

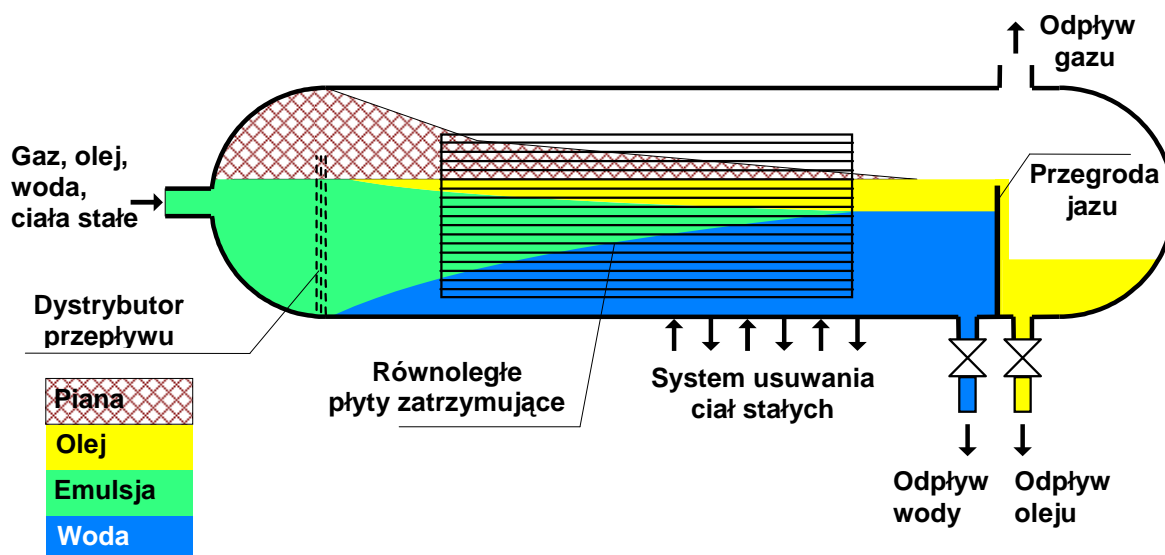
## **Zastosowanie czujników pojemnościowych w automatyzacji procesów monitorowania składu mieszanin heterogenicznych w przemyśle petrochemicznym**

### **1. Wprowadzenie.**

Czujniki pojemnościowe są coraz częściej stosowane w przemysłowych procesach technologicznych do pomiaru poziomu cieczy i materiałów sypkich w dużych zbiornikach jak również do oceny właściwości fizycznych i chemicznych różnych materiałów transportowanych i magazynowanych w zbiornikach. Zasada działania tych czujników polega na zmianie pojemności elektrycznej wskutek wprowadzenia obiektu w pole elektryczne czujnika. Zmiana stałej dielektrycznej obiektu jest dobrym wskaźnikiem zmiany właściwości badanego materiału, które niejednokrotnie muszą być monitorowane w procesach technologicznych. Czujniki pojemnościowe służą również do detekcji niemal wszystkich obiektów metalowych i niemetalowych, włącznie z materiałami przewodzącymi i dielektrykami, których stała dielektryczna jest wystarczająco duża.

Prosta zasada fizyczna działania czujników pojemnościowych oraz bezkontaktowy pomiar jest jedną z zalet czujników pojemnościowych, jednak ich wrażliwość na wpływ zewnętrznych zakłóceń elektromagnetycznych wymaga dużej wiedzy i doświadczenia w praktycznej realizacji w niektórych aplikacjach.

Przykładem nowych obszarów zastosowań czujników pojemnościowych jest przemysł wydobywczy i petrochemiczny. Dotyczy to monitorowania składu mieszanin heterogenicznych w dużych zbiornikach (poziome separatory). W separatorach występują różne komponenty (fazy) przepływowe, takie jak: olej, woda, gaz oraz ich różne mieszaniny w postaci piany i emulsji [1,2]. Podczas wydobywania węglowodorów ze złóż, substancje płynne, pojawiające się w otworach wiertniczych nie są zupełnie czystą ropą naftową lub naturalnym gazem lecz mieszaniną gazu, ropy naftowej i wody, często zawierające składniki stałe jak również organiczne i nieorganiczne osady i pozostałości (w postaci szlamu). Wymienione składniki są wstępnie oddzielane w tak zwanych trójfazowych separatorach (Rys. 1), które umożliwiają uzyskanie trzech frakcji wskutek ich różnej gęstości. Pozwala to na indywidualną produkcję gazu, ropy naftowej i wody, wzajemnie nie zanieczyszczonych.



Rys. 1. Schemat wstępnego separatora  
(Fig. 1. Schematic of the primary separator)

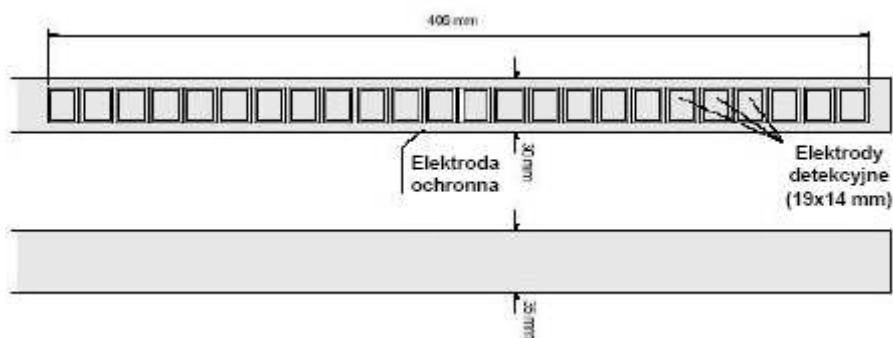
Omówiona koncepcja rozdziału poszczególnych faz - chociaż bardzo prosta, to w praktyce separatory są notorycznie bardzo skomplikowane w obsłudze z powodu braku możliwości wizualnej obserwacji poziomu poszczególnych faz [2]. Co więcej, stosowany termin „interfejs”, dotyczący granicy pomiędzy poszczególnymi frakcjami jest terminem niewłaściwym, ponieważ granice między różnymi komponentami mogą być nieostre, wskutek obecności piany (mieszanina gazu i oleju) i emulsji (mieszanina oleju i wody). Warunki w jakich zachodzą te procesy są bardzo niesprzyjające: temperatura do + 150°C, ciśnienie do 15 MPa, występowanie wysoko korozyjnych płynów - czynią procesy kontrolne nie tylko trudnymi, ale i bardzo niebezpiecznymi. W efekcie sprawia to, że proste metody obserwacji jak np. szklane wzierniki są bezużyteczne. Również inne przyrządy, bazujące na jednopunktowych pomiarach „czystego” interfejsu są nieefektywne z powodu wspomnianego braku ostrości pomiędzy frakcjami.

Dokładny pomiar „on line” zawartości zbiornika jest niezwykle istotny w automatyzacji procesów monitorowania składu mieszanin heterogenicznych w przemyśle petrochemicznym i wydobywczym. Niekontrolowany wzrost zawartości warstw piany i emulsji może powodować zablokowanie całego systemu produkcyjnego i konieczność awaryjnego jego wyłączenia podczas przypadkowego przeniknięcia innej fazy do fazy już produkowanej (np. oleju do wody). Powoduje to nieuchronne płacenie bardzo znacznych kar za zanieczyszczanie środowiska. Ponadto, zatrzymywanie i usuwanie piany i emulsji na morskich terenach wydobywczych (w zatokach) wymaga stosowania bardzo drogich preparatów chemicznych.

## 2. Wielokanałowy system pomiarowy do automatycznego monitoringu przepływów wielofazowych.

W celu uniknięcia w/w problemów podejmowano próby konstruowania różnych czujników (sond pomiarowych) do monitorowania komponentów przepływowych w separatorach, spełniających szereg wymogów, m.in. takich jak: bezpieczeństwo pracy, pewność pomiarów, łatwość instalacji i obsługi, wytrzymałość na warunki środowiskowe [1]. Do chwili obecnej nie istnieje w pełni skuteczne rozwiązanie powyższego problemu. Brak jest rozwiązań komercyjnych. Dotychczasowe próby dotyczyły opracowań o charakterze laboratoryjnym. Autor niniejszego artykułu podjął współpracę z *University of Manchester* oraz *Oilfield Technology Ltd.* (Wlk. Bryt.) w zakresie opracowania, wykonania i wdrożenia wielokanałowego przemysłowego systemu do automatycznego monitorowania rozkładu faz w separatorach. Wstępna koncepcja systemu została zaprezentowana w [1].

Zasada działania sondy pomiarowej polega na pomiarze pojemności dla wielu identycznych elementów czujnikowych (rozmieszczonych wzdłuż długości sondy) pod wpływem zmiany właściwości dielektrycznych substancji wypełniających przestrzeń pomiędzy okładkami dla poszczególnych par kondensatorów (Rys. 2). Techniczna realizacja tego typu pomiarów w warunkach przemysłowych nie jest prosta i wymaga stosowania nowych idei w zakresie technologii wykonania sondy pomiarowej oraz stosowania właściwej metody pomiarowej. Przy realizacji sondy zastosowano technikę wielowarstwowych obwodów drukowanych.



Rys. 2. Sonda pomiarowa w postaci wielowarstwowego obwodu drukowanego  
(Fig. 2. Layout of sensors on the PCB boards)

Wielokanałowy pomiar (32 kanały pomiarowe) bardzo wielu pojemności w zakresie od ułamka pikofarada do kilku pikofaradów z rozdzielczością 0,01 pF (=10 femtofaradów) na tle występowania znacznych pojemności pasożytniczych (rzędu 1-2 nF) koncentrycznych kabli doprowadzających (o długości do 10 m) był kolejnym problemem, który wymagał zastosowania zupełnie nowych rozwiązań układowych. Na Rys. 3 pokazano widok systemu pomiarowego.

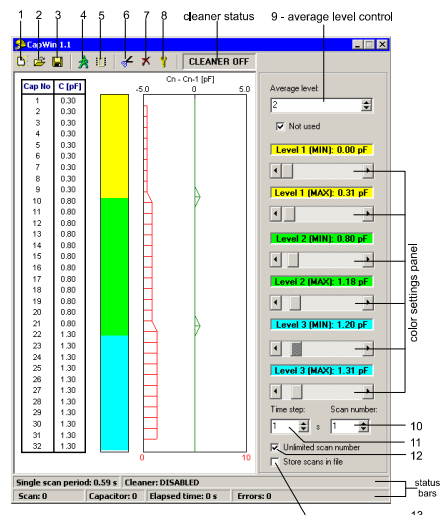


Rys. 3. Widok urządzenia do monitorowania składu mieszanin heterogenicznych  
(Fig. 3. View of the system for monitoring of the heterogenic liquid composition)

Na Rys. 4 pokazano widok okna programu komputerowego do monitorowania składu mieszanin heterogenicznych.

### 3. Podsumowanie

Wykonany system pomiarowy był badany w laboratorium *University of Manchester* oraz w laboratorium *Flow Science* (Instytut Przepływów, Wlk. Bryt.). Dalsze, pogłębione badania wraz z walidacją systemu przeprowadzono w *National Engineering Laboratory* w Glasgow [2]. Pozytywne wyniki wszystkich badań są aktualnie podstawą do uruchomienia pilotowej produkcji tego urządzenia.



Rys. 4. Widok okna programu komputerowego.  
(Fig.4. The main window of the software)

### 4. Bibliografia

1. Kołtątaj J., „Wybrane problemy i nowe idee w zakresie technologii i metrologii przemysłowych czujników pojemnościowych”, VIII Sympozjum Nauk.-Techn. ENP'2003, s. 11-16, Białystok 2003
2. G. Meng, A. Jaworski, J. Kimber, “A multi-electrode capacitance probe for phase detection in oil-water separation process: design, modeling and validation”, *Meas. Sci. Techn.* 17 (2006) pp. 881-894.

### 5. Abstract

The paper presents new, industrial version of the multi-channel capacitance measurement unit for the detection of liquid interface level. The unit was designed with the capacitance probe consisting up to 32 electrodes. The system was tested in several laboratories (in Poland and in Great Britain).