

# ADT MINI



## ON-LINE SUŠENÍ TRANSFORMÁTORU

VHODNÉ PRO VELMI TĚŽKÉ PROVOZNÍ PODMÍNKY

RYCHLÁ OBNOVA DIELEKTRICKÉ PEVNOSTI OLEJE

PRODLOUŽENÍ ŽIVOTNOSTI TRANSFORMÁTORU

DÁLKOVÉ OVLÁDÁNÍ A MONITORING FUNKCE

**SNADNÁ KONTROLA FUNKCE POMOCÍ MOBILU**

**ON-LINE SLEDOVÁNÍ DIELECTRICKÉHO CHOVÁNÍ**

**SNADNÁ VERIFIKACE VÝSLEDKU**

**Overdrying Guard ( Ochrana před přesušením)**

**PLUG & PLAY INSTALACE**

**SNADNÉ PŘEMÍSTĚNÍ DÍKY UMÍSTĚNÍ NA DVOUKOLOVÉM VOZÍKU**

Copyright: Ing. ALTMANN 2020

C:\MANUAL\ADT MINI \ VERSION CZ 2020

### Sušení transformátorů

Fa. Ing. Altmann ARS Altmann Group, Machova 142, 344 01 Domazlice, Czech Republic, European Union

Tel:+420-379 738 778, Fax:+420-379 738 775, Cell phone:+420-602 362 157 email:altmann@iol.cz, [www.ars-altmann.com](http://www.ars-altmann.com);

Přítomnost vlhkosti v izolačním systému transformátoru vždy zhoršuje jeho dielektrické i mechanické vlastnosti a současně akceleruje poškození jeho pevných izolantů. Vhodné vysušení zvláště jeho pevných izolantů pak představuje velmi účinnou metodu jak většinu negativních procesů v transformátoru účinně omezit.

**Vysoušeč ADTmini** je zaměřen na mobilní a stacionární aplikace na transformátorech s obsahem vody v pevných izolantech nad 2 - 2.5% a současně velmi účinně řeší kontaminaci jejich olejových náplní pevnými částicemi.

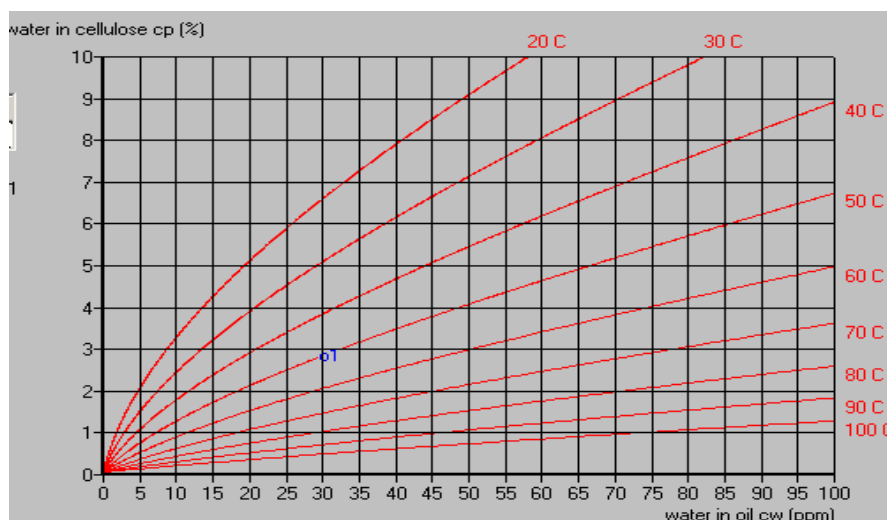
Součástí tohoto konceptu je rychlé a bezpečné obnovení **dielektrické pevnosti oleje, zvýšení životnosti celého izolačního systému, minimum údržby a snadné dálkové sledování a řízení.**

ADT je díky svým relativně malým rozměrům zvláště vhodný pro sušení transformátorů v těžko přístupných prostorech..

## Hlavní výhody

- ❑ **Snadná a bezpečná instalace:** pro vyloučení lidského selhání jsou všechny procedury kontrolovány počítačem
- ❑ **Při instalaci ADT není nutno transformátor vypnout ( Plug & Play design)**
- ❑ **Po instalaci není za normálních okolností nutné žádné odvědušňování:** všechna hydraulická připojení jsou před zahájením provozu vyvakuována a propláchnuta olejem.
- ❑ **Obsah vody a částic může být redukován na úroveň nového stroje.**
- ❑ **Rychlé obnovení dielektrické pevnosti oleje.**
- ❑ **Z oleje jsou odloučeny pouze nežádoucí příměsi**
- ❑ **Účinnost sušení je možno posoudit množstvím odloučené vody: součinu hmoty proteklého oleje a rozdílu přesně měřeného obsahu vody na vstupu a výstupu ADT**
- ❑ **Snadná kontrola funkce ADT pomocí SMS**
- ❑ **Dálkové řízení a ovládání: všechna relevantní data jsou uložena v řídicím počítači a mohou být lokálně i dálkově vyvolána včetně jejich zpracování do snadno pochopitelných diagramů.**
- ❑ **Matematický model umožňuje průběžný výpočet dielektrické pevnosti oleje Up (kV/2.5mm)**
- ❑ **Pomocí verifikačního diagramu je možné okamžitě verifikovat simulované hodnoty Up pomocí hodnot získaných laboratorii.**
- ❑ **Snadná a rychlá výměna absorpční kolony a filtrů bez nebezpečí úniku oleje do okolí**
- ❑ **DOG ( Dynamic Overdrying Guard) procedura zabraňující přesušení transformátoru**

## KOLIK VLHKOSTI JE “ PŘÍLIŠ VLHKOSTI” ?



Vlhkost vstupuje do izolačního systému transformátoru buď zvnějšku, nebo je generována v tomto systému především v rámci jeho oxidačního stárnutí.

Voda je pak deponována v jeho pevných izolantech na bázi celulozy ( přes 98- 99% vody v systému je obsaženo v pevných izolantech a pouze 1 - 2% v olejové náplni stroje).

Na následujícím obrázku je ukázána rovnovážná

relace mezi obsahem vody v oleji  $Q_w$  (ppm) a obsahem vody v celulozových izolantech  $Q_p$  (váhová %) na různých teplotních hladinách..

Příklad : **10MVA transformátor, 700 kg celulózy, 6000 kg oleje**

Teplota při odběru oleje 50C,  $Q_w = 30$  ppm →  $Q_p = 2.9\%$  **váhových procent v celuloze**

Fa. Ing. Altmann ARS Altmann Group, Machova 142, 344 01 Domazlice, Czech Republic, European Union  
Tel:+420-379 738 778, Fax:+420-379 738 775, Cell phone:+420-602 362 157 email:altmann@iol.cz, [www.ars-altmann.com](http://www.ars-altmann.com);

Celkové množství vody v celuloze :  $700 \times 0.029 = 20.3 \text{ kg}$

Celkové množství vody v oleji :  $6000 \times 0.000030 = 0.18 \text{ kg}$

Pokud budeme požadovat snížení obsahu vody v celuloze z 2.9 na 2% ( obecně akceptovatelná hodnota navlhnutí) pak musíme z transformátoru odstranit  $700 \times (0.029 - 0.02) = 6.3 \text{ kg}$  vody.

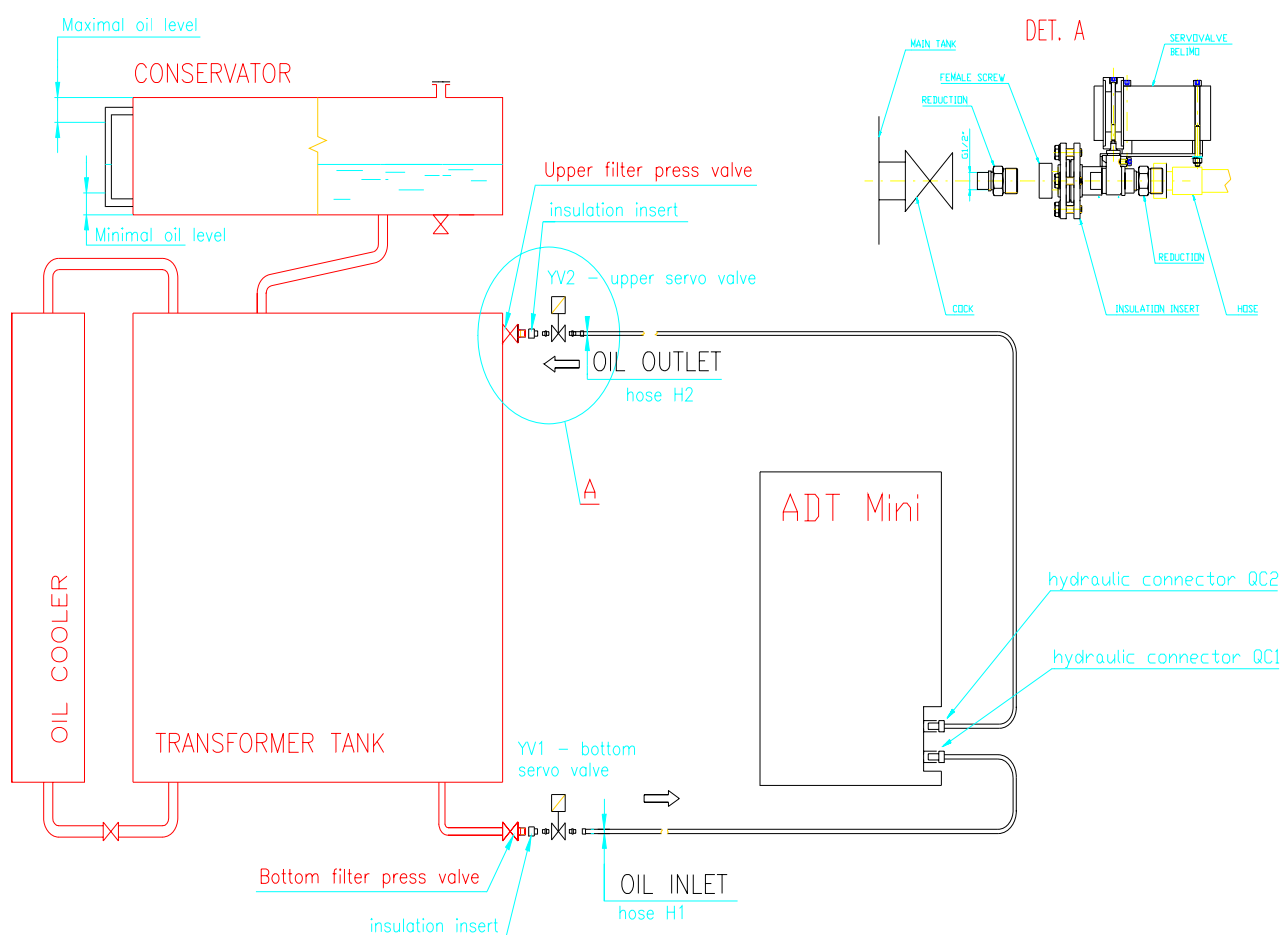
Celkový vliv vody na stav transformátor můžeme zjednodušeně shrnout v následující tabulce.

Qp (váhová % v "papíru")	Stav transformátoru
0.5	nový nebo extrémně vysušený
2.0	přijatelný stav
3.3	počínající rozpad celulozy
4.5	průraz možný na 90C
7.0	průraz možný na 50C
8.0	"Bůh ví"

Pokud chceme zabránit zvýšenému stárnutí pevných izolantů musíme obsah vody v nich obsažených **trvale** snížit pod průměrnou hodnotu cca 2%. Pokud měřením a příslušnou evaluací zjistíme, že obsah vody v pevných izolantech výrazně přesáhl 2%, hranici je třeba transformátor vysušit.

Detailnější informace týkající on-line měření obsahu vody v oleji a snadného vyhodnocení obsahu vody v pevných izolantech je možno nalézt na [www.ars-altmann.com](http://www.ars-altmann.com) Product Range /SIMMS / TRACONAL nebo pod News.

## INSTALACE



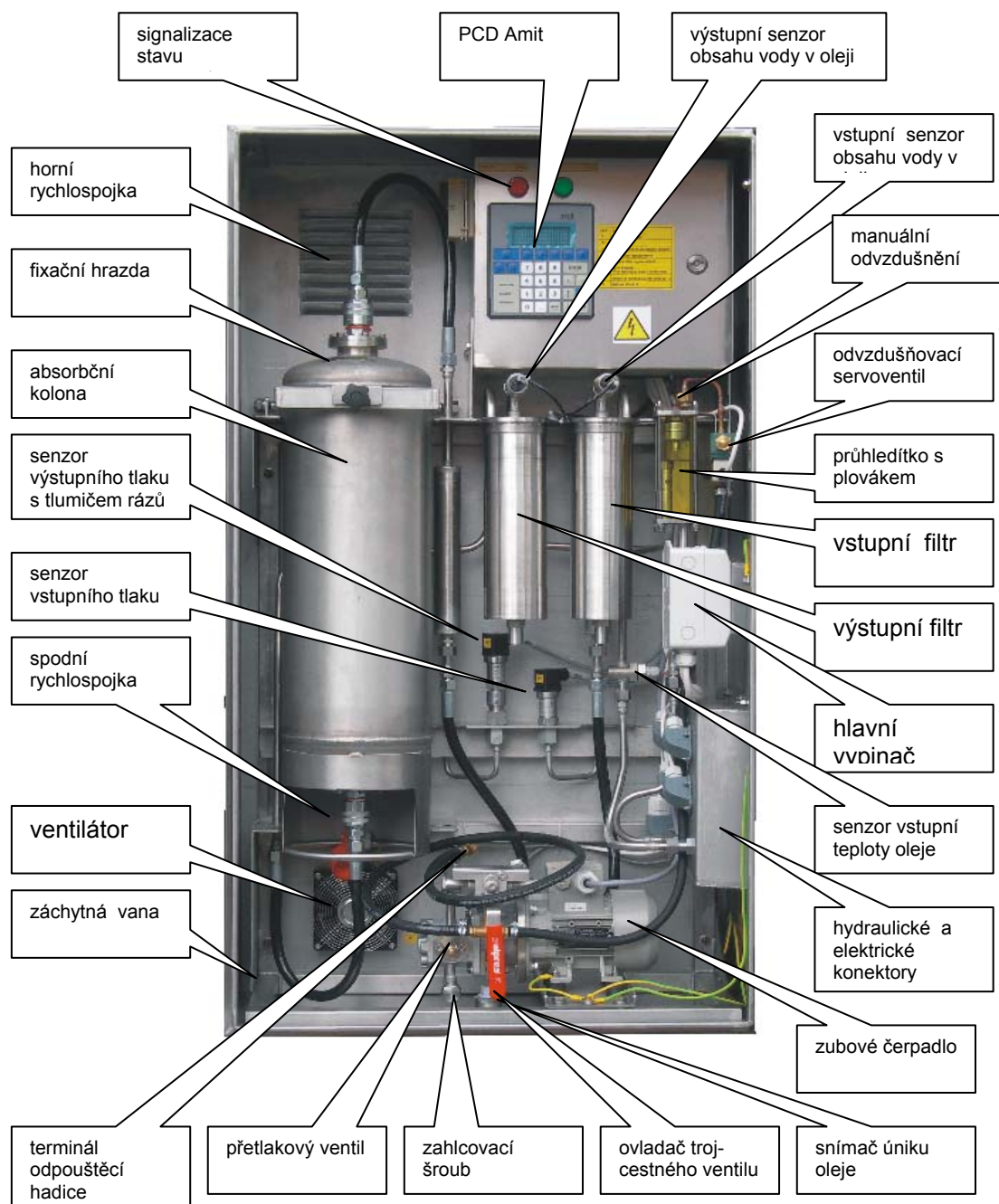
Schématické uspořádání instalace vysoušeče ADT mini na transformátor

### Specifikace ADTmini

Napájecí napětí	jednofázové 230 VAC ( nebo na přání)
-----------------	--------------------------------------

Fa. Ing. Altmann ARS Altmann Group, Machova 142, 344 01 Domazlice, Czech Republic, European Union  
 Tel:+420-379 738 778, Fax:+420-379 738 775, Cell phone:+420-602 362 157 email:altmann@iol.cz, [www.ars-altmann.com](http://www.ars-altmann.com);

Napájecí frekvence	50 (60) Hz
Příkon max.	200 W
Průtok oleje	7.5 m <sup>3</sup> za den, maximum
Obsah vody na výstupu	3 ppm nominal , 1 ppm minimum
Filtrační schopnost	1 μm
Absorbční kapacita	2.6 kg vody
Suchá váha	211 kg
Provozní váha	250 kg
Rozměry	700x600x1240 (mm)
Hydraulické připojení	2 x hydraulická 1/2" hadice
Komunikace	Faxmodem, GSM modem, LAN link, SMS, Internet



**ADT Mini- umístění hlavních komponent**

## PARAMETRICKÉ DÁLKOVĚ ŘÍZENÍ

Bez ohledu na typ a účinnost použité metody první zákon vysoušení transformátoru zní:

Fa. Ing. Altmann ARS Altmann Group, Machova 142, 344 01 Domazlice, Czech Republic, European Union  
 Tel:+420-379 738 778, Fax:+420-379 738 775, Cell phone:+420-602 362 157 email:altmann@iol.cz, [www.ars-altmann.com](http://www.ars-altmann.com);

## odstranění vody z pevných izolantů musí být současně účinné a bezpečné

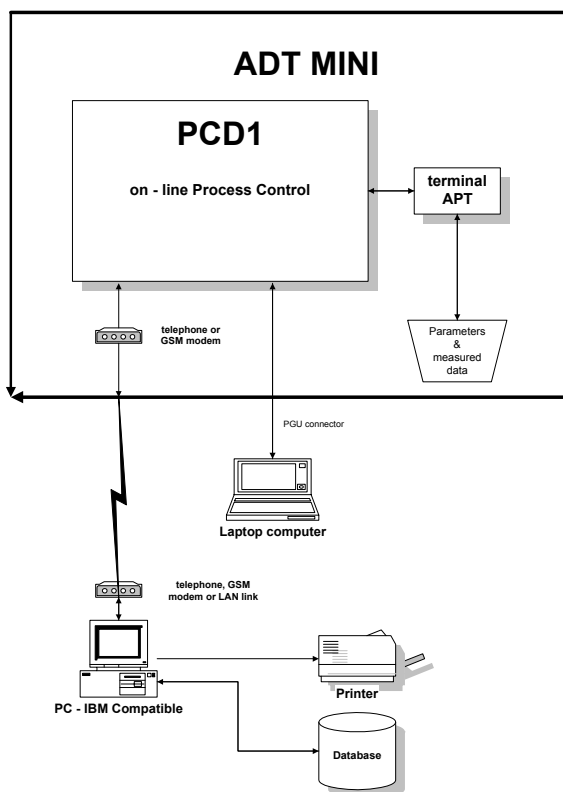
Účinnost on-line vysoušení transformátoru je přitom vždy řízena relativně pomalým procesem difuze vody z pevných izolantů do olejové náplně a tento proces může být urychlen pouze podstatným zvýšením teploty celého izolačního systému transformátoru.

Ale pozor :

**vysoká teplota transformátoru → vysoký obsah vody v oleji → vysoká separace vody z oleje**

vždy současně znamená

→ **nízkou dielektrickou pevnost oleje** → **nízkou okamžitou spolehlivost transformátoru**



**Pokud se chceme vyhnout nežádoucímu snížení spolehlivosti daného stroje, je nutno sladit nejméně dvě antagonistická kritéria:**

- maximální možnou účinnost vysoušení **při současném zachování**

- požadované dielektrické pevnosti oleje

Pro současné dodržení obou kritérií je možno ADT naprogramovat přímo pomocí PCD terminálu na místě nebo dálkově pomocí PC nebo lap-topu..

**Dálkové monitorování a parametrické ovládání ADT je zde nejjednodušší a nejsnazší variantou, protože ADT, byť nepřímou, umožňuje také měření teploty transformátoru.**

Obrázek na levé straně ukazuje strukturu řízení a monitorování ADTmini. Přímé řízení je prováděno pomocí PCD Amit a dálkové monitorování a parametrické řízení je možné pomocí PC resp. pomocí lap-topu s příslušným programem.

Software pro dálkové řízení a komunikaci je

součástí dodávky ARS.


Základní ověření správné funkce vysoušeče ADTmini může být provedeno pomocí velmi snadno pomocí SMS.

## Pokročilé vyhodnocení efektivity vysoušení transformátoru

Pro lepší pochopení dlouhodobých trendů při vysoušení daného transformátoru nejen co se týče množství odloučené vody, ale i pro posouzení dlouhodobých změn jeho dielektrického chování, je určena softwarová aplikace OPTIM D2L s dvěma základními procedurami:

- **DL (Dehydration Log)** zobrazuje dlouhodobé změny spojené s odloučením vody z transformátoru
- **DSL ( Dielectric Strength Log)** zobrazuje dlouhodobé změny dielektrického chování transformátoru

Obě procedury jsou startovány kliknutím na odpovídající ikony DL resp. DSL v hlavním okně programu OPTIM D2L a zobrazují časový průběh hlavních veličin např. Mwc .. celkové množství odloučené vody v ml, Qw1, Qw2... obsah vody v oleji na vstupu a výstupu v ppm a teplotu oleje na vstupu do ADT.

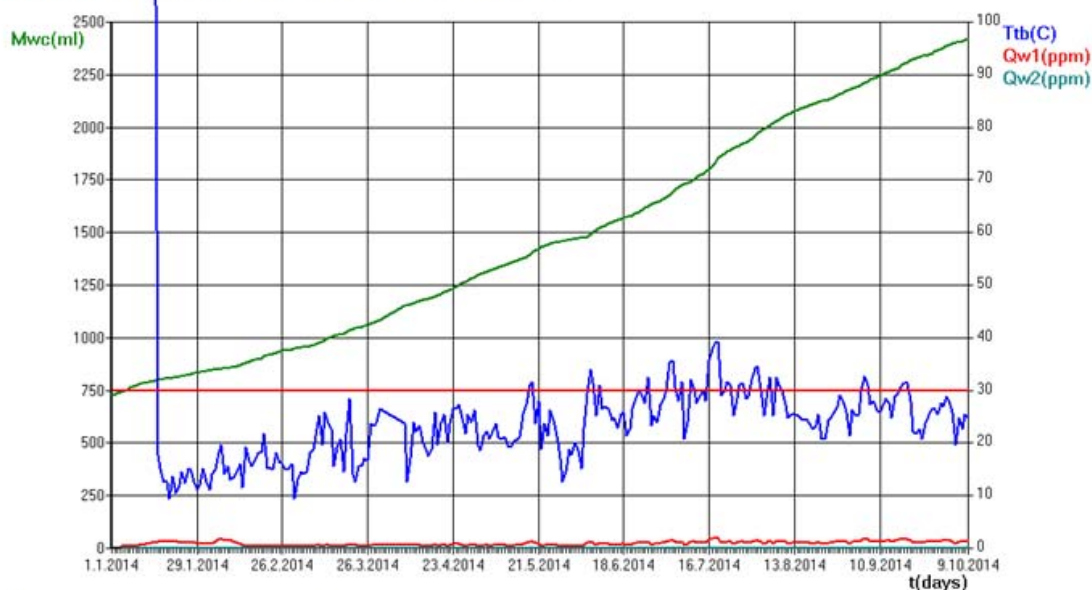
	<b>ADT 2012 Dehydrator - Main Data Log</b>
	<b>OPTIM D2L (Dehydration Dielectric Log)</b>
	<b>Procedure: DL (Dehydration Log)</b>
	© Ing. Altmann, 2013

Transformer Location:	xxxx
Transformer Serial Number:	
ADT 2012 Serial Number:	xxxx

Time-period of evaluation : 01.01.2014 - 09.10.2014

Norm requested value  $Q_{w,max}$  - red horizontal line

$Q_{w,max} = 30$  ppm... maximum allowed water content in oil



Mwc amount of removed water (ml)  
 Qw1 input value of water content in oil (ppm)  
 Qw2 output value of water content in oil (ppm)  
 Ttb transformer temp. bottom (C)

#### ATTENTION.

Water content in oil  $Q_w$  exceeded allowed  $Q_{w,max}$ -limit:

Day	$Q_w$ (ppm)

#### Remarks & Recommendations

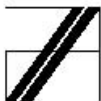
Date of evaluation: 10.10.2014  
 Replacement of temperature sensor at 11.1.2014

### Procedura DSL – časová změna dielektrického chování transformátoru

Procedura DSL representuje nový přístup k posouzení dielektrického chování transformátoru v průběhu jeho vysoušení. Tento přístup je založen na průběžném výpočtu maximální dosažitelné hodnoty dielektrické pevnosti oleje pomocí matematického modelu, jehož hlavní vstupní veličinou je přímo měřená hodnota obsahu vody v oleji  $Q_{w1}$ .

Procedura DSL nám pak umožňuje detailnější náhled týkající se změn dielektrického chování daného transformátoru zvláště při podstatných změnách jeho teploty.

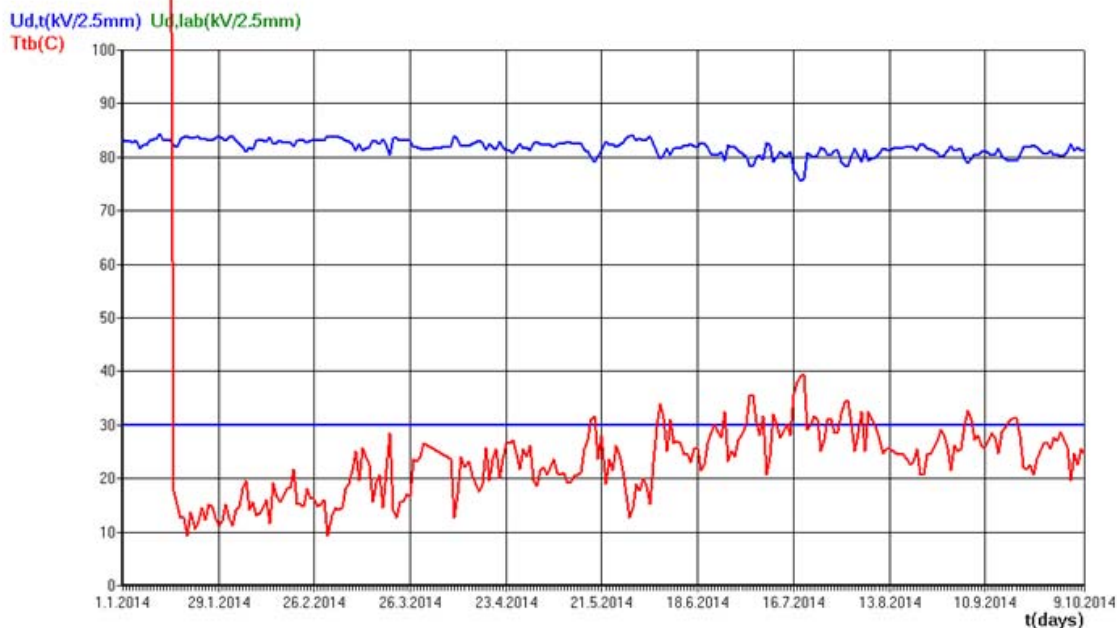
a zobrazena .

	<b>ADT 2012 Dehydrator - Main Data Log</b> <b>OPTIM D2L (Dehydration Dielectric Log)</b> <b>Procedure: DSL (Dielectric Strength Log)</b> © Ing. Altmann, 2013
---	--

Transformer Location:	xxxx
Transformer Serial Number:	
ADT 2012 Serial Number:	xxxx

Time-period of evaluation : 01.01.2014 - 09.10.2014

Norm requested value  $U_{d,min}$  - blue horizontal line  
 $U_{d,min} = 30 \text{ kV}/2.5\text{mm}$ ... minimal allowed dielectric strength in oil  
 $T = 20 \text{ C}$  ... Temperature of Simulation



$U_{d,t}$  ... Theoretical Dielectric Strength of oil (kV/2.5mm)  
 $T_{tb}$  ... Transformer temperature bottom (C)  
 $U_{d,lab}$  ... lab reading(s) of dielectric strength of oil (kV/2.5mm)

**ATTENTION.**  
 Dielectric Strength of oil  $U_{d,t}$  decreased  
 under allowed  $U_{d,min}$ -limit:

Number of lab verifications: 0

Day	$U_{d,t}$ (kV/2.5mm)

#### Remarks & Recommendations

Date of evaluation: 10.10.2014  
 Replacement of temperature sensor at 11.1 2014

Součástí procedury DSL je pak také ověření (verifikace) přesnosti matematického modelu. Dielektrická pevnost oleje  $U_{d,lab}$  (kV/2.5mm) vzorku oleje odebraného v daném okamžiku z transformátoru je manuálně vložena do programu OPTIM D2L a pomocí Verifikačního diagramu je porovnána s teoretickou hodnotou dielektrické pevnosti oleje pro stejný časový bod.

## DOG (Dynamic Overdrying Guard ) procedura

Neřízené a nekontrolované vysoušení transformátoru vždy představuje vážné snížení jeho provozní spolehlivosti.

Důvod je jednoduchý: značné snížení obsahu vody v jeho pevných izolantech vyvolává zmenšení jejich objemu s následným snížením přitlačných sil v aktivní části transformátoru.

### **Uvolněné vinutí pak znamená podstatné zvýšení rizika havárie stroje zvláště při zkratových situacích**

Hlavní zásada při každém sušení zvláště silně navlhých transformátorů je tedy zřejmá : průměrný obsah vody v pevných izolantech (hodnota  $Q_p$  (%)) nesmí být prudce a výrazně snížen.

Problém je ovšem relevantní určení hodnoty  $Q_p$ . Za normálních provozních podmínek můžeme pouze dostatečně přesně měřit hodnotu obsahu vody v oleji  $Q_w$  (ppm) a hodnotu  $T_{tb}$  (C), která nám (zprostředkovaně) reprezentuje teplotu sušeného transformátoru.

Přesné a přímé měření hodnoty  $Q_p$ , tedy hodnoty reprezentující navlhnutí pevných (především celulozových) izolantů je v provozních podmínkách v podstatě nemožné.

Zvláště pokud uvážíme skutečnost, že dostatečně přesné určení této hodnoty musí být provedeno v tzv. ustáleném stavu, tj. za podmínek stálé teploty celého transformátoru, kdy nedochází k migraci vody mezi pevnými izolanty a jeho olejovou náplní.

Pokud bychom chtěli splnit tyto podmínky musel by být transformátor udržován relativně dlouho na stálé teplotě a samozřejmě by muselo být dlouhodobě přerušeno jeho sušení. Pak by musely být změřeny hodnoty  $Q_w$  a  $T_{tb}$  a vypočítána hodnota  $Q_p$ .

Pokud měření ukáže, že požadovaná hodnota  $Q_p$  není dosažena, je nutno sušení opakovat.

To všechno představuje časově velmi náročný proces zcela nevhodný do provozních podmínek.

Pro řešení tohoto problému byla proto vyvinuta metoda DOG založená na využití dynamického chování systému olej-celuloza a zavedením tzv. virtuální hodnoty  $Q_{pv}$  (zdánlivé hodnoty průměrného obsahu vody v pevných izolantech).

Hodnota  $Q_{pv}$  vypočítávaná v průběhu vysoušení z okamžitých hodnot  $Q_w$  a  $T_{tb}$ , pak odpovídá tzv. „pseudo“ ustálenému stavu ( hodnota  $Q_{pv}$  je díky permanentnímu vysoušení oleje vždy menší než „ustálená“ hodnota  $Q_p$ ) :

- v průběhu vysoušení jsou stále měřeny hodnoty  $Q_w$  a  $T_{tb}$  a vypočítávána hodnota  $Q_{pv}$
- pokud hodnota  $Q_{pv}$  poklesne pod hodnotu požadovanou  $Q_{psoll}$  je sušení přerušeno a ADT Mini vyhodnocuje dynamiku resaturace oleje vodou z pevných izolantů
- pokud je dynamických přírůstek hodnoty  $Q_{pv}$  vyšší než předem zvolená hodnota  $dQ_{pv}$ , není cílová hodnota dosud dosažena a vysoušení daného transformátoru je automaticky obnoveno .
- pokud je dynamický přírůstek  $Q_{pv}$  nižší, ADT Mini vyhodnotí tento stav jako dostatečné přiblížení k požadované hodnotě  $Q_{psoll}$  a sušení ukončí.

Výhoda tohoto přístupu je očividná. Procedura DOQ umožňuje vyhodnocení dosažení cílového stavu relativně velmi rychle.

Odhad dosažení cílové hodnoty vysoušení trvá dny a nikoli v měsíce, které jsou jinak nezbytné pokud bychom pracovali s vyhodnocením hodnoty  $Q_p$  v podmínkách ustáleného stavu.

Velmi jednoduché nastavení cílového vysoušení tj. hodnot  $Q_{psoll}$  a  $dQ_{pv}$  resp. změnu obou parametrů pak umožňuje :

- přímo na místě pomocí Tabulky parametrů, hodnoty jsou změněny pomocí klávesnice AMITu
- dálkové ovládání pomocí komunikačního programu QPTIM D2L