

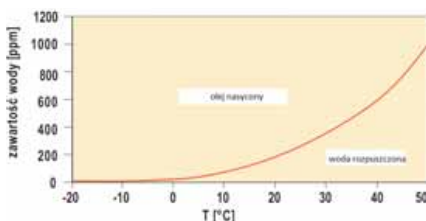
## Czy wiesz ile wody masz w oleju?

### O awariach maszyn i ich przyczynach

**Olej jest jednym z niezbędnych i najczęściej spotykanych mediów w przemyśle. Stosowany jest w tysiącach maszyn i układów w celu zmniejszenia tarcia, przenoszenia mocy i energii, chłodzenia, jako środek przeciwkorozyjny, ochronny czy izolacyjny. We wszystkich przypadkach pojawienie się w oleju wody stanowi realne zagrożenie dla urządzenia, w którym pracuje. Czym jest zatem to zjawisko? Jakie są jego skutki? Jak sobie z nim radzić?**

#### Problem wody w oleju

Cząstki wody w przeciwieństwie do cząstek oleju mają wiązania spolaryzowane, co w bardzo dużym stopniu ogranicza zdolność wody do rozpuszczania. W oleju woda przyjmuje podobne formy jak w przyrodzie i pierwszą z nich jest woda rozpuszczona. Identycznie jak w powietrzu, woda rozpuszczona jest niewidoczna w oleju, który wydaje się być czysty. Zjawisko to będzie występować do momentu przekroczenia punktu nasycenia (punktu, w którym olej posiada maksymalną ilość wody w stanie rozpuszczonym). Punkt ten zależy od temperatury, wieku i dodatków oleju. Im wyższa jest temperatura, tym wyższy jest punkt nasycenia oleju. Oznacza to, że przy wyższej temperaturze, więcej wody może pozostać w formie rozpuszczonej (podobnie jak w przypadku cukru – im cieplejsza woda tym więcej cukru będziemy w stanie w niej rozpuścić). W praktyce może zdarzyć się więc sytuacja, w której parametry oleju będą pozostawały zadowalające podczas normalnej pracy, jednak podczas rozruchu (gdy olej jest zimny) woda może się wytrącić i – w zależności od aplikacji – powodować różne zagrożenia.



Krzywa nasycenia oleju

Co ciekawe, relacja punktu nasycenia do wieku oleju jest także wprost proporcjonalna – im starszy olej, tym więcej wody można utrzymać w stanie rozpuszczonym. Dzieje się tak ze względu na proces utleniania się oleju, w którym powstają produkty uboczne o wiązaniach spolaryzowanych. Podobnie oleje z dużą ilością dodatków mają wyższy punkt nasycenia niż oleje z mniejszą ich ilością, właśnie ze względu na związki posiadające wiązania spolaryzowane.

Obok wody rozpuszczonej istnieją jeszcze dwie formy występowania wody

w oleju – emulsja i woda wydzielona. Po zwiększaniu się ilości wody pojawiają się mikroskopijne krople wody (~10 µm), które tworzą emulsję. Wygląd tej fazy to mętna, mleczna konsystencja (analogią tej fazy w przyrodzie jest mgła). Dalsze zwiększenie ilości wody prowadzi do łączenia się kropli i do wydzielenia się osobnej jej warstwy na dnie zbiornika (zwykle woda jest cięższa od oleju) – woda wydzielona.

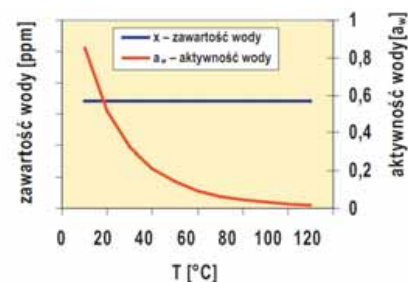
#### Istotne jest nasycenie

Woda zarówno w formie emulsji jak i osobnej fazy stanowi największe zagrożenie (w niektórych aplikacjach wręcz krytyczne) dla zapewnienia sprawności urządzenia. Ponieważ woda w stanie rozpuszczonym może również być niebezpieczna dla urządzeń, a jej granica przejścia do następnej fazy zmienia się wraz z temperaturą, najbardziej zasadnym (ze względu na bezpieczeństwo) dla wykrycia pojawiania się wody w oleju jest pomiar wody rozpuszczonej, inaczej określany jako **miar aktywności wody lub względnego nasycenia oleju ( $a_w$ )**.

Jak silna jest zależność temperaturowa aktywności wody (względnego nasycenia oleju), widać na poniższych przebiegach zarejestrowanych na rzeczywistym układzie. Różowy przebieg dotyczy jednej z maszyn, która pracowała w cyklach po kilka godzin. Podczas pracy (wysoka temperatura – spadek nagły spowodowany wstępnym podgrzaniem oleju) aktywność wyraźnie spada (z wartości 24% do 9%  $a_w$ ), a podczas postoju rośnie. Analizując ten trend można w prosty sposób zdia-

gnozować zarówno wzrost ilości wody, jak i niebezpieczeństwo nasycenia.

Porównując ten pomiar z pomiarem masowym (wyrażonym w ppm) zyskujemy dodatkową informację. Zaznaczyć przy tym należy, że pomiar masowy dostarcza informację tylko na temat ilości, a w większości układów nie jest to jednak wystarczające. Ze względu chociażby na warunki otoczenia, ta sama ilość wody w jednych warunkach nie będzie stanowiła zagrożenia, podczas gdy przy wyraźnym spadku temperatury i kolejnym rozruchu, może takowe zagrożenie wystąpić. Istotną dla nas informację otrzymamy zatem tylko po analizie względnego nasycenia oleju ( $a_w$ ).

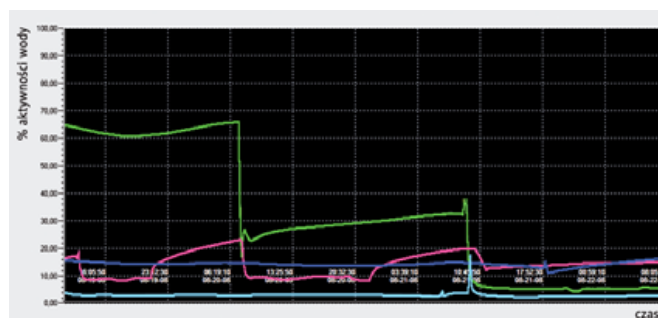


Zależność temperaturowa parametrów

#### Jak do oleju dostaje się woda?

Najbardziej zagrożone są układy i urządzenia, w których olej pracuje w bezpośrednim otoczeniu wody (pompy zatapialne, silniki okrętowe) oraz gdy woda stanowi czynnik chłodzący olej (sprężarki, transformatory piecowe, przekładnie). Ryzyko nagłego dostania się wody do oleju jest w tych

sytuacjach wysokie, gdyż istnieje możliwość fizycznego przedostania się wody. W innych przypadkach przenikanie wody do oleju najczęściej spowodowane jest zjawiskami kondensacji i absorpcji. Kondensacja to wytrącenie się z powietrza, na



Wykresy aktywności wody w rzeczywistym układzie pomiarowym

skutek zmian temperatury, kropli wody na wewnętrznych ścianach zbiorników, powyżej poziomu oleju. W przypadku absorpcji olej przyjmuje wilgoć bezpośrednio z powietrza, przy czym warto zauważyć, że wilgoć przechodzi również w drugim kierunku – z oleju do powietrza. Czynniki, które wpływają na ten proces są wilgotność względna powietrza, temperatura oraz ciśnienie.

### Co na to olej?

Woda wpływa negatywnie na większość funkcji pełnionych przez różne oleje. Z uwagi na fakt, iż problem ten jest najbardziej uciążliwy w przypadku olejów smarowych i transformatorowych, warto przyjrzeć się skutkom dostania się wody właśnie do tych dwóch typów olejów.

Głównym zadaniem **oleju transformatorowego** jest zapewnienie izolacji, a woda w oczywisty sposób zmniejsza tę zdolność (wartość wytrzymałości elektrycznej maleje kilkukrotnie już przy stężeniu rzędu 0,1%). Kolejnym zagrożeniem jest powstawanie korozji, na którą szczególnie narażone są miejsca gdzie panuje najniższa temperatura i - co z tym związane – względne nasycenie oleju jest w tych miejscach najwyższe. Woda ma także wpływ na izolację papierową transformatora, w którym odbywa się ciągły ruch wody pomiędzy olejem a celulozą (ruch zależny od obciążenia oraz warunków wewnętrznych i zewnętrznych). Efektem zawilgocenia celulozy jest jej rozpad, a badania wykazały, iż **2 procentowa zawartość wody powoduje 3-krotne, a 3 procentowa aż 30-krotnie szybsze starzenie izolacji papierowej niż w przypadku 1 procentowej zawartości**.

**Smarowanie** elementów obracających się wymaga zgodnej lepkości oleju. Elementy obracające się są chronione ponieważ lepkość oleju wzrasta wraz z ciśnieniem. Pojawienie się wody sprawia, że właśnie ta znacząco się pogarsza. Może to uniemożliwić utrzymanie nieprzerwanego filmu olejowego, skutkując bezpośrednim kontaktem pomiędzy powierzchniami wału i panewki, a w efekcie zmęczeniem kontaktowym. **Ocenia się, że w zależności od ilości wody obecnej w oleju, żywotność panewek skraca się od kilku do kilkuset razy!**

Zarówno w przypadku olejów smarowych i transformatorowych jak i innych, proces zbierania się wody w oleju i w efekcie osiągnięcia przez nią stężenia zagrażającego pracy urządzenia, może być zarówno długo jak i krótkotrwały. W pierwszym przypadku okresowe kontrole oleju mogą dać informację o istnieniu zagrożenia, natomiast w drugim przypadku bez pomiaru online nie jesteśmy w stanie zabezpieczyć

urządzenia przed skutkami działania wody w oleju.

### Co daje pomiar online?

Ciągły pomiar w czasie rzeczywistym umożliwia odpowiednie zabezpieczenie urządzeń oraz daje możliwość analizy stanu poszczególnych elementów. Niewątpliwie, największe zagrożenie stanowi wybuch, którego niebezpieczeństwo istnieje chociażby w aplikacjach transformatorowych czy wannach hartowniczych. Nie jest to jednak jedyne zagrożenie, a mierzenie stężenia wody w oleju przynosi wymierne korzyści w setkach innych aplikacji.

Dzięki pomiarom online jesteśmy w stanie na bieżąco śledzić jakość oleju i **zabezpieczyć urządzenie przed awarią**. Uszkodzeniu mogą ulec zarówno pojedyncze elementy jak i całe urządzenia, których awaria pociąga za sobą postój całego układu. Analiza stanu poszczególnych elementów (np. chłodziń, uszczelnień) pozwala zminimalizować ryzyko nagłej awarii spowodowanej działaniem wody w oleju i związanych z tym nieplanowanych przestojów produkcyjnych. Koszty napraw jak i samych skutków przestojów mogą się znacznie różnić, niemniej jednak możliwość ich zapobiegania odgrywa często niebagatelną rolę dla wydajności i opłacalności prowadzonych procesów.

Rozpatrując zagadnienie w skali całego zakładu nie można zapomnieć o **oszczędności oleju**. W wielu przypadkach bowiem wcześniejsza wiedza o stężeniu wody pozwala na poddanie oleju procesowi suszenia, zamiast konieczności jego wymiany (ze względu na efekty działania wody, suszenie powinno się rozpocząć najwcześniej jak to możliwe).

Kontrola stanu oleju ściśle związana jest także z **optymalizacją działań serwisowych**. Zazwyczaj działania takie prowadzone są w oparciu o czas pracy urządzenia. Zdarza się więc sytuacja, w której niektóre z działań serwisowych są niepotrzebne, z drugiej zaś strony zdarzają się awarie w okresach międzyprzeglądowych. O ile dostęp do niektórych urządzeń nie wiąże się z większymi trudnościami, o tyle umiejscowienie lub rodzaj pracy innych maszyn, znacznie utrudnia podjęcie prac i wiąże się z dodatkowymi kosztami. Mając wiedzę na temat stanu oleju można zatem optymalizować te działania.

Pomiar online pozwala także **uniknąć potrzeby dodatkowych badań laboratoryjnych**. Co więcej, w sytuacji gdy badania wykonywane są podczas procesu suszenia, pomiary online pozwalają skrócić ten pro-

ces do niezbędnego minimum.

Do pomiaru online można stosować urządzenia przenośne, stacjonarne, do zastosowań OEM oraz całe systemy, których zadaniem jest ciągły pomiar zawartości wody w oleju i alarmowanie w przypadku zagrożenia. Systemy budowane zazwyczaj pod wymagania Klienta mogą służyć zarówno do monitorowania z powiadamianiem, jak i alarmowego wyłączenia urządzeń.



Przetwornik wody w oleju

Obecnie, nasze systemy pracują w wielu polskich zakładach, a referencje uzyskane od użytkowników jednoznacznie wskazują, iż wdrożenia wyeliminowały wysokie koszty remontów maszyn oraz obniżyły koszty związane z zakupami oleju.

### Każdy olej zawiera pewną ilość wody

W praktyce nie jest możliwe aby zawartość wody wynosiła 0 ppm. Co więcej, należy mieć świadomość, iż pomiar masowy nie jest wystarczającym rozwiązaniem, gdyż ta sama zawartość wody w różnych warunkach generuje różne zagrożenia. Brak pomiaru lub ograniczenie się do pomiaru masowego nie zabezpiecza więc przed wystąpieniem problemów związanych z bezpieczeństwem, utrzymaniem ruchu czy też zapewnieniem pożądanej wydajności. Mając na uwadze wszystkie te aspekty, należy zatem zadać sobie pytanie: **Czy na pewno wiem ile mam wody w oleju?**



Autor artykułu:  
Paweł Szuba

*Pracuje w Introlu od 2004 roku, obecnie na stanowisku Kierownika Działu Temperatur. Zajmuje się ponadto pomiarami wilgotności oraz pomiarami powiązаныmi (m.in zawartością wody w oleju).*

tel. 032/7890110  
e-mail: temperatura@introl.pl