

## СЪДЪРЖАНИЕ НА ВЛАГА В ТРАНСФОРМАТОРНИ МАСЛА

Трансформаторите за високо напрежение с мощности хиляди kVA (като тези, които се намират в подстанциите на електроцентралите) обикновено са напълно запълнени с рафинирано минерално масло. Основна причина за използването на масло е, че то действа като основна част от изолацията на трансформатора, също така го охлажда и предотвратява корозията.



### Откъде прониква влагата?

С течение на времето някои от материалите на конструкцията се разлагат. Тези процеси обикновено водят до повишаване на влажността във вътрешността на корпуса. Ежедневното проникване на атмосферен въздух в корпуса също е фактор, водещ до повишаване на влажността в трансформатора. При изработване на трансформатора се обръща голямо внимание на цялостния процес на сушене, което го прави много надеждно съоръжение. Проблемите възникват едва след продължителна експлоатация.

### Защо измерването на влага в трансформаторните масла е важно?

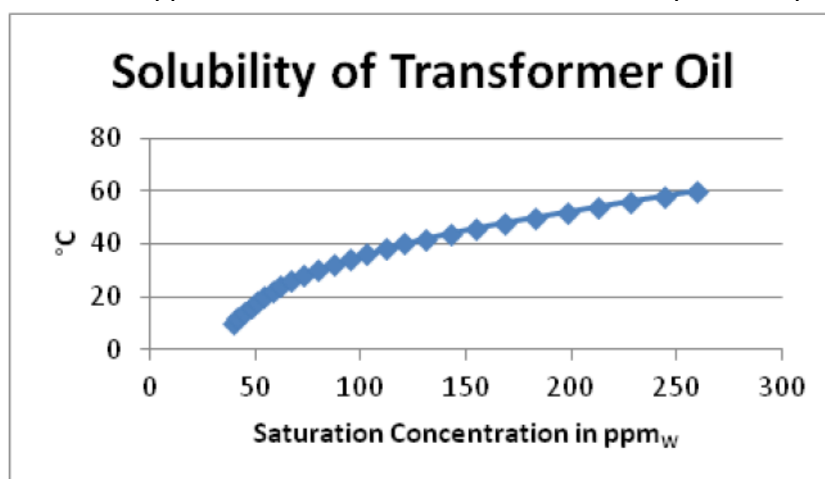
При продължителна експлоатация уплътненията на трансформатора започват да пропускат въздух и позволяват на влагата да проникне и замърси трансформаторното масло. Това може да доведе до образуване на волтова дъга, което често води до пожар, който унищожавя трансформатора и прекъсва захранването в част от мрежата. От съществено значение е тези трансформатори да се поддържат периодично, да се заменя или изсушава маслото, като по този начин се удължава полезният живот на устройството.

Трансформаторите се състоят от спирални бобини, изолирани чрез слоеве от целулозна хартия и лак. Освен това те се пълнят с минерално масло, за да се

предотврати образуването на дъга между близко разположените бобини. Смяната на маслото в голям енергиен трансформатор обикновено се извършва на всеки няколко години.

При смяна на маслото вътрешността на корпуса се оставя в среда от вакуум за известен период от време. Целта е да се извлече напълно влагата, която може да се абсорбира във вътрешните повърхности на трансформатора, преди да се напълни новото масло. От решаващо значение е да се гарантира, че трансформаторът е достатъчно сух преди повторно пълнене, тъй като остатъчната влага може да причини корозия, образуване на дъга и преждевременно износване на съоръжението.

Ако маслото трябва да се пречисти на място, то се извежда през щуцера за източване и се загрява. След това се разпръсква във вакуумна камера, където влагата, разтворена в маслото, се отделя от него и се изтегля от вакуумна помпа. След това изсушеното масло се филтрира и се изпомпва обратно в пълначния щуцер на трансформатора. Този цикъл се повтаря, докато не се установи, че трансформаторът е напълно сух. Сухото масло е добър изолатор дори ако в него има разтворено малко количество вода. Но ако в корпуса на трансформатора попадне допълнителна вода, то тя може да създаде риск от образуване на вътрешна волтова дъга. Измерването може да се извърши във вакуумното пространство или в самото масло с отчитане на отношението на температурата към разтворимостта, както е показано на фигурата по-долу за изчисляване на  $ppm_w$  на водата в маслото, което се връща в трансформатора.



## Съществуващи методи на измерване

Обикновено трансформаторите не се наблюдават непрекъснато, но се проверяват периодично, като за целта се използва полимерен кондензаторен датчик, алуминиев оксид или титруване по Карл Фишер за проверка на влагата. Понякога тези проверки се извършват в газа в горната част на трансформатора, но най-често - в течната фаза на самото масло.

Измерването на капацитета се извършва или в течната фаза на маслото, или в горното пространство, ако има такова. Във всяка от двете фази, точката на оросяване ще бъде същата. С коя мерна единица може да се направи оценка на влажността? Точката на оросяване е стандартна за сензорите, но  $ppm_w$  е по-желателна за това приложение. Резултатът може да се изрази и чрез активност на водата, макар че е доста рядко срещано решение.  $Rpm_w$  трябва да се изчисли от параметрите на точката на оросяване и температурата на пробата, но това налага измерване в течността вместо измерване в горното пространство поради разликите в температурите.

“Загорски ХМ” ЕООД

6004 Стара Загора, ул. “Августа Траяна” № 17 Б, тел. 042/645 118

Email: zagorski@mail.orbitel.bg

<http://www.zagorski-chm.com>

Титруването по Карл Фишер е труден метод за лабораторно изследване, тъй като пробата трябва да бъде изтеглена в напълно сух контейнер, който се запечатва, за да се предотврати проникването на всякакъв въздух и съответно да се избегне изкривяването на резултатите от анализа. След това пробата се транспортира до лабораторията за анализ на водата, като по време на всяка стъпка тя трябва да бъде защитена от контакт с околния въздух.

Понастоящем съществуват три често използвани метода за това измерване:

- Полимерни капацитивни трансмитери;
- Титруване по Карл Фишер (лабораторно измерване);
- Импедансни трансмитери от алуминиев оксид.

Използването на полимерни капацитивни трансмитери има следните предимства:

- Най-евтин метод, устройствата често струват под \$1,000.
- Използва се от 1970 г.

Недостатъци на метода:

- Не е подходящ за измерване във вакуум.
- Не всички полимерни капацитивни трансмитери могат да измерват в течности.

Титруване по Карл Фишер има следните предимства:

- Основно измерване на влагата в течности.
- Рутинно лабораторно измерване.
- Не дава отклонения при спазване на определени условия за правилно измерване.

Недостатъци на метода:

- Използва се титруващ разтвор, изискващ специални условия за изхвърляне.
- Титруващият разтвор трябва да бъде свеж, иначе е възможно внасяне на грешка в измерването.
- Датчикът изисква редовна поддръжка (почистване), в противен случай резултатите са ненадеждни.
- Високи разходи за консумативи в сравнение с другите методи.
- Вземането и съхранението на пробите е от съществено значение, в противен случай въздухът от околната среда ще повлияе на показанията.

*“Отговорните органи са съгласни, че грешките при пробовземането и измерването са източник на 99% лошите резултати.”*

Импедансните трансмитери от алуминиев оксид имат следните предимства:

- Монтирането и присъединяването с контролната система не изисква големи разходи.
- Лесно се монтира към вакуумната изсушителна система.
- Надеждни са, без проблем работят в среда от вакуум и покриват необходимия диапазон за това приложение.
- Изискването за изчисляване на кривата на разтворимост за показанията в  $r_{rw}$  е стандартно.

Недостатъци на трансмитер от алуминиев оксид:

- Изисква периодично калибриране, но програмата за замяна на датчици на MICHELL Instruments избягва забавянето при тази процедура.

“Загорски ХМ” ЕООД

6004 Стара Загора, ул. “Августа Траяна” № 17 Б, тел. 042/645 118

Email: zagorski@mail.orbitel.bg

<http://www.zagorski-chm.com>

- Датчикът не издържа температури над 50°C, така че пробовземната система трябва да осигурява необходимото охлаждане на пробата.

## Решението на Michell Instruments: Точно измерване на влагата

Решението от Michell Instruments е процесът да се наблюдава с помощта на Liquidew I.S. или анализатор EExd, свързан с маслената система на трансформатора. Анализаторът може да даде информация за разтворената в маслото вода, която да се използва за определяне на правилната стойност на ppm<sub>w</sub>. Показанията при завършения процес на обслужване или пречистване трябва да бъдат максимум 10 ppm<sub>w</sub> (mg / kg) съгласно ASTM D-1533.

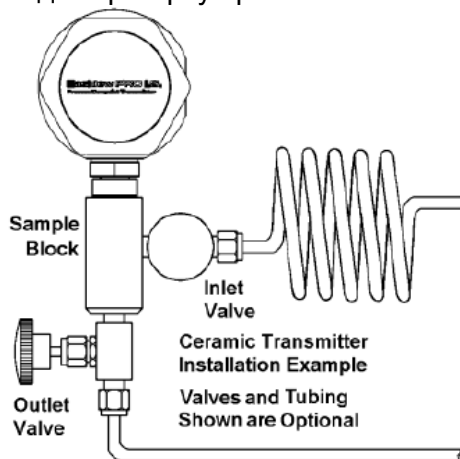
*"Отчитането на 50 ppm<sub>w</sub> (mg / Kg) в маслото показва, че izolацията на хартията е наситена с вода и съществува опасност от вътрешна дъга."*

## Как трябва да се монтира уредът?

Свързването на трансмитера трябва да се извърши към страната с високо налягане на възвратната помпа. Дължината на свързващата тръба трябва да е достатъчна, за да се понижи температурата до рамките на работния диапазон на датчика.

Тъй като тези потоци пренасят голямо количество топлина, тази дължина трябва да надвишава изчислената, за да осигури гарантиран пад на температурата и да предпази датчика.

Връщането може да се осъществи откъм страната с ниско налягане на помпата или обратно във вакуумната камера, за да се създаде разлика в налягането и да се гарантира 1 GPH (~ 4 LPH) поток през сензора. За регулиране на този поток се препоръчва монтаж на разходомер върху пробовземната система.



*Примерно решение за монтаж*

## Обосновка на разходите: Какво може да се случи, ако маслото не се контролира правилно?

Ако концентрацията на влагата стане прекалено висока, се стига до пробиви в izolацията между намотките. При подаване на напрежение, тази остатъчна влага може да предизвика искрене, волтова дъга и преждевременно износване на izolацията. Това може да доведе до причини късо съединение в

“Загорски ХМ” ЕООД

6004 Стара Загора, ул. “Августа Траяна” № 17 Б, тел. 042/645 118

Email: zagorski@mail.orbitel.bg

<http://www.zagorski-chm.com>

трансформатора и да възпламени маслото, което води до катастрофални повреди и прекъсване на захранването.

Системите на Michell Instruments се характеризират с голяма точност, висока надеждност, лесен монтаж и разнообразни възможности за свързване с централизираната контролна система. Следенето на процеса със системите на Michell оптимизира периодите на рециклиране и смяна на маслото и предотвратява аварии, свързани със скъпо струващи ремонти и проблеми с електропренасянето.

## **Каква система трябва да се използва за това приложение?**

Използва се EPR-LQ-IS-0/3000-00, Liquidew I.S. или Liquidew EExd.



*Загорски ХМ ЕООД –  
представител на Michell Instruments за България*