المختلفة و أن يذكر فيما إذا كانت هناك حاجة لتخفيض هذا الزمن من أجل الأخذ بالحسبان لمعاملات أخرى مثل الاهتراء.

إذا استخدمت أحذية من المطاط ، فيجب استبدالها و التخلص منها بشكل منتظم و يجب استخدام داعم لحماية القدم (باستخدام أغطية مستهلكة للأحذية) وذلك بارتدائها من داخل أو من خارج الحذاء .

و من أجل العمل المخبري ، فمن الضروري استخدام المعاطف المخبرية و القفازات المُستهلَكة من أجل حماية الجلد . إذا كان هناك خطورة من تشكل أبخرة أو أغبرة (على سبيل المثال نتيجة التسخين) عندها ينصح باستخدام مخلية الأبخرة . من الضروري معاملة جميع مُعدّات الحماية المُلوّثة كنفائيات PCB و يجب التخلص منها حسب الأصول .

7.1.3 التهوية

إن وجود تهوية كافية سوف يساعد على ضمان عدم تراكم مستويات عالية من الأبخرة و حُلات مُركّبات PCB . و المنشآت المبنية لمثل هذه الأغراض ، تكون التهوية فيها عادة جزءاً متكاملاً و أساسياً من التصميم . أما في المواقع غير المبنية لمثل هذه الأغراض أو المواقع المؤقتة فيجب أن تكون التهوية كافية طالما يتم تزويد الهواء بمعدل أعلى من الهواء المسحوب ، و هذا يؤمن تيار سفلي . إن أبخرة و حُلات مُركّبات PCB هي أثقل من الهواء و بالتالي يتم التحكم بها بسهولة أكثر بهذه الطريقة . عندما تكون التهوية الميكانيكية ضرورية فمن الضروري أيضاً استخراج الهواء بواسطة الأجهزة مع وجود عمليات الترشيح المناسبة . و للحيلولة دون حصول تلوث بيئي فقد يحتاج الأمر لأن تكون هذه المرشحات من الأنواع ذات المرحلتين : حيث يستخدم في المرحلة الأولى مرشحات قماشية أو مُرسّبات إلكتروستاتية للتخلص من الحُلات و يستخدم في المرحلة الثانية مرشحات من الفحم الفعال للتخلص من الأبخرة .

7.1.4 مُعدّات حماية الجهاز التنفسي

قد يكون هناك حاجة لمعدات حماية الجهاز التنفسي و بشكل خاص إذا:

كانت التهوية ضعيفة في أماكن العمل ؛

يتضمن العمل مُركّبات PCB الأقل كلورة و الأكثر قابلية للتطاير (التبخّر) ؛ أو

إذا كانت طبيعة العمل تؤدي إلى تشكيل حُلات (Aerosols) و درجة الحرارة عالية بشكل غير طبيعي .

يجب اختيار مُعدّات حماية الجهاز التنفسي التي سوف تعطي حماية كافية للعمال . و هذه المُعدّات يجب أن تكون معترف بها و معتمدة بشكل كامل . أما إذا كان العمال يستخدمون مُعدّات غير مستهلكة لحماية الجهاز التنفسي في أمكنة ملوثة فيجب أن يكونوا على دراية بأن مُعدّات حماية الجهاز التنفسي قد تصبح ملوثة بمُركّبات PCB و يمكن أن تنتقل إلى وجوههم . كما يمكن أن ينشأ هذا التلوث نتيجة امتصاص و مرور مُركّبات PCB عبر مواد القناع ، أو على الأغلب نتيجة تلوث القناع من الداخل بسبب الإمساك به و التخزين السيئ خلال الفترات التي لا يستخدم بها. يجب ضمان أن العمال على دراية بهذه الاحتمالات و قد تم إعلامهم عن كيفية تقليل هذه المخاطر بواسطة التنظيف المنتظم و الصيانة لمعدات حماية الجهاز التنفسي. كما يجب التنويه إلى أنه يجري الآن تطوير المُعدّات المُستهلَكة لحماية التنفس.



عمال يرتدون ألبسة الحماية أثناء تعاملهم مع المُحولات الكهربية الحاوية على مُركبات PCB

7.2 المراقبة البيئية

في مناطق العمل التي يجري فيها التعامل مع مركبات PCB ، من الضروري مراقبة مستويات المذيبات العضوية الكلورية. وعند التطبيق فهذه المذيبات الكلورية لن تكون هي نفسها مركبات PCB (والتي هي قليلة التبخر و التطاير في درجة حرارة الغرفة). بينما في الواقع هي محلات أو مذيبات مشابهة تُستخدَم مع مركبات PCB : مثل الهيدروكربونات الكلورية و التي لها رائحة متميزة . و من المفضل مراقبة هذه المذيبات الكلورية بشكل آلي و متواصل و تثبيت مستوى التنبيه أو الإنذار عند 20 ppm (جزء في المليون) على سبيل المثال من المذيبات العضوية الكلورية في هواء ورشة العمل .

من الممكن أيضاً استخدام نظام يدوي أرخص لتنفيذ اختبارات الكَشْفُ في الموقع . مثل هذه المُعدَّاتُ هي عادة أنابيب الاختبار التي يتغير لونها عند وجود الأبخرة الكلورية . حيث يتم سحب عينة من الهواء عبر الأنبوب عند تدفق معين.

إن عملية قياس مركبات PCB في الهواء المحيط هي عملية ممكنة تقنياً لكنها معقدة حيث يجب أن تجري على مرحلتين : الاعتيان أو جمع العينة و من ثم تحليلها في مخبر مجهز بشكل ملائم .

7.3 التَّسَرُّبَاتُ و الإِنْسَكَابَاتُ

7.3.1 الحالات الطارئة

في حالات وقوع الحوادث الطارئة مثل الانسكاب أو التَّسَرُّبُ خلال عمليات الشحن فيجب على الفور اتخاذ تدابير معينة للاستجابة لمثل هذه الحالات الطارئة . كما يجب اتخاذ الخطوات الأولى لمنع الأشخاص غير المخولين من الوصول إلى المنطقة التي وقع فيها الحادث .

أمَّا إذا كانت سوائل مركبات PCB تَتَسَرَّبُ من العربة أو من حاوية متضررة ، فيجب أن يحاول السائق أو موظف السلامة منع اتساع رقعة السائل و منع المواد المُتَسَكِّبة من الدخول إلى المجاري أو جداول المياه أو أية مسطحات مائية إذا أمكن ذلك . و حالما أصبح ذلك ممكن عملياً ، فيجب إعلام المشرف على السائقين أو إعلام الموظف المسؤول في المرفق . و يجب عدم ترك الآلية من دون حراسة حتى يتم تنظيف المادة المُتَسَكِّبة .

إذا أصبح مشغل أو سائق الآلية عاجزاً أو فاقداً لوعيه ، فيجب على خدمات الطوارئ و الإسعاف أن تعتمد على وثائق و أوراق الشحن للتعرف على كميات و نوعية المواد الخطرة التي يتم نقلها . لذا يجب الاحتفاظ بوثائق الشحن على مقعد السائق أو في الباب الجانبي للسائق . إن الاستجابة المناسبة و في الوقت المناسب يمكن أن تمنع من تحول حادث عرضي صغير إلى كارثة كبيرة .

إن عملية نقل مركبات PCB هي واحدة من المناطق ذات الخطورة العالية لإمكانية حدوث تسريب أو إنسكاب لهذه المركبات. و مُعْظَمُ المشاكل تحدث أثناء عمليات تحميل و تفريغ الشحنة من الآليات . فيجب أن تحتوي مناطق التحميل و التفريغ كميات كافية من مواد الاستجابة للسوائل المُتَسَكِّبة و يجب اتخاذ التدابير لمنع حدوث تَسَرُّبٍ أو إنسكاب و توفر ضوابط للتحكم و مواد لتنظيف الكميات المُتَسَكِّبة أو المُتَسَرِّبة، في حال دعت الحاجة لها . و أية عملية لاحقة لتحريك أو نقل النفايات الملوثة يجب أن تتم بتوافق تام مع اشتراطات اتفاقية بازل لحركة النفايات الخطرة .

7.3.2 التَّسَرُّبُ من المُحوَلَاتِ الكَهْرِبَائِيَّةِ

في حال وقوع حادث إنسكاب لسوائل مركبات PCB من محولة أو مكثفة ، فيجب اتخاذ الخطوات التالية :

1) يجب أن يستجيب طاقم الطوارئ على الفور بعد إعلامه عن حصول عملية إنسكاب مركبات PCB.

(2) على الموظفين و المنخرطين في عمليات التنظيف الفعلية ارتداء مُعدّات و ملابس الحماية الفردية لمنع تلوث الثياب أو الجلد .

(3) من الهام جداً منع أي سائل من مُركّبات PCB من الوصول إلى مصارف مياه الأمطار ، أو المجاري ، أو قنوات تصريف المياه، أو أي أماكن أخرى يتدفق فيها الماء . و على الطاقم أن يمارس كل خيار متاح لديهم للإحاطة برقعة تُسرّب مُركّبات PCB بما في ذلك التحويل المؤقت أو الحواجز . بالإضافة إلى ذلك ، على الطاقم التنبؤ و منع المياه من التدفق إلى المنطقة المُلوّثة من مصادر المياه القريبة مثل أنظمة رش المياه و مزاريب المياه في الشوارع . و وضع كل جهد ممكن لوقف أو حجز تدفق سوائل مُركّبات PCB و الإحاطة بتلك التي انسكبت و ذلك باستخدام القوى العاملة و التجهيزات و المواد المتوفرة في الموقع أو تلك المتاحة مباشرة .

(4) و إذا وصلت مُركّبات PCB المُنسكبة إلى المياه المتدفقة ، أو إلى مصارف مياه الأمطار أو إلى أية منطقة غير ممكن الوصول إليها ، فعلى أول موظف يصل إلى منطقة التسرّب أن يبدأ فوراً إجراءات الإعلام ، و البدء بالتدابير اللازمة لمنع أية مواد أو كميات إضافية من مواد PCB المُنسكبة من الوصول إلى المياه أو إلى الأراضي .

(5) يجب وضع الحواجز حول المنطقة المُلوّثة لمنع دخول المشاة و الآليات إلى المنطقة لحين تنظيف و إزالة المواد المُنسكبة .

(6) في مُعظم الحالات ، فالمواد الماصة هي أدوات مفيدة في عملية التنظيف . إذا تم استخدامها فيجب نثرها فوق المنطقة المُلوّثة و تركها في موضعها لمدة ساعة على الأقل ، طالما كان ذلك ضرورياً لضمان أن جميع سوائل مُركّبات PCB قد تم امتصاصها .

(7) بعد أن تم امتصاص السوائل المُنسكبة ، يجب وضع المواد الماصة و أية تربة ملوثة في الحاوية الفولاذية المزودة لهذا الغرض خصيصاً للتخلص من هذه النفايات . و إذا لم تسمح الظروف بتحديد مقدار تغلغل سوائل مُركّبات PCB في التربة ، فيجب إزالة حوالي 15 سم من عمق التربة .

(8) يجب تنظيف و إزالة التلوث من جميع السطوح التي تعرضت للسوائل المُنسكبة و ذلك باستخدام ممسحة مبللة بكميات كافية من المذيبات الكلورية الفعالة مثل ثلاثي كلور الإيثان (trichlorethane).

(9) أية إنشآت معدنية أو حوامل خشبية ، أو صواني الكابلات (من جميع الأنواع) و غير ذلك ؛ يجب غسلها بالمذيبات ، و غسل جميع المُعدّات الموجودة على هذه الإنشآت التي لا يمكن تحريكها و أصبحت ملوثة بمُركّبات ثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور المُنسكبة . و يجب الحذر عند استخدام المذيبات لمنع حدوث تلوث إضافي للتجهيزات و المُعدّات أو الآليات و غير ذلك ، في منطقة الحادث .

(10) جميع أنواع الإنشآت و الأبنية و الآليات الخاصة وغير ذلك ، التي قد تلوثت ، يجب غسلها بالمذيبات (أخذين بالحسبان ألا يضر المذيب بطلاء الآليات). كما يجب اتخاذ جميع التدابير الضرورية لمنع المُذيب و سوائل PCB من الدخول إلى نظام تصريف المياه أو إلى المجاري .

(11) جميع الأشياء المُلوّثة بما فيها الأدوات و الثياب و الأحذية و المُعدّات الأخرى ، يجب تنظيفها بشكل جيد بواسطة المُذيب (إذا كان ذلك ممكناً) ، أو التخلص منها في حاويات من الستانلس مُزوّدة خصيصاً لهذا الغرض .

(12) يجب تعليم جميع البراميل بوضوح و تخزينها أو تحميلها في الشاحنات ، و حماية البراميل لمنع حدوث أية عمليات إنسكاب أو تسريب أخرى .

(13) يجب أيضاً وضع لصاقة على الشاحنة أو الآلية التي تحمل البراميل و ذلك وفقاً لإجراءات النقل .

14) يجب أخذ الحاويات مباشرة إلى منطقة مرخصة لتخزين مُركّبات PCB من أجل شحنهم لاحقاً إلى نقطة التخلص النهائية.

15) في حال حصول بقع تَسْرُبٍ كبيرة في مناطق ذات كثافة سكانية عالية فيجب حراسة منطقة بقعة التَسْرُبِ بشكل متواصل حتى يتم تنظيف زيوت مُركّبات PCB المُتسكّبة و التخلص من جميع المواد التي استخدمت في التنظيف من الموقع ووضعها بشكل آمن في البراميل ، أو تعديلها .

16) إذا حصل تماس بين الجلد و مُركّبات PCB فيجب استخدام منظف يدوي من دون ماء على منطقة الزيت ، و من ثم التخلص من المنظف في حاوية ملائمة . إذا حل تماس مع العين ، فيجب غسل العين بالماء جيداً و الحصول على استشارة أخصائي .

17) أما التَسْرُبُ إلى المياه فيحتاج إلى اعتبارات خاصة .

8 إعادة تصنيف المُحَوَّلَات الكهربية

عندما يتم إقرار أن وضع المُحَوَّلَة لم يعد متوافقاً مع متطلبات الإدارة البيئية الجيدة (مثل تلك الموضوعه في التشريعات) ، من الضروري تفحص الخيارات المختلفة و المتاحة من أجل معالجة المشكلة . هناك سببين أساسيين لإعادة تصنيف المُحَوَّلَات :

أ) عندما نجد أن محتوى مُرَكَّبَات PCB في المحول الكهربائي أعلى من تلك المستويات المقبول بها في التشريعات المحلية أو الإقليمية ، و التجهيزات مازالت في حالة مرضية من الناحيتين الكهربائية و الميكانيكية مما يبرر الاستمرار في استخدامها . في مثل هذه الحالات ، قد يكون إعادة ملء المُحَوَّلَة خياراً ممكناً .

ب) عندما نجد أن المُحَوَّلَة لم تعد تتوافق مع المواصفات ذات العلاقة باستخدامها ، على سبيل المثال ، نتيجة ضعف أداءها الكهربائي ، أو ضعف الحالة الميكانيكية أو التسريب. في مثل هذه الحالات فيجب استبدال المُحَوَّلَة بوحدة جديدة و يجب أيضاً التخلص من المُحَوَّلَة القديمة بالطرائق المسموح بها في التشريعات ذات العلاقة .

ملاحظة : لقد وجد في العديد من البلدان أنه هناك سببان مختلفان لاحتواء المحول على مُرَكَّبَات PCB . السبب الأول هو أن المُحَوَّلَة قد تم تصميمها و بنائها لكي تُسْتَخْدَم مع زيوت PCB . و هناك حالات قد تم أخذها بعين الاعتبار حتى الآن في هذه المطبوعة . على أية حال فقد بينت التجربة أن العديد من المُحَوَّلَات قد بيعت أو وضعت عليها لصاقات كمحولات لا تحتوي مُرَكَّبَات PCB ، لكنها في الحقيقة يمكن أن تحتوي على مُرَكَّبَات PCB . ذلك بسبب أن العديد من المُحَوَّلَات التي تستخدم الزيوت التقليدية قد تم تلويثها عرضياً بمُركَّبَات PCB . ومثل هذا العدد في أوروبا قد يصل حتى 45 في المائة . و السبب في ذلك أن المنشآت التي استخدمت لسنوات طويلة لإعادة ملء المُحَوَّلَات قد استخدمت على الأغلب لكلا النوعين : لزيوت PCB ، أو لزيوت أخرى غير زيوت PCB . و هكذا تحصل تلوثات عرضية و يمكن لمحولة عليها لصاقة زيت تقليدي أن تحتوي على تركيز من PCB أعلى بكثير من 0.005 في المائة (50 جزء في المليون) ، و الذي هو العتبة النهائية المحددة في المرفق (أ) من اتفاقية استوكهولم . في مثل هذه الحالات قد تكون عملية إعادة التعبئة هي طريقة عملية لتخفيض مستويات PCB دون 0.005 في المائة .

9 إعادة تعبئة المُحوّلات (RETROFILING OF TRANSFORMERS)

إن عملية إعادة تعبئة المُحوّلة تعني تفريغ التجهيزات من سائل العزل و استبداله بسائل جديد لا يحتوي على زيوت PCB. و كما تم ذكره آنفاً فيمكن أن تكون هذه العملية طويلة جداً ، ذلك أن المحول من الداخل معقد . و المشكلة الأكثر جدية تعود إلى حقيقة أن المُحوّلة تحتوي عادة على أجزاء خشبية و ربما مكونات ورقية . و هذه المواد هي مسامية و تحتجز الزيت المُلوّث . بالتالي فليس ممكناً خلال فترة قصيرة نسبياً التخلص من كل زيت PCB . و النتيجة هي أنه عندما يتم وضع زيت نظيف و جديد في المُحوّلة ، فهناك ارتشاح تدريجي لبقايا زيت PCB من المكونات المسامية . و خلال فترة أسابيع أو أطول فيمكن لمستوى PCB المقاسة في المُحوّلة أن ترتفع ببطء من جديد ، وربما لمستويات أعلى من المستويات النظامية المسموح بها .

و الزمن اللازم ليتوقف فعل الإرتشاح ، وبالتالي توقف أي إطلاق لمُركبات PCB إلى زيت المُحوّلة ، يعتمد على حجم و بنية التجهيزات . في بعض الحالات قد يكون من الضروري تنفيذ عدة عمليات إعادة تعبئة ، و هذه سوف تكون على مدى عدة شهور .

قد يكون ممكناً في حالات معينة إعادة تعبئة المُحوّلة بينما هي في موضعها و حمولتها . يتم ذلك عادة في الحالات التي تكون فيها من الصعب الوصول إلى التجهيزات ن على سبيل المثال المنصات البحرية البعيدة عن الشاطئ .

و القرار حول إمكانية استمرارية و ديمومة عملية إعادة التعبئة سوف تأخذ بعين الاعتبار العوامل المحلية . و هذه بشكل أساسي هي كلفة تنفيذ عملية إعادة التعبئة ، بما في ذلك كلفة التخلص من المواد المُلوّثة ، بالمقارنة مع كلفة شراء محولة جديدة، إذا تم التخلص من المُحوّلة الأصلية . يجب أيضاً الأخذ بعين الاعتبار التشريعات النافذة فيما يخص المستويات المسموح بها من مُركبات PCB في المُحوّلات . على الأغلب سوف تكون حوالي 0.005 في المائة (50 جزء في المليون)، كما هي حالياً في مُعظم البلدان . إن الأطراف لاتفاقية استوكهولم سوف يكونا ملتزمون بالتخلص من استعمال مُركبات PCB في التجهيزات مثل المُحوّلات و المُكثّفات بحلول عام 2025 . و سيطلب منهم أيضاً بذل جهود تتسم بالعزم و مصممة لكي تقود إلى إدارة بيئية جيدة للنفايات السائلة التي تحتوي مُركبات PCB و التجهيزات المُلوّثة بمُركبات PCB (محتواها من مُركبات PCB أعلى من 0.005 في المائة) بأسرع وقت ممكن و ليس بعد عام 2028 . راجع الخلاصة المُأخوذة من الاتفاقية في المرفق (أ) من هذه المطبوعة .

9.1 قائمة التدقيق لقرار إعادة التعبئة

هناك عدد كبير من العوامل التي يجب أخذها بعين الاعتبار قبل صنع القرار حول إعادة التعبئة :

1 (ما هو عمر التجهيزات ؟ يمتلك المحول عادة عُمرًا عملياً حوالي 30 سنة . هل يبرر ما تبقى من العمر المتوقع للمُحوّلة إعادة تعبئتها ؟ (علماً أنه يجب الأخذ بعين الاعتبار الموعد المحدد للتخلص منها وفقاً لتعهدات و اشتراطات اتفاقية استوكهولم)

2 (ما هي حالة المُحوّلة ؟ هل مازال الأداء الكهربائي للمُحوّلة مرضياً ؟ هل هناك مؤشرات أو دلالات على حدوث تسريب أو ارتشاح ، وجود صدأ ، أو غير ذلك ؟

3 (متى سيكون زمن التوقيف الفعلي للتجهيزات ؟ إذا تم وضع المُحوّلة خارج الخدمة ، ماذا سيكون الأثر من توقيف القدرة الكهربائية التي كانت تزودها ؟

4 (ماذا سيكون الأثر على المستخدمين في نهاية الخط إذا تم توقيف عملية التزويد بالكهرباء ؟

5 (هل سيكون هناك نتائج إيجابية فيما يتعلق بإدراك العامة إذا تم إزالة التلوث من المُحوّلة ؟ إن حقيقة أن مُركبات PCB لم تعد تُستخدَم سيكون لها تأثيرها الإيجابي الواضح على الأشخاص أو السكان القاطنين بالقرب من موقع المُحوّلة .

6 (هل تقنيات عملية إعادة التعبئة جاهزة و متوفرة ؟ هل هي متاحة بالقرب من وقع المُحوّلة ، أو أنه يجب نقل المُحوّلة إلى موقع إعادة التعبئة ؟

(7) هل السوائل البديلة المناسبة متوفرة ، من منظور مواصفات و خصائص المَحَوِّلة ؟ الزيوت الكهربائية ليست تماماً قابلة للتبادل . قد تكون المولدة مصممة لاستخدام نوع معين من الزيوت و بالتالي فيجب اختيار زيت مشابه خالي من مُركبات PCB ، أو ربما يجب إجراء تعديلات في تصميم المَحَوِّلة .

(8) هل عملية إعادة التعبئة سوف تخفض فعلاً محتوى الزيت من مُركبات PCB ، مع الأخذ بالحُسبان عودة انتشار مُركبات PCB من المكونات المسامية للمَحَوِّلة ؟ و كما تم الشرح سابقاً ، أن التخلص التام من مُركبات PCB من داخل المَحَوِّلة قد يكون عملية طويلة . هذا الزمن اللازم قد يكون عاملاً هاماً يجب أخذه بالحُسبان .

(8) كيف سيتم التخلص من الزيت المستهلك للمَحَوِّلة ؟ إن عملية إعادة تعبئة المَحَوِّلة تتضمن إزالة زيت PCB منها و تطهير الزيت من التلوث . إن مثل هذه التقنيات لإزالة التلوث من الزيت قد يمكن وضعها بالقرب من موقع المَحَوِّلة . و إذا كان ذلك غير ممكناً ، و يجب نقل زيت PCB إلى موقع خاص للتخلص منه ، فشرط النقل يجب أن تكون وفقاً لاشتراطات اتفاقية بازل لحركة مثل هذه النفايات الخطرة .

(9) كيف يمكن التخلص من النفايات الأخرى التي نتجت عن عملية إعادة التعبئة (مثل الملابس ، نشارة الخشب ، المزقّ القماشية المُستخدَمة في المسح ، و غيرها) ؟ مثل هذه النفايات الخطرة ، بالرغم من أنها لا تنتج بكميات كبيرة ، يمكن أن تشكل مشكلة فعلية عند التخلص منها . حيث أن التقنيات الموصوفة في مطبوعات برنامج الأمم المتحدة للبيئة UNEP و المذكورة أعلاه هي قابلة للتطبيق على حالات معرفة بشكل واضح (مثل التجهيزات و الزيوت) ، وليست ملائمة لإزالة التلوث من مثل هذه النفايات الناتجة . قد نجد أن الحرق بالترميد هو الحل الوحيد المتاح للتخلص من مثل هذه النفايات . إذا كان مخططاً شحن هذه النفايات إلى الخارج إلى مُرمّدة ذات درجة حرارة عالية ، فمرة ثانية يجب الالتزام بالاشتراطات الموضوعية من قبل اتفاقية بازل .

(10) كم ستبلغ الكلفة الإجمالية ، أخذين بالحُسبان جميع العوامل المذكورة أعلاه ؟ إن الأوجه الاقتصادية لتنفيذ عملية إعادة التعبئة يجب بالطبع حسابها ، و هذه سوف تتم تبعاً للظروف المحلية . و على أية حال فالنقطة الهامة هي أن نكون على دراية بجميع عوامل الكلفة التي ستضمونها عملية إعادة التعبئة .

9.2 الخواص المطلوبة من الزيوت البديلة لزيوت PCB :

تُستخدَم الزيوت البديلة لزيوت PCB في مضمارين مختلفين :

(أ) من أجل التعبئة في المَحَوَّلات الجديدة (هنا يمكن تصميم المَحَوَّلات بحيث تأخذ بالحسبان خواص الزيت البديل : الكثافة النوعية ، اللزوجة ، و مُعامل التمدد الحراري على وجه الخصوص) ؛ و

(ب) من أجل إعادة تعبئة المَحَوَّلات القديمة (هنا يجب على الزيت البديل المختار أن يأخذ بالحسبان تصميم المَحَوَّلة ، لضمان عملها بنفس الخواص الفيزيائية للزيت الجديد المذكور أعلاه) .

هذه المطبوعة تأخذ بعين الاعتبار بالحالة الثانية ، حيث أن مواصفات و خواص المَحَوَّلة معروفة ، و يجب اختيار خواص الزيت البديل ليتلائم و يتكيف مع مواصفات المَحَوَّلة . بالتالي فاختيار الزيت البديل لإعادة تعبئة المَحَوَّلة سوف تتم مع الأخذ بعين الاعتبار المتحولات التالية :

1 (الخواص الكهربائية . من حيث المبدأ لا تمثل أية مشكلة . ثابت العزل الكهربائي و نقطة الانهيار و غيرهما ، يتم اختيارهم كتابع لشروط استخدام المَحَوَّلة ؛

2 (خواص مقاومة الحريق . يجب التذكير بأن زيوت PCB كان قد تم إدخالها لهذا العمل منذ سنوات طويلة عندما كان ينظر إلى خطر حرائق المنشآت الكهربائية على أنها ذات أهمية كبيرة . و بما أن زيوت PCB متميزة بمقاومتها للحريق و جيدة العزل كهربائياً ، فقد انتشر استعمالها بشكل واسع . على أية حال ، تم استخدامها في العديد من البيئات حيث أن مقاومة الحريق لم تكن عاملاً هاماً أو أساسياً ، و بالتالي يكون قد تم استخدام زيت ذو مواصفات أكثر مما هو مطلوب .

3 (الكثافة . قد تكون كثافة الزيت البديل مشكلة إذا كانت أعلى من الزيت الأصلي . على أية حال ، تتمتع عادة زيوت PCB بكثافات عالية و بالتالي فعملية التغيير لزيوت ذو كثافة أخفض يجب ألا يتسبب بمشاكل ميكانيكية في المَحَوَّلة .

4 (مُعامل التمدد الحراري . تُعتبر هذه الخاصية ذات أهمية عظمى . ليس مطلوب من المَحَوَّلات أن تعمل فقط في ظروف مناخية مختلفة ، لكن تشغيل المَحَوَّلة بحد ذاته سوف يؤدي إلى ضياع في الطاقة الكهربائية و التي ستظهر على شكل حرارة . بالتالي قد يحدث تغيرات ملحوظة بدرجات الحرارة . و هكذا فمن الضروري أن يتم تصميم المَحَوَّلة لقبول التغيرات في الحجم الناتجة من التغيرات في درجة الحرارة .

5 (اللزوجة . يتم تصميم المَحَوَّلة أولاً بحيث تسمح بالتغيرات في الحمول الكهربائية مع أقل ضياع في الكهرباء ، و ثانياً لتبريد الزيت الذي يعمل على امتصاص الضياع في الطاقة و التي تؤدي إلى إنتاج الحرارة . يتم التخلص من هذه الحرارة بواسطة تدوير الزيت خلال شفرات التبريد و التي هي جزءاً أساسياً من تصميم المَحَوَّلة . و حركة السائل خلال القنوات الصغيرة تكون بكفاءة أعلى للزيوت ذات اللزوجة الأخفض . كما أن اعتماد لزوجة الزيت على درجة الحرارة أيضاً أمراً مهماً .

6 (نقطة الوميض و الاشتعال . بالرغم من أن نقطتي الوميض و الاشتعال للزيوت البديلة للـ PCB لن تصل أبداً لتلك التي تتمتع بها زيوت PCB ، فلا بد أن تكون منخفضة قدر الإمكان .

7 (النواتج الثانوية للاحتراق . قد لا تكون هذه عاملاً محدداً في اختيار الزيت ، لكن يجب معرفة سلوك الزيت عند الاحتراق . و لناخذ أمثلة عن الحالات الشديدة ، فيمكن القول بشكل عام أن الزيت الهيدروكربوني سوف يحترق إلى منتجات ثانوية غير ضارة مثل بخار الماء و ثاني أكسيد الكربون و غيرهما ، إذا تم احتراق الزيت في ظروف مثالية (بالرغم من ذلك سوف يتشكل الدخان الأسود في حال نقص الأوكسجين) . و من ناحية أخرى فالزيت السيليكوني سوف ينتج السيليكا و دخان أبيض كثيف . الجدير بالذكر أن زيوت PCB هي مقاومة للحريق بسبب وجود الكلور فيها و الذي يمثل عنصراً يمنع الاحتراق و يتم استخدامه عادة في عوامل مكافحة الحريق .

8) اعتبارات بيئية . إذا تم اختيار أحد الزيوت كبديل لزيوت PCB فطبعاً يجب ألا يقدم هذا الزيت البديل نفس المساويء التي كانت لزيوت PCB بما يخص البيئة . بالتالي فيجب أن يكون هذا الزيت غير سام . و من أهم الخواص التي يجب النظر فيها هو قابليته للتفكك الحيوي : أي قابلية الزيت إذا تَسَرَّبَ أو انسكب ، أن يتحلل ببطء في البيئة بواسطة التأثيرات الطبيعية و على الأخص بواسطة الأحياء الدقيقة و ضوء الشمس . إضافة لذلك ، يجب ألا تشكل نواتج احتراقه خطراً خاصاً من وجهة نظر سمية .

9.3 اعتبارات أخرى

الزيوت البديلة المعروضة اليوم في الأسواق ، جميعها بالطبع مناسبة للاستخدام في التجهيزات الكهربائية . لكنها على أية حال قد لا تكون مناسبة لاستخدام معين مثل استخدام المَحْوَلَة في ظروف معينة . و قد يكون هذا السبب في أن المَحْوَلَات لها تصاميم مختلفة و أن هذه التصاميم تستدعي وجود زيوت محولات بخواص ملائمة .

يمكن للمَحْوَلَة أن تكون إما مُحَكِّمَة الإغلاق تماماً ، أو من النوع الذي " ينتفس " ؛ يقصد بهذا التعبير المَحْوَلَات غير المغلقة تماماً و المُزَوِّدَة أيضاً بغرفة تمدد لتأخذ بالحُسْبَان التغيرات في الكثافة و بالتالي في الحجم تبعاً للتغيرات في درجة الحرارة .

أمَّا بالنسبة للمَحْوَلَات التي تتكيف مع تغيرات درجة الحرارة ، حيث يمكن رؤية ذلك بغرفة التمدد الموجودة خارج المَحْوَلَة (فوقها)، من الممكن استعمال زيت له نسبياً مُعَامِل تمدد حراري عالي . و تغيرات درجة الحرارة في هذه الحالات يمكن امتصاصها بتصميم المَحْوَلَة .

و في حالة المَحْوَلَات مُحَكِّمَة الإغلاق ، يجب أن يمتلك الزيت البديل نفس مُعَامِل التمدد الحراري للزيت الأصلي ، و ذلك من أجل تجنب توليد ضغوط داخلية عالية كلما ارتفعت درجة الحرارة .

9.4 تدابير لضبط عملية إعادة التعبئة

9.4.1 التعامل مع المَحُولَاتِ الحاوية على زيوت PCB

من الأفضل ان يتم تفريغ الزيت من المَحُولَاتِ في الموقع قبل نقلها إلى المنشأة المخصصة لإعادة التعبئة . يحتاج ذلك إلى نقل زيت PCB إلى براميل معدنية ذات نوعية ملائمة للنقل إلى الوجهة النهائية للتخلص منها . ينصح أن تكون المواد الماصة جاهزة و متاحة لتسهيل التعامل مع أي حالة تَسْرُبُ أو إنسكاب قد تحصل . و للتقليل من إمكانية التعرض إلى سوائل PCB ن من الضروري تجنب جميع العمليات اليدوية مثل إبانة السوائل . لذلك يفضل استخدام الضخ الميكانيكي للسوائل . سوف يكون بالطبع ضرورياً ارتداء لباس الوقاية الفردية (personal protective clothing, PPE) خلال هذه الإجراءات لمنع الامتصاص عبر الجلد . و خلال عملية تفريغ السائل من المَحُولَة يجب منع حدوث أي تناثر أو إندلاق للسائل . كما يجب اتخاذ الاحتياطات لمن و تجنب حدوث انتشار لتَسْرُبُ أو تدفق للسوائل ، مع ضرورة ارتداء مُعدَّات حماية الجهاز التنفسي إذا كانت التهوية ضعيفة .

9.4.2 الاشتراطات الواجب توفرها في منشآت التعامل مع و تفكيك التجهيزات الحاوية على زيوت PCBs

ينصح بتقسيم المنشأة المركزية إلى منطقة عمل نظيفة و منطقة عمل وسخة ، مفصولتين بواسطة منطقة للتبديل . المنطقة النظيفة و منطقة التبديل يجب أن تكون السطوح فيها ناعمة لمساء و غير نفاذة . و يكون تفكيك المَحُولَاتِ و المُكثِّفَاتِ فقط في المنطقة الوسخة . على أن تكون هذه المنطقة الوسخة منعزلة ، ويفضل أن تكون غرفة منفصلة . و يجب أن تكون طاولات العمل في المنطقة الوسخة مغطاة بمواد لمساء و كتيمة و مُزوَّدة بأطراف أو حواف ذات شفة من أجل احتجاز أي سوائل منسكبة . كما أن أرضية المنطقة الوسخة يجب أن تكون مبنية ، أو مغطاة بمواد كتيمة و فيها جدار منخفض لاحتواء أي إنسكاب أو اندلاق للسوائل . و ألا تتصل هذه المنطقة المحاطة بجدار منخفض مع شبكة أو نظام الصرف العام . كما يجب أن تكون هذه المنطقة مُزوَّدة بفتحة كبيرة بما فيه الكفاية لدخول المَحُولَاتِ و المُكثِّفَاتِ إلى المنطقة الوسخة . و من أجل التقليل من حدوث تلوث راجع ، يجب تزويد هذه الفتحات بشرائط بلاستيكية (أو أية وسائل مناسبة أخرى) .

و مع مرور الزمن ، من المرجح أن تصبح أرضية المنطقة الوسخة ملوثة بزيوت PCBs ، خاصة إذا تشقق أو تضرر إسمنت الأرضية . و اعتماداً على حجم العمل المنفذ ، فقد يحتاج الأمر إلى إزالة الأرضية على فترات متقطعة ، أو ربما عندما لا تُستخدَمُ المنطقة مرة أخرى للتعامل مع زيوت ثنائيات الفينيل متعددة الكلورة PCBs . يمكن إطالة عمر الأرضية باستخدام حصيرة أو ممسحة من الخشب أو ألواح من الليف عند تفكيك المَحُولَاتِ الكبيرة . بالإضافة إلى دورها في حماية الأرضية فإن هذه الحصيرة سوف تمتص التَسْرُبَاتِ الصغيرة أو التلطيظ الذي يمكن أن يحدث لزيوت PCBs . فالأرضيات و الحصيرة الملوثة يجب التعامل معها على أنها نفايات تحتوي على مُركَّباتٍ ثنائيات الفينيل مُعَدَّة الكلورة PCBs . وإمكانية دخول الموظفين إلى منطقة العمل يجب أن تكون فقط عبر المرور بمنطقة التبديل . يُنصح أن تتضمن منشأة تفكيك المَحُولَاتِ و المُكثِّفَاتِ على النقاط التالية:

- مدخل إلى المنطقة النظيفة ؛
- منطقة لغسيل كامل الجسم (تدويش)/دورة مياه ؛
- منطقة عمل وسخة حيث يتم فيها ارتداء أدوات الحماية الفردية ؛ و
- مخرج إلى منطقة العمل .

قد يكون هناك حاجة لوجود منطقة للاستراحة خلال منتصف الوردية أو أوقات أخرى . و ربما سيكون الوصول إلى هذه المنطقة مُقيداً . أي بمعنى أنه لن يُسمح لأحد بالدخول إليها إذا كان مرتدياً أدوات الحماية الفردية الملوثة . و في منطقة الاستحمام/دورات المياه فيجب تزويدها بخزانة يمكن قفلها للسماح للعاملين بالاحتفاظ فيها بالثياب النظيفة .

التدابير الوقائية المطلوبة عند تقطيع التجهيزات الحاوية على PCB

9.4.3 التدابير الوقائية و الاحترازية المطلوبة عند تقطيع التجهيزات الحاوية على PCB

عندما يتم تفكيك المُحولات المغلقة تماماً (من أجل الوصول إلى قلب المُحوّلة) فهناك احتمال أن بخار أو دخان أو حُلات مركبات ثنائيّات الفينيل مُتعدّدة الكلورة PCB ، بالتالي يجب تبني و اعتماد ممارسات العمل التي تعمل على التقليل من توليدها . على سبيل المثال ، كلما ازدادت درجة الحرارة سوف يزداد ضغط البخار لمركبات PCB ، و بالتالي قدرتها على تشكيل الأبخرة . و هذا التأثير يمكن أن يكون واضحاً عند درجات الحرارة العالية . حيث أن ضغط بخار مركب أركلور 1260 (Aroclor 1260) يرتفع بمقدار عشر مرات بين درجة الحرارة 300 و 600 درجة مئوية ، بينما يزداد ضغط البخار لمركب أركلور 1248 (Aroclor 1248) 100 مرة بين درجة الحرارة 0 و 500 درجة مئوية . هناك بعض الأدلة على أنه تحت شروط معينة و بدرجات حرارة بين 200 و 450 درجة مئوية يمكن أن ينتج تشكّل بطني لمركبات الفيوران (furans) و أنه عند درجات حرارة أعلى ، بين 450 و 700 درجة مئوية يمكن أن تتشكل مركبات ثنائي بنزوالفيوران (dibenzofuran) . و لهذا السبب من الواضح أنه يجب تجنب أي نوع من العمليات التي تستخدم اللهب في التقطيع أو اللحام المعدني ، إذا كان ذلك ممكناً عملياً . فالحرارة الناتجة عن اللهب سوف لن تعمل فقط على تبخير مركبات PCB من على السطوح التي يجري تقطيعها ، بل إنها سوف تنتشر إلى الأجزاء المجاورة و ترفع من حرارتها و تزيد من تبخر زيت PCB القريبة منها .

أما المكثفات فتحتاج إلى ثقبها و تفرغها من السوائل (إن وجدت) و بالطريقة التي تقلل من إنتاج الأبخرة و الحُلات . و إذا كانت هذه العملية تتم بشكل آلي ، فيجب أن تؤكد الاختبارات أن الحُلات و الأبخرة المتولدة ستبقى محتواة في المنطقة المحيطة بالعملية حيث من غير المحتمل أن يتواجد فيها أشخاص . و إذا تم تنفيذ هذه العملية بشكل يدوي فعندها يتطلب الأمر وجود أجهزة شفط موضعية .

إن التقطيع الميكانيكي للتجهيزات هو الخيار المفضل ، لكن يجب أن نتذكر أنها يمكن أن تولد حرارة موضعية أو تتسبب بتشكيل الحُلات . و تكون هذه التأثيرات أكثر وضوحاً عندما تكون سرعة التقطيع عالية . و بالتالي ينصح عند استعمال التقطيع الميكانيكي للتجهيزات ، أن يتم تخفيض سرعة التقطيع قدر المستطاع و بشكل متوافق مع الاستخدام الفعال .

9.4.4 تفرغ المُحولات الحاوية على سوائل PCB

يجب أن ندرك أنه و لو تم بذل عناية كبيرة للتخلص من أكبر قدر ممكن من الزيت الأصلي من علبة المُحوّلة حتى بعد ترك المُحوّلة لمدة ساعتين للتخلص من بقايا الزيت على السطوح و الشفرات (windings) ، فسوف يبقى بعض الزيت الملوّث داخل قلب المُحوّلة و في الملفات . في حالة محولات التوزيع ، وجد أنه بشكل عام يتبقى حوالي 10% من الزيت في قلب المُحوّلة و في الملفات و أن التلوث بمركبات PCB سيصل إلى حالة توازن مع الزيت الجديد بعد مدة 90 يوماً من دورات الحمل . بالتالي ، إذا كان الزيت الأصلي ملوثاً بمستوى تركيز حوالي 500 جزء في المليون (ppm) ، فبعد عملية إعادة التعبئة بزيت جديد سوف يستقر تركيز PCB عند 50 جزء في المليون بعد 90 يوماً .

9.4.5 الاحتياطات المطلوبة لشطف التجهيزات من أجل التخلص من بقايا زيوت PCBS

إذا تم غسل المُحولات بواسطة المذيبات، فيجب الأخذ بعين الاعتبار إمكانية التعرض لهذه المذيبات ، و اتخاذ التدابير المناسبة. و يمكن تحقيق التقليل من التعرض عن طريق زيادة التهوية في محطة العمل أو بواسطة نظام عمل يقلل من تواجد العاملين عندما تجري عملية الشطف بواسطة المذيبات. إن استخدام أدوات الحماية الفردية يجب أن ينظر له كملاذ أخير للحماية من الخطورة المتبقية فقط.

9.4.6 التعامل مع المُكثفات الحاوية على PCBS

بالنسبة للمكثفات ، يفضل أن يتم تحريكها من أماكنها كقطعة واحدة و وضعها في حاويات معدنية يمكن إغلاقها بإحكام ريثما يتم نقلها إلى موقع تخزين مرخص له أو إلى منشأة مخولة للتخلص منها . أما الوحدات التي يوجد فيها تسريب فتحتمل إلى معاملة خاصة . ينصح أن يتم إمتصاص السوائل المُتسربة بواسطة نشارة الخشب أو الرمل أو التربة و أن يتم تخزين المُكثفات و المواد الملوثة التي استخدمت في إمتصاص التسريب في حاويات معدنية جاهزة للتخلص منها. بما أن المُكثفات على الأغلب تحتوي على المتماثرات الأكثر قابلية للتطاير من ثنائيات الفينيل مُتعددة الكلورة ، فالتسربات الكبيرة أو التسربات في المناطق المغلقة قد تحتاج إلى استخدام أدوات حماية الجهاز التنفسي إضافة لتدابير حماية الجلد .

10 السوائل البديلة التي يمكن استخدامها في إعادة التعبئة

هناك العديد من زيوت العزل التي يمكن استخدامها في عملية إعادة تعبئة المحولات. والمُنتج المُختار قد يعتمد على الممارسات المحلية و الإقليمية إضافة لخصائص الزيت . فعلى سبيل المثال ، تُستخدَم الزيوت السيليكونية في بعض البلدان عن غيرها بالرغم من كون جميع هذه البلدان لها نفس التشريعات الصناعية و البيئية . و الأمثلة التالية هي عن أصناف مختلفة من الزيوت البديلة التي يمكن أخذها بعين الاعتبار :

10.1 الزيوت المعدنية

هذه الزيوت في الحقيقة هي زيوت تقليدية يمكن أن تُستخدَم و تم استخدامها في المحولات . و الفارق الوحيد بينها و بين زيوت PCB التي استخدمت لاحقاً هو بالطبع قابليتها الكبيرة على الاشتعال. على أية حال ، فالتحليل الدقيق لخطورة الحريق في بعض التطبيقات التي تُستخدَم فيها المحولات قد يبين أنه من الممكن استخدام مثل هذه السوائل ذات القابلية الأعلى للاشتعال.

و نظراً للمكان و للطريقة التي يتم فيها و ضع و تشغيل بعض المحولات ، فيمكن أن تتقبل احتمالية أعلى من الخطورة (على سبيل المثال المحولات المُستخدَمة في خارج الأبنية) . بالتالي فالزيوت الهيدروكربونية التقليدية يمكن أن تُعتبر بديلة لزيوت PCB إذا تم دراسة و تحليل هذه الحالات بشكل جيد. و القرار سيكون عبارة عن مسألة موازنة بين الميزات و المساوىء من وجهات نظر بيئية و خطورة الحريق و التشريعات .

العديد من هذه الزيوت التقليدية متوفرة من شركات الزيوت الرئيسية ، و من الشركات الصغيرة المتخصصة .

10.2 السوائل السيليكونية

لا تحتوي هذه السوائل على الكلور ؛ فهي مُركبات السيليكون العضوية التي تُستخدَم في صناعة المحولات الجديدة في أوروبا و الولايات المتحدة . و يؤدي استخدامها إلى بعض العواقب المعينة في حالة استخدامها لإعادة تعبئة المحولات :

(1) فالسوائل السيليكونية هي حساسة بشكل خاص للماء و بالتالي فمن الضروري التعامل معها على هذا الأساس . و أعلى حد مسموح به من محتوى الماء 50 جزء في المليون .

(2) يجب إحكام إغلاق المحوِّلة تماماً بسبب حساسيتها للماء .

(3) إن الأداء الكهربائي الأقل لهذه الزيوت يعني أنه يجب تطبيق مُعامل إنخفاض الأداء بحوالي 7 في المائة بعد عملية إعادة تعبئة المحوِّلة (أي أنه من الضروري تشغيل المحوِّلة على معدلات أخفض).

(4) إن مُعامل التمدد الحراري لهذه الزيوت هو أعلى من زيوت PCB الأصلية ، و ذلك يتطلب إجراء تعديلات على جسم المحوِّلة لتمكين زيت المحوِّلة من التمدد من دون الإضرار بعلبة المحوِّلة .

(5) إن الزيت السيليكوني المُلوَّث بزيت PCB أكثر صعوبة في التخلص منه بالمقارنة مع زيت PCB الأصلي . و يعود السبب في ذلك إلى أنه أثناء احتراق الزيوت السيليكونية ، تتشكل السيليكا (بودرة أكسيد السيليكون) حول رأس الحراق مما يؤدي إلى مشاكل في وحدة غسيل الغازات .

6) قد يتطلب الأمر تغيير مفاتيح Tapping المثبتة على المَحْوَلَة . عند استخدام الزيوت السيليكونية في صناعة المَحْوَلَات الجديدة ، فيمكن أن يأخذ التصميم بهذا الاختلاف في الخواص بالمقارنة مع زيوت PCB . على أية حال ، عند استخدام الزيوت السيليكونية كزيوت بديلة لزيوت PCB في المَحْوَلَات المتواجدة ، فمن الضروري تعديل المَحْوَلَة لتأخذ بالحسبان هذه الاختلافات في الخواص ، و على الأخص فيما يتعلق بمعامل التمدد الحراري . هذا يعني أن زيوت السيليكون هي أكثر صعوبة و بالتالي أكثر تكلفة للاستخدام كزيوت بديلة .

تجدر الملاحظة أنه لا يجب أن يتم مزج زيت المَحْوَلَة الأصلي مع الزيوت السيليكونية (و العكس بالعكس) ، تحت أي ظرف فالسائلان لا يتوافقان .

10.3 مواد الأسترات الصناعية

وهذه المُرَكَّبَات هي بدائل مؤسسة بشكل جيد و ذات خواص جيدة . فالسائل له ميزات تقنية واضحة بالمقارنة مع أنواع سوائل أخرى، وهي :

• ليس هناك حاجة لمُعَامِل تخفيض المعدل بعد التحويل.

• خواص كهربائية جيدة .

• مناسبة لتحديث المَحْوَلَات بحيث تصبح مصنفة أقل اشتعالاً .

أما سيئة زيوت الأسترات الصناعية فهي غلاء أسعارها .

لقد تم اقتراح بعض أنواع زيوت أخرى مثل الهيدروكربونات الكلورية. و بالرغم من كونها ليست PCBs ، لكن مثل هذه الزيوت تحتوي على الكلور و بالتالي أضحى استخدامها أقل فأقل . هناك أيضاً زيوت طبيعية تصنع من مصادر الكتلة الحيوية.

بعض الخواص الأساسية لهذه الأنواع من الزيوت البديلة معروضة في الجدول 1 . و الجدول 2 يبين مواصفات الزيوت البديلة الموضوعه من قبل هيئات التقييس الثلاث . (سيلاحظ بعض الاختلافات الطفيفة بينهم) .

كما يمكن أن نجد في المرفق (ب) نخبة من صفحات المعطيات عن الزيوت البديلة لزيوت PCB و المتوفرة في الأسواق . و بالطبع هذه المجموعة المختارة من صفحات المعطيات ليست شاملة و كاملة ، ويمكن أن يتواجد منتجات أخرى متوفرة في الأسواق . لكن على أية حال تبين هذه الصفحات أن خواص الزيوت البديلة يمكن أن تتغير بشكل كبير، وبالتالي فالاختيار يجب أن يتم تبعاً لخصائص تشغيل المَحْوَلَة التي سوف يعاد تعبئتها بالزيت البديل .

الجدول (1) : الخواص الأساسية للزيوت البديلة

الأستر الطبيعي	الأستر	الهيدروكربونات	الزيت	الزيت المعدني	
56	43	52	40	45	جهد انهيار العزل الكهربائي (Kv)
33 8	29 5.6	113 12	39 17	9.2 2.3	اللزوجة (cSt) عند الدرجة 40 مئوية عند الدرجة 100 مئوية
324	270	276	300	147	نقطة الوميض (درجة مئوية)
360	306	312	343	165	نقطة الحريق (درجة مئوية)
0.50	0.45	0.45	0.36	0.39	الحرارة النوعية
- 21	- 50	- 21	- 55	- 50	نقطة الانصباب (درجة مئوية)
0.92	0.97	0.87	0.96	0.87	الكثافة النوعية
250	24	6	0	6	الطلب على الأوكسجين الكيميائي COD (ppm)

الجدول (2): المواصفات الواجب توفرها في الزيت البديل وفقاً لهيئات التقييس الثلاثة *

BS 148/84	ASTM D 3487	IEC 296 (Class II)	الخصائص
< 0.895	0.91	< 0.895	الكثافة عند الدرجة 20 مئوية
< 11.0	< 12.0	< 11.0	اللزوجة عند الدرجة 40 مئوية mm ² /s
< 1800		< 1800	اللزوجة عند الدرجة - 30 مئوية mm ² /s
< - 45	< - 40	< - 45	نقطة الانصباب (درجة مئوية)
> 130		> 130	نقطة الوميض PM (درجة مئوية)
	> 145		نقطة الوميض COC (درجة مئوية)

			قيمة التعديل mg KOH/g
< 0.03	< 0.03	< 0.03	
غير قابلة للكشف	0.08	غير قابلة للكشف	محتوى مضادات الأكسدة للزيوت غير المثبطة %
< 0.003 % للشحنات < 0.004 % للبراميل	< 0.0035 %	< 0.003 % للشحنات < 0.004 % للبراميل	محتوى الماء %
-	> 40	> 40	التوتر السطحي nM/m
> 30	-	> 30	جهد الانهيار عند الاستلام kV
-	> 70	> 50	جهد الانهيار بعد المعالجة kV
0.005	0.003 (at 100°C)	0.005	مُعامل تشتت العزل عند الدرجة 90 مئوية
ليس هناك متطلبات قابلة للمقارنة			ثباتية الأكسدة

* المُقارَنَاتُ هي بين المعايير الدولية أو الوطنية التالية :

الهيئة الدولية للتقنيات الكهربائية (International Electrotechnical Commission) : IEC
الجمعية الأمريكية لاختبار المواد (American Society for Testing Materials) : ASTM
المعايير البريطانية (British Standard) : BS

11 التخلص من و/أو استبدال المُحوّلات الحاوية على زيوت PCB

بالرغم من أنها ليست ضمن مجال هذه المطبوعة ، لكن يمكن وضع بعض الملاحظات حول التخلص من و استبدال المُحوّلات الحاوية على PCB . تفصيلات أكثر عن التقنيات المتاحة للتخلص من المُحوّلات يمكن أن نجدها في مطبوعة برنامج الأمم المتحدة للبيئة UNEP المذكورة أعلاه : Survey of Currently Available Non-Incineration PCB Destruction Technologies .

كما يجب التذكّر بأن جميع عمليات نقل النفايات الخطرة التي تحتوي على ثنائيات الفينيل مُتعدّدة الكلورة PCBs هي مشمولة باتفاقية بازل و التي يجب الرجوع إليها لمزيد من التوجيهات عن شحن مثل هذه النفايات .

11.1 التخلص من المُحوّلات

إذا وجد أن المُحوّلة تحتوي على PCB فيجب أن تصنف على أنها محولة-PCB و إذا تم رفض إعادة تعبئتها كخيار ممكن للتعامل معها ، فيجب مواجهة المشكلة لكيفية التخلص من هذه التجهيزات .

المشكلة الرئيسية المتعلقة بالتخلص من المُحوّلات هو معرفة ما هي التقنيات المتاحة لهذا الغرض . على سبيل المثال في أوروبا و الولايات المتحدة ، فالمشكلة هي نسبياً سهلة بما أنه هناك خيارات بين عدة طرائق . ففي هذه البلدان يستخدم على الأغلب الترميد ، بالرغم من أن هذه الطريقة تتحد مع نوع من المعالجات الأولية التي تسمح باسترجاع بعض أو مُعظم المكونات المعدنية . يستخدم الترميد بشكل واسع لكنه أكثر كلفة من غيرها من التقنيات الأقل تعقيداً . و من بين هذه التقنيات يمكن ذكر التفكيك الكامل للمُحوّلة ، و فصل المعادن المشابهة لبعضها ، و تنظيف هذه المعادن ، و إعادة تدويرها بالشكل الملائم .

و الزيت الملوّث سوف يتم إما ترميده ، أو معالجته بالمذيبات لاستخلاص PCB منه . و سوف ترسل هذه الخلاصة المركزة من PCB إلى شركة كيميائية لتحويلها إلى حمض كلور الماء . إن إزالة التلوث من زيوت المُحوّلات بالطرائق الكيميائية تُستخدَم بشكل قليل في البلدان المتطورة و ذلك بسبب سيطرة طريقة الحرق بالترميد . و من السهل نقل الزيوت في براميل و ترميدها بالحرق فهو أسهل و بالتالي أقل كلفة من نقل و حرق التجهيزات مثل المُحوّلات و المُكثّفات .

أما بالنسبة للبلدان الأخرى و التي ليس بمتناولها الحصول بسهولة على الترميد ، فيمكن تطبيق أحد التقنيات الموصوفة في مطبوعات برنامج الأمم المتحدة للبيئة المذكورة أعلاه .

11.2 استبدال المُحوّلات

يمكن ملاحظة أن المُحوّلات الجديدة الآن إما تتوافق مع التصميم التقليدية و مازالت تستخدم سوائل عزل لا تحتوي على PCB ، أو أنها كليا ذات تصميم جديد .

ففي الحالة الأولى ، و كما هو الوضع مع إعادة التعبئة ، فمازالت المُحوّلة مصممة لاستخدام سوائل ذات خواص عزل ملائمة و التي تلعب دور سائل التبريد الذي يدور خلال شفرات التبريد . و كأمتلة عن زيوت العزل البديلة هذه هي مشروحة في الفصل 10 أعلاه .

أما في الحالة الثانية ، فالتقنيات الجديدة تعني أن المُحوّلات يمكن أن تكون مختلفة تماماً ، من الداخل ، بالمقارنة مع المُحوّلات التقليدية . مثل هذه المُحوّلات تكون عادة جافة ، أي أنها لا تحتوي على سوائل عزل :

(أ) المُحوّلات الراتنج المسبوك (*Cast resin transformers*) و التي يحتوي قلبها على راتنج متصلب حول الأسلاك الكهربائية. فالمشكلة الرئيسية هنا هي منع التغيرات في درجة الحرارة التي تحدث إجهادات تؤدي إلى تصدعات أو تشققات و

ب) المَحَوَلاتُ المَعْبَأَةُ بِالغاز (Gas filled transformers) و التي تم تطويرها بحيث تحتوي على غاز مثل سداسي فلور الكبريت الموجود تحت الضغط و الذي يقوم بدور سائل العزل و التبريد . إنه خارج نطاق هذه المطبوعة أن يتم عرض معلومات تفصيلية عن المَحَوَلاتُ البديلة . مثل هذه المعلومات يمكن الحصول عليها من مزودين معروفين جيداً لأمثل هذه التجهيزات في كل منطقة أو بلد .

12 مصادر إضافية للمعلومات

إن الهدف من هذه المطبوعة هو تقديم نظرة عامة عن المشاكل المتعلقة بإدارة التجهيزات الكهربائية التي تحتوي على ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدَة الكلورة (PCB). يتوفر معلومات أكثر تفصيلاً عن الأوجه المختلفة لإدارة مثل هذه التجهيزات في مصادر أخرى و على الأخص في مواقع على شبكة الإنترنت . و أمثلة عن هذه المصادر مبينة أدناه ، وهي تشكل كلاً من الجمعيات المهنية للتجهيزات الكهربائية و مزودين منفردين و شركات الخدمات . و هذه القائمة ليست شاملة و لا تشير إلى أي تفضيل للشركات أو المنظمات المذكورة .

12.1 صيانة عامة

يمكن أن يتواجد معلومات عن صيانة المُحَوَّلَات في مواقع عديدة على شبكة الإنترنت ؛ و فيما يلي أمثلة عنها :

- <http://www.atd.siemens.de>
- <http://www.electricityforum.com>
- <http://www.swgr.com>
- <http://www.members.aol.com>
- <http://www.winder.uk>
- <http://www.sunohio.com>
- <http://www.abb.com>
- <http://cix.co.uk>

12.2 إعادة التعبئة (RETROFILLING)

و هي مشمولة في بعض المواقع المذكورة أعلاه ، إضافة إلى المواقع التالية :

- <http://www.er.doe.gov>
- <http://www.cgli.com>
- <http://dynex.com>
- <http://cogentregs.com>

- <http://www.nttworldwide.com>
- <http://www.mcdean.com>

12.3 الكتب و المطبوعات

العديد من الكتب تتناول هذا الموضوع . و فيما يلي بعض منها :

- Electrical power transformers and power equipment, Fairmount Press
(www.pearsonptg.com)
- Transformers and motors, G Schultz
- Transformer oil handbook, from Nynas (see fiches)

إن الموقع التالي : <http://www.usbr.gov/power/dat> يحتوي على فصول من كتاب عن المَحَوَّلَاتُ بما في ذلك صيانتها.

كما يمكن أن نجد لوائح عن الكتب المتعلقة بهذا الموضوع في الموقع التالي : <http://www.processassociates.com>

12.4 معلومات عامة عن مُرَكَّبَاتُ PCB و التشريعات

- <http://www.defra.gov.uk>
نظرة عامة عن التشريعات في المملكة المتحدة و الوثائق المتوفرة .
- <http://www.epa.gov>
التشريعات في الولايات المتحدة فيما يتعلق بإعادة تصنيف المَحَوَّلَاتُ الحاوية على PCB
- <http://dla.mil>
نظرة عامة عن التنظيمات المتعلقة بقانون التحكم بالمواد السامة (TSCA) في الولايات المتحدة و المطبقة على ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّة الكلورة
- <http://www.rcett-lac.org.uy>
توجيهات عن مُرَكَّبَاتُ ثنائيات الفينيل مُتَعَدِّة الكلورة و النفايات المماثلة
- <http://www.ec.gc.ca>
التشريعات الكندية ذات الصلة

كما أن موقع شبكة الإنترنت لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة-الكيميائيات و موقع اتفاقية بازل يحتويان على معلومات تفصيلية عن جميع الأوجه المتعلقة بمركبات ثنائيات الفينيل مُعدّدة الكلورة PCBs :

<http://www.chem.unep.ch>

أيضاً أصدر برنامج الأمم المتحدة للبيئة-الكيميائيات قرص مدمج (CD-ROM) يشمل جميع نشاطاته و الذي يمكن الحصول عليه بإرسال رسالة عبر البريد الإلكتروني : chemicals@unep.ch

<http://www.basel.int>

إن القسم الفرعي "المنشورات - publications" يُسمَح بالوصول إلى معلومات عن جميع أوجه إدارة و نقل و التخلص من النفايات الخطرة .

المرفق (أ)

خلاصة من اتفاقية استوكهولم فيما يتعلق بثنائيات الفينيل مُتَعَدِّدَة الكلور (PCBS)

راجع أيضاً ، على سبيل المثال المواد 3 و 5 و 6 و المرفق (ج) من الاتفاقية . النص الكامل و أية معلومات إضافية عن الاتفاقية متواجدة في الموقع على شبكة الإنترنت : www.pops.int

اتفاقية استوكهولم المرفق (أ)

الجزء الثاني

مُرَكَّبَاتُ ثَنَائِيَاتِ الْفِينِيلِ مُتَعَدِّدِ الْكَلُورِ Polychlorinated biphenyls

يقوم كل طرف :

(أ) فيما يتعلق بالقضاء على استخدام المُرَكَّبَاتِ ثَنَائِيَةِ الْفِينِيلِ مُتَعَدِّدِ الْكَلُورِ الموجودة في المُعَدَّاتِ (مثل المُحَوَّلَاتِ ، و المُكثِّفَاتِ ، و الأوعية الأخرى المحتوية على كميات من المواد السائلة) و بحلول العام 2005 ، رهناً باستعراض ذلك من قبل مؤتمر الأطراف ، باتخاذ إجراءات وفقاً للأولويات التالية :

" 1 " بذل الجهود المتسمة بالعزم لتحديد و رسم و وقف استخدام المُعَدَّاتِ المحتوية على نسبة تزيد على 10 في المائة من المُرَكَّبَاتِ ثَنَائِيَةِ الْفِينِيلِ مُتَعَدِّدِ الْكَلُورِ و بأحجام تزيد عن 5 لترات ؛

" 2 " بذل الجهود التي تتسم بالعزم على تحديد و رسم و وقف استخدام المُعَدَّاتِ المحتوية على مُرَكَّبَاتِ ثَنَائِيَةِ الْفِينِيلِ مُتَعَدِّدِ الْكَلُورِ بتركيز يزيد على 0.05 في المائة و بأحجام تزيد عن 5 لترات ؛

" 3 " السعي إلى تحديد و وقف استخدام المُعَدَّاتِ المحتوية على مُرَكَّبَاتِ ثَنَائِيَةِ الْفِينِيلِ مُتَعَدِّدِ الْكَلُورِ بتركيز يزيد على 0.005 في المائة و بأحجام تزيد عن 0.05 لترات ؛

(ب) النهوض ، بما يتماشى مع الأولويات الواردة في الفقرة (أ) ، بالتدابير التالية للتقليل من حالات التعرض و الأخطار الناجمة عن استخدام مُرَكَّبَاتِ ثَنَائِيَةِ الْفِينِيلِ مُتَعَدِّدِ الْكَلُورِ و التحكم فيه :

" 1 " عدم الاستخدام إلا في مُعَدَّاتٍ سليمة مُحَكَّمَة الإغلاق و إلا في مناطق يمكن فيها خفض خطر إطلاقها إلى البيئة إلى الحد الأدنى و معالجة سريعاً ؛

" 2 " عدم الاستخدام في مناطق مرتبطة بإنتاج أو تجهيز الأغذية أو الأعلاف ؛

" 3 " القيام عند الاستخدام في مناطق أهلة بالسكان و فيها مدارس و مستشفيات ، باتخاذ كل التدابير المعقولة للحماية من حدوث خلل كهربائي يمكن أن يؤدي إلى اندلاع حريق ، و بفحص هذه المُعَدَّاتِ بصورة منتظمة للكشف عن احتمالات التَّسَرُّبِ .

(ج) برغم أحكام الفقرة 2 من المادة 3 ، كفالة عدم تصدير أو استيراد المُعدّات المحتوية على ثنائية الفينيل مُتعدّد الكلور، وفق المشروع في الفقرة الفرعية (أ) ، إلا لغرض الإدارة السليمة بيئياً للنفايات ،

(د) باستثناء مايلزم لعمليات الصيانة و التصليح ، يجب عدم السماح باستعادة سوائل يزيد محتواها في المُركّبات ثنائية الفينيل مُتعدّد الكلور على 0.005 في المائة لغرض إعادة الاستخدام في مُعدّات أخرى ؛

(هـ) بذل جهود متسمة بالتصميم من شأنها أن تؤدي إلى الإدارة السليمة بيئياً للسوائل المحتوية على مُركّبات ثنائية الفينيل مُتعدّد الكلور و المُعدّات الملوّثة بها و المحتوية على المُركّبات ثنائية الفينيل مُتعدّد الكلور بمحتوى يزيد على 0.005 في المائة، وفقاً للفقرة 1 من المادة 6 ، و ذلك في أقرب وقت ممكن على ألا يتجاوز ذلك عام 2028 ، رهناً باستعراض مؤتمر الأطراف ؛

(و) بدلاً من الملاحظة 2 في الجزء الأول من هذا المرفق / السعي إلى تحديد مواد أخرى تحتوي على أكثر من 0.005 في المائة من مُركّبات ثنائية الفينيل مُتعدّد الكلور (مثل أغلفة الكوابل ، مُركّبات السد و الإغلاق المحكم و الدهانات) و إدارتها ، وفقاً للفقرة 1 من المادة 6 ؛

(ز) تقديم تقرير عن التقدم المُحرز في إزالة مُركّبات ثنائيات الفينيل مُتعدّد الكلور كل خمس سنوات ، عملاً بالمادة

؛ 15

(ح) ينظر مؤتمر الأطراف ، حسب الاقتضاء ، في التقارير المذكورة في الفقرة الفرعية (ز) في استعراضاته المتصلة بالمُركّبات ثنائية الفينيل مُتعدّد الكلور. و يستعرض مؤتمر الأطراف التقدم المحرز في إزالة المُركّبات ثنائية الفينيل مُتعدّد الكلور على فترات خمس سنوات أو ، حسب الاقتضاء ، و اضعاً في الاعتبار تلك التقارير .

المرفق (ب)

أمثلة عن الزيوت البديلة لثنائيات الفينيل مُعدّدة الكلورة PCBS

إن سجلات الجداول التالية قد تم تحضيرها من معلومات تم الحصول عليها من صانعين متنوعين لزيوت المُحولات . و هذه اللائحة ليست شاملة ، لكنها تبين خصائص الزيوت المتنوعة (الخالية من PCB) الموجودة في الأسواق . و تبين هذه المعطيات أن خواص الزيت يمكن أن تختلف بشكل كبير، وهذا لاختيار الزيت المناسب من أجل عملية إعادة التعبئة تبعاً لتصميم المُحولات و خصائص تشغيلها ، كما تم شرح ذلك سابقاً .

بالرغم من أنه تم بذل كل الجهود اللازمة للحصول على المعلومات التي تعبر عن الزيوت البديلة لثنائيات الفينيل مُعدّدة الكلورة PCB ، لكن برنامج الأمم المتحدة للبيئة-الكيميائيات لا يمكن اعتباره مسؤولاً عن أية أخطاء أو إغفال للمعطيات المعروضة هنا . كما أن البرنامج لا يصادق و لا يشهد لأي مُنتج أو عملية مذكورة في هذه الوثيقة . إن برنامج الأمم المتحدة للبيئة-الكيميائيات يرغب في تحديث هذه المعلومات في الطبعات المستقبلية لهذه المنشورة و بالتالي يدعوا الشركات لتزويده بالمعلومات الإضافية المفيدة عن هذا الموضوع .

ABB Power T & D Co. Inc		أسم الشركة
Raleigh North Carolina 27502 United States		العنوان
BIOTEMP®		أسم المُنْتَج
نباتي أساسه زيت الأوليك		الطائفة الكيميائية
خواص عامة		
BIOTEMP®	طريقة القياس جميعها وفقاً لـ ASTM	
سائل		الحالة الفيزيائية
0.5	D1500	اللون
0.91		الكثافة النوعية عند الدرجة 15 مئوية
300	D92	نقطة الوميض (درجة مئوية)
320	D92	نقطة الحريق (درجة مئوية)
-15 to -25	D97	نقطة الانصباب (درجة مئوية)
300 45 10	D445 D445 D445	اللزوجة عند درجات الحرارة 0 مئوية 40 مئوية 100 مئوية
97%		قابلية التفكك الحيوي

الخواص الكهربائية		
45 74	D877 D1816	جهد انهيار العزل الكهربائي كيلوفولط عند 60 هرتز أ) الكترود قرصي ب) الكترود VDE
		مُعامل التشتت (نقطة القوة) عند 60 هرتز ، %
0.025	D924	25°C
1.0	D924	100°C
الخواص الكيميائية		
غير مخرش	D1275	الكبريت المخرش
0.06	D794	قيمة التعديل mg KOH/g
1µlitre/min	D2300b	الميل للتغوية

<i>Agip Petroli</i>			أسم الشركة
<i>via Laurentina, 449 00144 Roma Italy</i>			العنوان
<i>Agip ITE 320 and 360</i>			أسم المُنتَج
زيت معدني			الطائفة الكيميائية
خواص عامة			
<i>AGIP ITE 360-360L</i>	<i>AGIP ITE 320-320L</i>	طريقة القياس وفقاً لـ <i>IEC</i>	
سائل	سائل		الحالة الفيزيائية
78	66		نقطة الأنيلين (درجة مئوية)
0.890	0.880	<i>ASTM D 1298</i>	الكثافة عند الدرجة 20 مئوية ، كغ/لتر
152	145	<i>ASTM D 92</i>	نقطة الوميض (درجة مئوية)
180	170	<i>ASTM D 92</i>	نقطة الحريق (درجة مئوية)
- 33	- 48	<i>ASTM D 97</i>	نقطة الانصباب (درجة مئوية)
			اللزوجة الحركية mm^2/s عند الدرجة :
	1220	<i>ASTM D 445</i>	- 30 مئوية
254		<i>ASTM D 445</i>	- 15 مئوية
14.03	9.3	<i>ASTM D 445</i>	40 مئوية
3.32	2.67	<i>ASTM D 445</i>	100 مئوية
47.3	45.5	<i>ASTM D 971</i>	التوتر السطحي، <i>dynes-cm</i>
	6 % بعد 28 يوماً	<i>OECD 301 B</i>	قابلية التفكك الحيوي

الخواص الكهربائية			
60	60	IEC 156	جهد انهيار العزل الكهربائي كيلوفولط عند 50 هرتز
0.001	0.001	IEC 247	مُعامل التشتت (نقطة القوة) عند الدرجة 90 مئوية و 50 هرتز ، (بعد المعالجة بطريقة IEC 296) %
الخواص الكيميائية			
	غير مخرش	ASTM D 1275	الكبريت المخرش
		IEC 296	التعديل (رقم الحمض) mg KOH/g
0.1	0.1	IEC 74	ثباتية الأكسدة
0.02	0.02		الحمأة % وزناً
12.4	12.4		زمن التحريض ، ساعة
لا يوجد	لا يوجد		مُثبط الأكسدة
30	30		المحتوى الأعظمي من الماء (جزء في المليون ppm)

Dow Corning		أسم الشركة
Midland Michigan United States		العنوان
561® Transformer Fluid		أسم المُنتَج
بوليمير مُعَدِّدُ ثنائي إيثيل السيلوكسين polydimethyl-siloxane polymer		الطائفة الكيميائية
خواص عامة		
561® Transformer Fluid	طريقة القياس	
0.957 - 0.964	ASTM 1298	الكثافة عند الدرجة 25 مئوية
268	ASTM D 92	نقطة الوميض (درجة مئوية)
371	ASTM D 92	نقطة الحريق (درجة مئوية)
- 50	ASTM D 97	نقطة الانصباب (درجة مئوية)
81-92 47.5 35-39 15-17	ASTM D 445;D2161	اللزوجة عند الدرجة : 0 مئوية 25 مئوية 40 مئوية 100 مئوية
20.8	ASTM D 971	التوتر السطحي، dynes-cm
50 كحد أعظمي	ASTM D 1533	محتوى الرطوبة (ppm)
0.360	ASTM D 2766	الحرارة النوعية عند الدرجة 25 مئوية cal/g/°C
0.00104	ASTM D 1903	مُعَامِل التمدد cc/cc/°C

0.00036	ASTM D 2717	الناقلية الحرارية $cal/(sec.cm^2. °C)/cm$
الخواص الكهربائية		
35	ASTM 877	قوة العزل $25°C kV at 60 Hz$
0.0001 0.0015	ASTM D 924	مُعامل التثنت عند الدرجة: 25 مئوية 100 مئوية
2.7	ASTM D 924	ثابت العزل الكهربائي عند الدرجة 25 مئوية
1×10^{14}	ASTM D 1169	المقاومة الحجمية $\Omega-cm$ عند الدرجة 25 مئوية
الهيدروجين ، الماء ، أول اوكسيد الكربون CO ، ثاني أوكسيد الكربون CO_2 ، الهيدروكربونات CH_n ، أوكسيد السيليكا SiO_2 ، الكربون العنصري C		النواتج الأساسية عند الاحتراق : إضافة للبقايا الصلبة

<i>Ergon Inc.</i>		أسم الشركة
<i>Vicksburg Massachusetts 39181 United States</i>		العنوان
<i>HYVOLT II</i>		أسم المنتج
مقطرات النفط الخفيفة المعالجة بالهدرجة <i>Hydrotreated light naphthenic distillate</i>		الطائفة الكيميائية
خواص عامة		
<i>HYVOLT II</i>	طريقة القياس جميعها وفقاً لـ <i>ASTM</i>	
شفاف و ناصع		المظهر
<i>0.5 max</i>	<i>D 1500</i>	اللون
<i>0.889</i>	<i>D 4052</i>	الكثافة النوعية عند الدرجة 25 مئوية
<i>149</i>	<i>D 92</i>	نقطة الوميض (درجة مئوية)
<i>70.4</i>	<i>D 611</i>	نقطة الأنيلين (درجة مئوية)
<i>- 55</i>	<i>D 97</i>	نقطة الانصباب (درجة مئوية)
<i>9.8</i> <i>2.4</i>	<i>D 445</i> <i>D 445</i>	اللزوجة ، <i>cSt</i> ، عند الدرجة 40 مئوية عند الدرجة 100 مئوية

الخواص الكهربائية		
40	D 877	جهد انهيار العزل الكهربائي كيلوفولط عند 60 هرتز
0.005 0.084	D 924 D 924	مُعامل القوة % ، عند الدرجة : 25 مئوية 100 مئوية
الخواص الكيميائية		
غير مخرش	D 1275	الكبريت المخرش
51	D 971	التوتر السطحي ، dynes-cm عند الدرجة 25 مئوية
< 0.01	D 974	رقم التعديل mg KOH/g
14	D 1533	محتوى الماء (ppm) بطريقة Karl Fisher
0.1 حد أعلى 0.3 حد أعلى	D 2440	ثباتية الأكسدة بعد 72 ساعة ، % رواسب من الكتلة رقم الحمض KOH mg/g
0.2 حد أعلى 0.4 حد أعلى		بعد 164 ساعة ، % رواسب من الكتلة رقم الحمض KOH mg/g

<i>Lubricants USA Fina</i>		أسم الشركة
<i>Plano Texas 75075 United States</i>		العنوان
<i>DIEKAN 410 (other grades available)</i>		أسم المُنْتَج
زيت معدني نفتيني مثبط <i>Inhibited naphthenic mineral oil</i>		الطائفة الكيميائية
خواص عامة		
<i>DIEKAN 410</i>	طريقة القياس جميعها وفقاً لـ <i>ASTM</i>	
سائل		الحالة الفيزيائية
<i>0.5</i>	<i>D 1500</i>	اللون
<i>0.8959</i>	<i>D 1298</i>	الكثافة النوعية
<i>300</i>	<i>D 92</i>	نقطة الوميض (درجة مئوية)
<i>149</i>	<i>D 92</i>	نقطة الحريق (درجة مئوية)
<i>- 62</i>	<i>D 97</i>	نقطة الانصباب (درجة مئوية)
<i>10.9</i> <i>2.54</i>	<i>D 445</i> <i>D 445</i>	اللزوجة، <i>cSt</i> عند الدرجة 40 مئوية عند الدرجة 100 مئوية

الخواص الكهربائية		
40	D 877	قوة العزل kV
38	D 877	جهد انهيار العزل الكهربائي كيلوفولط عند 60 هرتز إلكتروود قرصي
0.002 0.070	D 924 D 924	مُعامل القوة % ، عند الدرجة : 25 مئوية 100 مئوية
الخواص الكيميائية		
غير مخرش	D 1275	الكبريت المخرش
0.014	D 794	رقم التعديل mg KOH/g
15 30	D 2300	الميل للتغيز $\mu\text{l}/\text{min}$ الإجراء A الإجراء B
0.1 0.1	D 2240	ثباتية الأكسدة بعد 72 ساعة ، % راسب من الكتلة رقم الحمض r mg/g KOH
21	D 1533	محتوى الماء (ppm)
74	D 611	نقطة الأنيلين (درجة مئوية)

<i>M & I Materials</i>		أسم الشركة
<i>PO Box 136 Manchester M60 1AN Great Britain</i>		العنوان
<i>MIDEL® 7131</i>		أسم المُنتَج
أستر الحمض الدسم خماسي أيريتريتول <i>pentaerythritol fatty acid ester</i>		الطائفة الكيميائية
خواص عامة		
<i>MIDEL® 7131</i>	المتطلبات وفق <i>IEC 1099</i>	
125	< 200	اللون (<i>hu units</i>)
0.97	< 1	الكثافة عند الدرجة 20 مئوية ، <i>kg/l</i>
275	> 250	نقطة الوميض (درجة مئوية)
322	> 300	نقطة الحريق (درجة مئوية)
- 48	< - 45	نقطة الانصباب (درجة مئوية)
30 1700	< 35 < 3000	اللزوجة الحركية <i>mm²/s</i> عند الدرجة : 40 مئوية - 20 مئوية
83% بعد 28 يوماً	طريقة <i>EEC 79/831</i>	قابلية التفكك الحيوي

الخواص الكهربائية		
80	> 45	جهد انهيار العزل الكهربائي ، كيلوفولط
0.004	< 0.03	مُعامل تشتت العزل الكهربائي عند 50 هرتز و 90 درجة مئوية
9	> 2	المقاومة الحجمية ($G \Omega \cdot m$) عند الدرجة 90 مئوية
الخواص الكيميائية		
0.02	< 0.03	قيمة التعديل $mg KOH/g$
0 0.01	< 0.01 < 0.3	ثباتية الأكسدة % رواسب من الكتلة رقم الحمض $KOH mg/g r$
12.4		زمن التحريض ، ساعة
50	< 200	محتوى الماء (ppm ، mg/kg)

<i>Nippon Petrochemicals Co., Ltd</i>		أسم الشركة
1-3-1 Uchisaiwai-cho Chiyoda-ku, Tokyo 100-8530 Japan		العنوان
PXE (Phenyl xylyl ethane) (يتوفر أنواع أخرى)		أسم المنتج
زيت هيدروكربوني صناعي synthetic hydrocarbon oil		الطائفة الكيميائية
خواص عامة		
PXE	طريقة القياس	
+30	JIS K 2580	اللون (hu units)
15	JIS K 2256	نقطة الأنيلين (درجة مئوية)
0.988	JIS C 2101	الكثافة عند الدرجة 15 مئوية ، kg/l
152	JIS C 2101	نقطة الوميض (درجة مئوية)
170	JIS K 2265	نقطة الحريق (درجة مئوية)
- 47.5	JIS C 2101	نقطة الانصباب (درجة مئوية)
5.2 1.6	JIS K 2283 JIS K 2283	اللزوجة الحركية mm^2/s عند الدرجة : 40 مئوية 100 مئوية
قابلية جيدة للتفكك	طريقة MITI	قابلية التفكك الحيوي

الخواص الكهربائية		
70 min.	JIS C 2101	جهد انهيار العزل الكهربائي ، كيلوفولط عند 50 هرتز
0.002	JIS C 2101	مُعامل التشقق عند 60 هرتز و 80 درجة مئوية
2.51	JIS C 2101	ثابت العزل الكهربائي عند الدرجة 80 مئوية
1.5×10^{15}	JIS C 2101	المقاومة الحجمية $\Omega\text{-cm}$ عند الدرجة 80 مئوية
الخواص الكيميائية		
غير مخرش	JIS C 2101	الكبريت المخرش
0.00	JIS C 2101	التعديل (رقم الأسيد) mg KOH/g
لا يوجد		مثبطات الأكسدة
50 كحد أعلى		محتوى الماء (ppm)

<i>Nynas Naphthenics AB</i>				أسم الشركة
<i>PO Box 10701 121 29 Stockholm Sweden</i>				العنوان
<i>Nytro 10GBN, 10BN, 10GBX (يتوفر أنواع أخرى)</i>				أسم المُنتَج
زيت نفثيني <i>naphthenic oil</i>				الطائفة الكيميائية
خواص عامة				
<i>Nytro 10GBX (مثبط)</i>	<i>Nytro 10BN (غير مثبط)</i>	<i>Nytro 10GBN (غير مثبط)</i>	طريقة القياس	
0.886	0.882	0.886	ISO12185	الكثافة (g/dm^3) عند الدرجة 20 مئوية
148	144	148	ISO2719	نقطة الوميض (درجة مئوية)
				نقطة الحريق (درجة مئوية)
- 57	- 57	- 57	ISO3016	نقطة الانصباب (درجة مئوية)
1180 8.9	870 8.0	1180 8.9	ISO3104 ISO3104	اللزوجة الحركية cp عند الدرجة: 30 مئوية 40 مئوية
49	44	49	ISO6295	التوتر السطحي، dynes-cm

الخواص الكهربائية				
40-60 > 70	40-60 > 70	40-60 > 70	IEC 156 IEC 296	جهد انهيار العزل الكهربائي قبل المعالجة KV بعد المعالجة KV
< 0.001	< 0.001	< 0.001	IEC 247	مُعامل التشتت (نقطة القوة) عند الدرجة 90 مئوية
الخواص الكيميائية				
< 0.01	< 0.01	< 0.01	IEC 296	قيمة التعديل mg KOH/g
181	0.09 < 0.02 - -	0.15 0.02 0.26 0.08	IEC1125A IEC1125C IEC1125B	ثباتية الأكسدة أ) عند الدرجة 100 مئوية و 164 ساعة قيمة التعديل mg KOH/g نسبة الرواسب % وزناً ب) عند الدرجة 120 مئوية و 164 ساعة الحموضة الكلية mg KOH/g نسبة الرواسب % وزناً ج) عند الدرجة 120 ، زمن التحريض
idem	idem	غير مخرش	ISO 5662	الكبريت المخرش
< 20	< 20	< 20	IEC 814	محتوى الماء (ppm ، mg/kg)
14	10	14	IEC 590	محتوى العطريات (%)

Shell (many offices across the world)			أسم الشركة
<i>Diala D, M</i> (يتوفر أنواع أخرى) زيت نفثيني <i>naphthenic oil</i>			العنوان أسم المنتج الطائفة الكيميائية
خواص عامة			
<i>Diala M</i>	<i>Diala D</i>	طريقة القياس	
شفاف ، من دون جسيمات عالقة	شفاف ، من دون جسيمات عالقة	<i>DIN 57370</i>	المظهر ، النقاوة
889	877	<i>DIN 51757</i>	الكثافة عند الدرجة 15 مئوية <i>kg/m³</i>
141	138	<i>DIN EN 22719</i>	نقطة الوميض (درجة مئوية)
< - 45	< - 60	<i>ISO 3016</i>	نقطة الانصباب (درجة مئوية)
10.2 1700	9 780	<i>DIN 51562-1</i> <i>DIN 51562-1</i>	اللزوجة الحركية (<i>mm²/s</i>) عند الدرجة: 40 درجة مئوية - 30 درجة مئوية
الخواص الكهربائية			
> 50	> 60	<i>DIN EN 60156</i>	جهد انهيار العزل الكهربائي <i>Kv</i>
0.002	0.001	<i>DIN 57370</i>	مُعامل التشتت (نقطة القوة) عند الدرجة 90 مئوية

الخواص الكيميائية			
غير مخرش	غير مخرش	<i>DIN 51353</i>	الكبريت المخرش
< 0.03	< 0.03	<i>DIN 51558-2</i>	التعديل (رقم الأسيد) <i>mg KOH/g</i>
0.48	0.2		قرينة التصبين <i>Baader 140 h/110°C mg KOH/g</i>
0.20	0.05	<i>IEC 1125 A</i>	ثباتية الأكسدة رقم الأسيد بعد 164 ساعة <i>(mg KOH/g oil)</i>
0.04	0.04		نسبة الرواسب % وزناً
<i>free/617200</i>	<i>free/617200</i>		صنف السمية <i>OFSP T no.</i>

المرفق (ج): لائحة بالمصطلحات و الاختصارات

DDT	Dichlorodiphenyl trichlorethane	ثنائي كلورثنائي فينيل ثلاثي كلور الإيثان
HPLC	High performance liquid chromatography	الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء
LN	Liquid Natural Cooling	تبريد طبيعي سائل
LNA	Liquid Natural Air Cooling	تبريد هواء طبيعي سائل
ppm	parts per million	جزء في المليون
PCBs	Polychlorinated Biphenyls	ثنائيات الفينيل مُعدَّدة الكلورة
POPs	Persistent Organic Pollutants	المُلوثات العضوية الثابتة
PPE	Personal Protection Equipment	تجهيزات الحماية الفردية
RPE	Respiratory Protective Equipment	مُعَدَّات حماية الجهاز التنفسي
SN	Synthetic Natural Cooling	تبريد طبيعي صناعي
TCB	Trichlorobenzene	سداسي كلور البنزن
TDI	Tolerable Daily Intake	الإنتحاذ اليومي الممكن تحمله
TLV	Threshold Limit Values	قيم العتبات الحدية
TSCA	Toxic Substances Control Act (United States)	قانون التحكم بالمواد السامة
UNEP	United Nations Environment Programme	برنامج الأمم المتحدة للبيئة