

Rzeczpospolita Polska







TERCJA Systemy Pomiarowe i Komputerowe Stanisław Żwan

Tytuł projektu; Innowacyjne urządzenie do wykonywania testów wydajnościowych naftowych otworów wiertniczych.

1. Opracowanie i badania systemu pomiarowego zawartości fazy dedykowanego dla opracowywanego separatora oraz systemów analizy chemicznej składu rozdzielonych faz.

W ramach realizacji etapu założono w wniosku projektowym osiągnięcie następujących efektów:

1. Uzyskanie wyników badań i opracowanie systemu pomiaru zawartości f azy na poszczególnych odseparowanych fazach wypływu z separatora oraz na przepływie płynu złożowego.

2. Uzyskanie wyników badań i opracowanie systemów pomiarowych wspomagających pracę separatora.

W ocenie autorów sprawozdania efekty te zostały osiągnięte, szczegółowy opis uzyskanych wyników przedstawiono poniżej.

W ramach etapu były prowadzone badania nad systemem pomiaru zawartości fazy oryginalnie opracowanym przez wnioskodawcę (bez ingerencji w przepływ) oraz systemami analizy składu chemicznego. Opracowane rozwiązanie do pomiaru zawartości fazy gazowej i ciekłej w przepływie oparta jest na wykorzystaniu zmiany pojemności generowanej przez różnicę w przenikalności dielektrycznej pomiędzy fazą gazową (parową) a ciekłą. Pomiar zmiany pojemności zbudowany został w oparciu o przetwornik analogowy Delta-Sigma.



Rys.1. Schemat blokowy przetwornika pojemność-cyfra Delta-Sigma

Przeprowadzono obliczenia 3D pojemności badanego układu, przykładowe wyniki obliczeń przedstawiono poniżej w tabeli na rys. 2. Układ składał się z odcinka rury z PMMA (ε_r =3.4), na zewnątrz której osadzono dwie elektrody w postaci symetrycznych fragmentów pierścienia o wysokości 10mm o długości łuku określonej przez kąt zmieniający się od 90° do 150°. Szerokość szczeliny wynosiła odpowiednio od 90° do 30° (25mm do 8.4mm). Na zewnątrz elektrod umieszczono powietrze (ε_r =1), a rura wypełniona była w zależności od rozpatrywanego przypadku wodą (ε_r =80) lub powietrzem.



program_capacitance_czysty: Grid#1 p2 Nodes=153590 Cells=101587 RMS Err= 1.8e-4 Capacitance(uF)= 2.363809e-7 Integral= 1249.996

Kąt elektrod 90° Wypełnienie powietrze





Kąt elektrod 90° Wypełnienie: woda + wewnętrzny cylinder z powietrzem o średnicy 20mm

Rys.2. Rozkład potencjału pola elektrycznego w obszarze międzyelektrodowym w zależności od średnicy wewnętrznego współosiowego cylindra z powietrzem. Wypełnienie rury pomiarowej wodą. Elektrody o kącie 90°.

Kąt elektrod 90° Wypełnienie woda

Przeprowadzone obliczenia umożliwiły wyznaczenie korelacji odpowiedzi zmiany pojemności w stosunku do stopnia zapełnienia. Przeprowadzono obliczenia dla różnych rozmiarów elektrod oraz dla różnych kątów (odległości) ich rozwarcia. Umożliwiło to optymalizację kształtu elektrod ze względu na kryterium czułości na przepływ fazy gazowej.

Kluczowym elementem prac realizowanych w ramach etapu były badania eksperymentalne przeprowadzone z wykorzystaniem skonstruowanego stanowiska badawczego wykorzystującego jako medium robocze płyn złożowy z odwiertów obsługiwanych przez spółkę Exallo Drilling S.A.

Stanowisko pomiarowe składało się z zbiornika o pojemności 2001, który stanowi bufor ropy dla instalacji badawczej, systemu rurociągów, pompy obiegowej, systemu kontrolowanego podawania powietrza (umożliwiającego precyzyjne określenie i kontrolę ilości podawanego powietrza). W ramach stanowiska badawczego zainstalowano również podgrzewacz badanego medium o mocy 1500W i pojemności 12dm³. Stanowisko wyposażono w układ pomiaru temperatury badanego medium. Elementem badanym będzie opracowywany system pomiaru zawartości fazy gazowej. Jego założenia konstrukcyjne opisano powyżej, natomiast fotografię przedstawiono poniżej. Dodatkowo W instalacji zamontowano przepływomierz ultradźwiękowy (miernik natężenia masowego przepływu) oparty na wykorzystaniu przetworników ultradźwiękowych dostępnych komercyjnie (typ TUF2000M), natomiast zintegrowanych w system z dobudowanym oprogramowaniem w ramach projektu. Schematycznie stanowisko przedstawiono na rys.3, natomiast na rys.4 przedstawiono jego fotografię.

Wykorzystując przedmiotowe stanowisko wykonano serie badań eksperymentalnych w ich ramach wykorzystano zarówno wodę destylowaną jak i płyn złożowy pobrany z odwiertów spółki Exallo Drilling S.A. W pomiarach wykorzystano oryginalnie skonstruowane urządzenie, którego fotografie przedstawiono na rys.6, widzimy na nim zarówno elektrody systemu jak i oryginalnie opracowany moduł elektroniczny, którego schemat znajduje się na rys.5. Przedstawione na fotografiach na rys.6 systemu pomiaru zawartości fazy różnią się przerwą pomiędzy elektrodami i kątem ich umieszczenia względem środka odcinka rury pomiarowej. Na rys.7 przedstawiono wyniki pomiarów zmiany pojemności w funkcji ilości podawanego powietrza, które zapewniało dwufazowy charakter przepływu. Wvniki pomiarów przedstawione na rys.7 stanowią niewielką część badań wykonanych dla różnych geometrii elektrod, natężeń przepływu płynu złożowego, masowego natężenia przepływu dostarczonego powietrza. Tak szerokie i systematyczne badania były konieczne ze względu na konieczność wykonania charakterystyk, które umożliwią zastosowanie opracowanego urządzenia w praktyce przemysłowej. W badaniach wykorzystano zarówno wodę destylowaną jak i płyn złożowy dostarczony przez przedsiebiorstwo Exallo Drilling S.A. (grupa PGNiG) podmiot dominujący w krajowym sektorze poszukiwań i wydobycia weglowodorów, prezentowane na rys.7 wyniki zostały wykonane dla płynu złożowego i sprężonego powietrza.



Rys.3 Schemat opracowanego stanowiska laboratoryjnego do badania opracowanego miernika zawartości fazy.



Rys.4. Fotografia stanowiska laboratoryjnego do badania



Rys.5. Schemat elektroniczny miernika zawartości fazy



Rys.6a. Przykładowa fotografia rozmieszczenia elektrod systemu pomiaru zawartości fazy. Odległość pomiędzy elektrodami 40mm.

Rys.6b. Przykładowa fotografia rozmieszczenia elektrod systemu pomiaru zawartości fazy. Odległość pomiędzy elektrodami 2mm.



Rys.7a. Zależność pojemności międzyelektrodowej od ilości podawanego powietrza dla różnych częstotliwości. Odległość (szczelina) pomiędzy elektrodami 2mm.



Rys.7c. Zależność pojemności międzyelektrodowej od ilości podawanego powietrza dla różnych częstotliwości. Odległość (szczelina) pomiędzy elektrodami 40mm.



Rys.8a. Zależność pojemności

międzyelektrodowej od ilości podawanego powietrza dla różnych częstotliwości. Odległość (szczelina) pomiędzy elektrodami 2mm.



Rys.7b. Zależność pojemności międzyelektrodowej od ilości podawanego powietrza dla różnych częstotliwości. Odległość (szczelina) pomiędzy elektrodami 26mm.

Rys.7. Wyniki pomiarów zmiany pojemności obszaru międzyelektrodowego w zależności od ilości podawanego powietrza, dla różnych wielkości przerwy między elektrodami oraz różnych prędkości przepływu (częstotliwości pracy pompy 15Hz, 25Hz, 35Hz, 40Hz). Fotografie wykorzystanych elektrod przedstawia rys.6.



Rys.8b. Zależność pojemności międzyelektrodowej od ilości podawanego powietrza dla różnych częstotliwości. Odległość (szczelina) pomiędzy elektrodami 26mm.



Rys.8. Wyniki pomiarów zmiany pojemności obszaru międzyelektrodowego w zależności od ilości podawanego powietrza, dla różnych wielkości przerwy między elektrodami oraz różnych prędkości przepływu (częstotliwości pracy pompy 15Hz, 25Hz, 35Hz, 40Hz).

Rys.8c. Zależność pojemności międzyelektrodowej od ilości podawanego powietrza dla różnych częstotliwości. Odległość (szczelina) pomiędzy elektrodami 40mm.

Z kolei na rys.9 przedstawiono wizualizację przepływu dwufazowego przed modułem pomiaru zawartości fazy, z widocznym układem podawania powietrza. Medium widocznym na fotografii był płyn złożowy z opróbowań otworów. Strumień wprowadzanego powietrza był kontrolowany za pomocą rotametru.



Rys.9. Fotografia przepływu dwufazowego, przed opracowanym w ramach etapu pojemnościowym elementem pomiarowym zawartości fazy gazowej.

W ramach realizacji etapu prowadzono też prace badawcze nad systemami pomiaru sumy węglowodorów lotnych.

Elementy te nie stanowią oczywiście wszystkich składników systemu jakie będą wykorzystywane w procesie pracy opróbowania złoża a w szczególności procesu separacji. Oryginalny opracowany w ramach projektu system detekcji gazów został poddany badaniom długoterminowej stabilności punktu zerowego dla węglowodorów gazowych. W przypadku pomiaru analizatorem gazów wybuchowych konieczne jest oznaczanie sumy wszystkich lotnych węglowodorów. Proponowany analizator bazuje na wykorzystaniu FID (Flame Ionization Detector). Schematycznie zasadę pracy proponowanego rozwiązania przedstawiono na rys.10. Autorzy niniejszego raportu pragną zaznaczyć, że przedmiotowy analizator jest oryginalną konstrukcją beneficjenta, który od początku swojego istnienia jest dostawcą oryginalnych rozwiązań urządzeń pomiarowych dla przemysłu poszukiwania węglowodorów.



gaz z kolumny chromatograficznej

Praktyczny układ stanowi technicznie rozbudowaną jednostkę pozwalającą osiągnąć dużą czułość i zadawalającą stabilność pracy. Należy zaznaczyć, że prace badawcze nad stabilnością punktu zerowego stanowią niewielką cześć prowadzonych badań nad elementami systemu pomiaru wielkości gazowych w opracowywanym systemie. Na rys. 9a i 9b przedstawiono przekładowe fotografie przebiegów obrazujące otrzymywane podczas prac wyniki - odnoszą się one do 48 i 144 godziny pomiarów.



Rys.9a. Przykładowe wyniki pomiaru punktu zerowego, skala pionowa w jednostkach przetwornika A/C, 48 godzina pomiarów.

Rys.9b. . Przykładowe wyniki pomiaru punktu zerowego, skala pionowa w jednostkach przetwornika A/C, 144 godzina pomiarów.

Dla rozwiązania problemu opracowano całkowicie nowe rozwiązanie, które sprawdzono w warunkach laboratoryjnych. Polegało ono na wprowadzaniu kontrolowanych fluktuacji w przepływie mierzonego gazu. Obserwacja zmian rejestrowanego poziomu, pozwala na obliczenie w sposób pośredni poziomu wskazania dla zerowej zawartości lotnych weglowodorów. Przeprowadzone badania nad tą oryginalnie opracowaną metodą w warunkach laboratoryjnych w przyszłości powinny pozwolić na wytworzenie systemu "autokalibracji", możliwego do zainstalowania w warunkach wiertni poszukiwawczej.

W ramach realizacji etapu prowadzono też prace badawcze nad skonstruowanym automatycznym osuszaczem próbki gazu zbudowanych w oparciu o zjawisko peltiera i filtrację nafionową (rys. 10).

Rys. 10. Schematyczne przedstawienie detektora typu FID (Flame Ionization Detector).



Rys. 10. Schemat osuszacza nafionowego

Kluczowym elementem osuszacza nafionowego jest rurka nafionowa w której zachodzi właściwy proces osuszania próbki gazowej. Umieszczona jest ona w środku drugiej rurki przez którą przepływa powietrze odbierające wilgoć. Podczas przechodzenia gazu zawierającego parę wodną przez rurkę nafionową następuje jej absorpcja na ściankach. Woda migruje wzdłuż ścianki rurki a następnie ulega odparowaniu do otaczającego powietrza w procesie zwanym "przedparowaniem". W ramach projektu zostało opracowane oryginalne rozwiązanie, które poddano badaniom laboratoryjnym. Wykonano badania eksperymentalne wpływu takich parametrów jak temperatura medium, temperatura powietrza, dławienie próbki na wejściu i wyjściu, dławienie powietrza technicznego na wejściu i wyjściu, zmiana natężenia przepływu zarówno medium jak i powietrza technologicznego. W wyniku przeprowadzenia pomiarów wpływu powyższych parametrów na zjawisko osuszania w rurce nafionowej stwierdzono wpływ temperatury na proces osuszania w rurce nafionowej, natomiast wpływ dławienia okazał się nieznaczny. Uzyskane w warunkach laboratoryjnych wyniki pozwoliły na poprawę parametrów pracy opracowywanego urządzenia, a z drugiej strony pozwoliły na zwiększenie wiedzy wnioskodawców co do wpływu tych parametrów na pracę rurki nafionowej.

Kolejnym zagadnieniem badawczym jakie było podnoszone w ramach realizacji etapu były zagadnienie projektu, badania i konstrukcji systemu pomiaru szybkości korozji. Jest to szczególnie istotne ze względu na zagrożenie korozją pracującego separatora i innych urządzeń spowodowane występowaniem w płynie złożowym dużych stężeń siarkowodoru (H₂S). Awarie spowodowane korozją są szczególnie niebezpieczne w strefie zagrożonej wybuchem jaką jest obszar prowadzonego opróbowania.

W kolejnej części działań zbudowano zautomatyzowany układ osuszacza powietrza aparaturowego (rys. 13), niezbędny dla utrzymania w ruchu centralnej jednostki pomiarowej pracującej w pierwszej strefie zagrożenia wybuchowego. Przeprowadzono eksploatacyjne badania osuszacza.



Rys. 13. Schemat konstrukcji zautomatyzowanego osuszacza powietrza technicznego

W ocenie autorów niniejszego sprawozdania i jednocześnie wykonawców etapu wykonano wszystkie przewidziane w niniejszym etapie działania a uzyskane wyniki zostaną wykorzystane w dalszych etapach realizacji projektu.

Szczegóły przeprowadzonych prac w ramach Etapu 1 przedstawiają opracowania;

- 1. Dokumentacja systemu pomiaru zawartości fazy w przepływie płynu złożowego.pdf
- 2. Raport z numerycznych prac obliczeniowych zmiany pojemności w funkcji zmiany stopnia zapełnienia .pdf
- 3. Raport z przeprowadzonych eksperymentalnych badań systemu pomiaru stopnia zapełnienia 9.pdf