

# Pomiar wilgotności materiałów sypkich metodą bliskiej podczerwieni

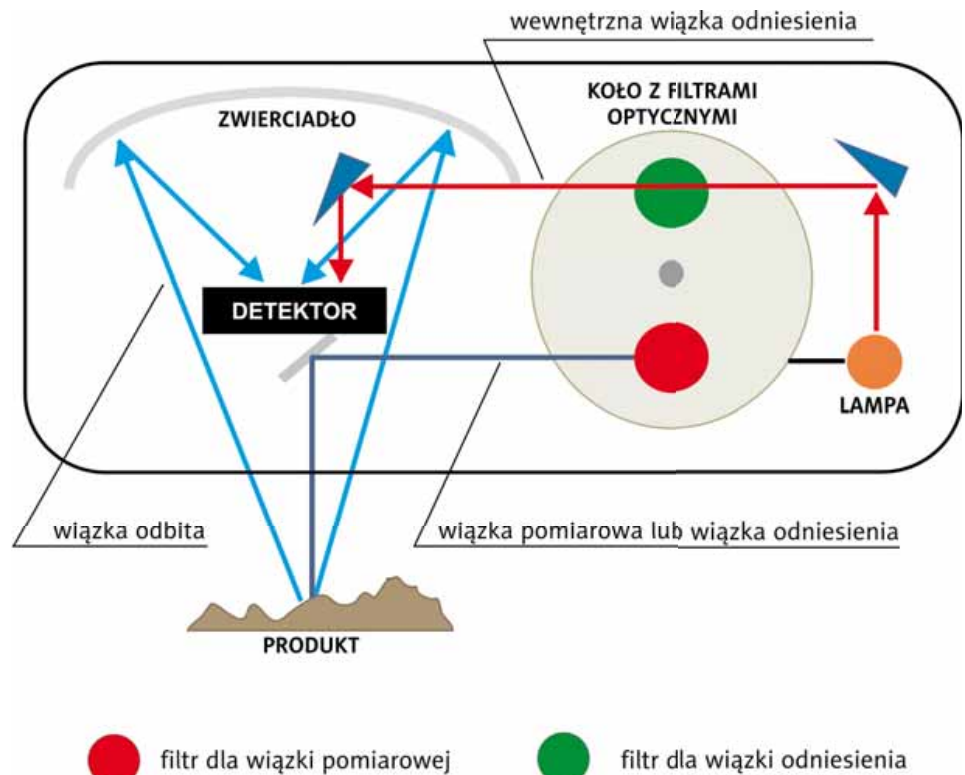
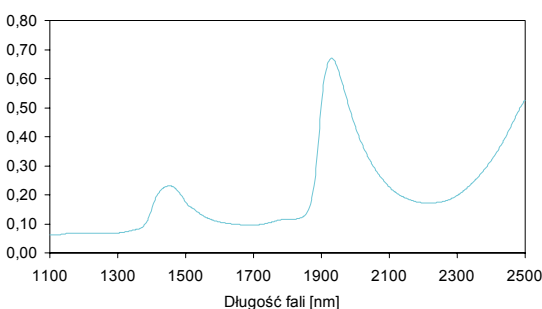
W numerze 02/2014 naszego magazynu zostały opisane trzy metody pomiaru wilgotności produktów sypkich: mikrofalowa, izotopowa i pojemnościowa. W niniejszym artykule przedstawimy jeszcze jedną metodę, najczęściej nazywaną metodą podczerwoną lub NIR. Na czym ona polega i jak jest wykorzystywana w praktyce? – odpowiedzi na te pytania znajdzie Państwo poniżej.

## WYKORZYSTYWANE ZJAWISKO

W widmie promieniowania elektromagnetycznego zakres określany jako NIR (Near InfraRed) obejmuje fale o długościach między 1.100 nm a 2.500 nm. Promieniowanie podczerwone oddziałuje z materiałami sypkimi na trzy sposoby: jest przepuszczane, pochłaniane i odbijane. W przypadku warstw o grubościach większych niż kilka milimetrów można przyjąć, że występuje tylko pochłanianie i odbijanie promieniowania, a obie wielkości są ze sobą ściśle powiązane. Zbadano, że fale o pewnych długościach są silnie pochłaniane przez materiały zawierające określone wiązania chemiczne: O-H występujące w wodzie, C-H występujące w tłuszczach oraz N-H występujące w białkach. Intensywność pochłaniania promieniowania jest proporcjonalna do ilości danych wiązań w badanym materiale. To zjawisko zostało wykorzystane do pomiaru wilgotności produktów sypkich – im większa zawartość wilgoci w tym produkcie (czyli większa ilość wiązań O-H obecnych w cząsteczkach wody), tym silniejsze pochłanianie promieniowania. Cząsteczki wody najsilniej pochłaniają fale o długościach 1.900 nm oraz 1.400 nm. Zmierzenie ilości promieniowania pochłoniętego nie jest możliwe, więc jako informacja użyteczna służy ilość promieniowania odbitego. Znając wielkość odbitego promieniowania podczerwonego oraz własności materiału (zależność między pochłanianiem i odbiciem) można określić zawartość wody w produkcie, czyli jego wilgotność.

Warto dodać, że to samo zjawisko jest wykorzystywane do pomiaru zawartości tłuszczów lub białek w badanym produkcie, inne są tylko długości fal promieniowania podczerwonego dla każdego z tych składników.

Krzywa pochłaniania NIR dla H<sub>2</sub>O



## JAK DZIAŁA MIERNIK NIR?

Urządzenie wykorzystujące opisaną wyżej metodę musi posiadać przede wszystkim źródło promieniowania podczerwonego. Jako źródło promieniowania wykorzystuje się lampy halogenowe, jednak emitowane przez nie widmo zawiera zazwyczaj fale o długościach od 200 do 3000 nm, czyli zarówno światło widzialne, jak i promieniowanie ultrafioletowe oraz podczerwone. Aby uzyskać promieniowanie o długości 1900 nm wykorzystywane do pomiaru zawartości wody, stosowane są specjalne filtry optyczne. Wiązka pomiarowa jest kierowana w stronę powierzchni mierzonego materiału, który część promieniowania (zależną od wilgotności) odbija. Promieniowanie odbite trafia na zwierciadło paraboliczne, które koncentruje je na detektorze wykonanym z siarczku ołowiu. Detektor zamienia intensywność promieniowania na sygnał elektryczny, który jest wzmacniany, a następnie przetwarzany przez układ procesora na sygnał odpowiadający wielkości mierzonej – wilgotności produktu.

Zastosowana wprost metoda pomiarowa sprawdza się w stabilnych warunkach. Jednak w rzeczywistości warunki nie są przez cały czas takie same: ilość materiału na przenośniku zmienia się, zmienna jest zatem odległość między produktem a miernikiem, zmieniają się właściwości samego produktu (kolor, skład, granulacja), zmiennie są także parametry miernika, bo

► Schemat działania nowoczesnego miernika NIR

◄◄ Wykres pochłaniania promieniowania podczerwonego dla wody

starzeją się jego istotne elementy – lampa i detektor. Prosty sposobem na zniwelowanie wpływu tych zmian na pomiar jest ponowna kalibracja urządzenia. Jednak jest to sposób uciążliwy i często wystarczający na krótki czas. Poszukiwania permanentnego rozwiązania problemu dały rezultat w postaci zmian w konstrukcji miernika NIR.

Pierwsza zmiana polegała na zastosowaniu dodatkowej wiązki promieniowania czyli tzw. wiązki odniesienia. Wiązka odniesienia to promieniowanie podczerwone o długości, której pochłanianie nie jest zależne od zawartości wilgoci. Wiązkę odniesienia uzyskuje się przez zastosowanie innego filtra optycznego i wędruje ona taką samą drogą – do produktu a potem do detektora – jak wiązka pomiarowa. Jednak w przypadku promieniowania odniesienia zmiany intensywności promieniowania odbitego rejestrowane przez detektor są powodowane przez zmianę odległości produktu od miernika, zmianę granulacji lub zanieczyszczenie okna pomiarowego, a nie przez zmianę wilgotności.

Zewnętrzne zakłócenia wpływają w jednakowy sposób na intensywność promieniowania pomiarowego i odniesienia – stosunek tych dwóch wielkości jest stały. Badając stosunek intensywności odbitego promieniowania pomiarowego do odniesienia i wprowadzając odpowiednią korektę, uzyskano pomiar wilgotności niezależny od zmian odległości, granulacji, zanieczyszczeń i tym podobnych zakłóceń.

Naprzemienną emisję fali pomiarowej i fali odniesienia uzyskano przez zastosowanie obracającego się koła, na obwodzie którego umieszczono różne filtry optyczne. Koło wykonuje 30 obrotów na sekundę, podczas każdego obrotu są emitowane kolejno impulsy promieniowania pomiarowego i odniesienia. Dodatkowo jest stosowany także filtr przepuszczający promieniowanie widzialne. O prawidłowej pracy miernika świadczy pulsujące, zielonkawe światło widoczne na powierzchni produktu – światło oznacza, że działa lampa halogenowa (źródło promieniowania), natomiast pulsacje oznaczają, że pracuje silnik napędzający koło z filtrami.

Jak już wspominałem wcześniej, wraz z upływem czasu, wskazania miernika stają się mniej dokładne. Okazało się, że kluczowe elementy urządzenia, tj. lampa i detektor, zmieniają swoje właściwości na skutek ciągłej eksploatacji. Aby wyeliminować wpływ starzenia się tych elementów, wprowadzono kolejną istotną zmianę – zastosowano tzw. wewnętrzną wiązkę odniesienia, która jest emitowana przez lampę i trafia bezpośrednio do detektora. Zmiana właściwości elementów wpływa w taki sam sposób na zmiany sygnałów generowanych przez wewnętrzną wiązkę odniesienia i wiązkę pomiarową. Wykorzystując tę informację, układ sterowania może automatycznie korygować wyniki pomiaru wilgotności. To udoskonalenie zaowocowało

znaczną poprawą stabilności długoterminowej miernika NIR i pozwoliło na wyeliminowanie jego okresowych kalibracji.

Ostatnie zmiany i udoskonalenia służą poprawie efektywności układu optycznego oraz zmniejszeniu ilości energii zużywanej przez lampę halogenową. Przez efektywność rozumie się tutaj stosunek energii promieniowania wysyłanego w kierunku produktu, do energii dostarczanej do lampy. Poprawę efektywności uzyskano przez zastosowanie specjalnego zwierciadła skupiającego promieniowanie. Osiągnięta efektywność wynosząca 60% przewyższa zdecydowanie efektywność typową dla innych urządzeń NIR równą 10-20%. Duża energia sygnału emitowanego oznacza jednocześnie silny sygnał odbity, co daje większą pewność działania urządzenia. Dzięki wysokiej efektywności możliwe jest zastosowanie lampy o niższej mocy (10 wat, zamiast 20 wat u innych producentów), co redukuje ilość ciepła wydzielanego wewnątrz obudowy miernika i wydłuża żywotność elementów elektronicznych.

## WYKORZYSTANIE MIERNIKÓW NIR

Mierniki NIR są stosowane przede wszystkim do ciągłego pomiaru wilgotności produktów sypkich w różnych postaciach: proszków, granulek, płatków, kryształków, bryłek, liści, wiórów, ścinoków itp. Produkty takie są transportowane za pomocą różnego typu przenośników: taśmowych, zgrzeblowych czy ślimakowych – w każdym przypadku miernik NIR zainstalowany nad transportowanym materiałem doskonale radzi sobie ze swoim zadaniem. W przemyśle spotykamy także produkty w postaci płyt, arkuszy, taśm i wstęg lub porcji, które przemieszczają się na specjalnych przenośnikach rolkowych, linkowych lub ślizgowych. W tych przypadkach miernik jest montowany stacjonarnie (mierzy wilgotność w jednym, specyficznym miejscu) lub na ruchomym ramieniu (skanowanie wilgotności na całej szerokości taśmy).



Pomiary są wykorzystywane do bieżącej kontroli jakości produktów gotowych (wilgotność mówi o tym, czy produkt mieści się w granicach specyfikacji) oraz do kontroli procesu suszenia (wilgotność na wyjściu jest parametrem wykorzystywanym do sterowania pracą suszarni). W każdym przypadku pomiar wilgotności służy osiągnięciu konkretnych oszczędności – pozwala na zmniejszenie ilości braków (produktów poza specyfikacją) przez natychmiastowe wychwycenie sytuacji



Miernik wilgotności  
NIR-6000 marki  
Sensortech

Pomiar wilgotności  
w przemyśle  
spożywczym



awaryjnej. W przypadku procesów suszenia, umożliwia z optymalizowanie czasu pracy suszarni i zmniejszenie zużycia energii (produkt suszy się tylko do wymaganej wilgotności, a nie dłużej).



### O CZYM NALEŻY PAMIĘTAĆ?

Pomiar wilgotności metodą NIR ma, jak każda metoda, swoje zalety i ograniczenia. Zaletą jest na pewno możliwość pomiaru bez kontaktu z produktem. Wystarczy, że miernik „widzi” mierzony materiał z odpowiedniej odległości (dla większości transporterów i przenośników jest to łatwe do zrealizowania), a uzyskuje się pewną i stabilną informację.

Ograniczenie zaś stanowi to, że mierzona jest wilgotność na powierzchni produktu, a nie w całej jego objętości. Nie zawsze decyduje to o konieczności odwołania metody NIR – wystarczy, że zapewniona jest jednorodność produktu (wilgotność jest taka sama w całej objętości) lub znana jest zależność między wilgotnością wewnątrz i na powierzchni.

Metoda NIR jest metodą pośrednią. Oznacza to, że dla uzyskania prawidłowych danych na temat wilgotności konkretnego materiału, konieczne jest przeprowadzenie kalibracji z użyciem metody bezpośredniej i urządzenia laboratoryjnego. Próbkę produktu jest mierzona za pomocą miernika NIR oraz urządzenia laboratoryjnego – najczęściej wagosuszarki. Wyniki pomiarów dla próbek reprezentatywnych dla całego zakresu wilgotności zapisuje się w tabeli. Tak stworzona krzywa kalibracji jest zapisywana w pamięci miernika i od tej pory urządzenie wykorzystuje te dane podczas pomiaru tego produktu. Przeprowadzenie kalibracji w opisany wyżej sposób jest wymagane dla każdego produktu.

◀ Pomiar wilgotności osadu

### ZAKOŃCZENIE

Analizując treść obu artykułów opisujących metody pomiaru wilgotności produktów sypkich można stwierdzić, że nie ma jednej, najlepszej metody. Zależnie od parametrów aplikacji, wymagań użytkownika oraz możliwości zainstalowania urządzenia pomiarowego zalecimy taką lub inną metodę. Dzięki szerokości naszej oferty Użytkownik może mieć więc pewność, że zaproponowane przez nas rozwiązanie będzie optymalnie dopasowane do jego aplikacji.



**Jerzy Janota**

Jest absolwentem Wydziału Automatyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach. W Introlu pracuje od 23 lat. Obecnie na stanowisku Dyrektora ds. Rozwiązań Produktowych.

Tel: 32 789 00 09

## Sensortech NIR-6000

Ciągły pomiar wilgotności materiałów sypkich



- pomiar bez kontaktu z produktem
- wysoka dokładność i powtarzalność pomiaru
- łatwość integracji z systemem sterowania
- wykonania specjalne dla różnych aplikacji

Więcej informacji:  
[nir@introl.pl](mailto:nir@introl.pl)

