

Janusz Kazimierz Krochmal*

BADANIA KĄTA PRZESUNIĘCIA ELEKTRYCZNEGO DLA PRÓBEK PIASKU I BENTONITU**

W Laboratorium Katedry Inżynierii Naftowej Wydziału Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH wykonano prototypowe stanowisko badawcze oparte na nowoczesnym mierniku impedancji firmy Hioki typu 3532 o zakresie częstotliwości od 50 Hz do 5 MHz, którego wyniki doprowadziły do stwierdzenia różnych wartości kąta fazowego φ polaryzacji elektrycznej w piasku drobnoziarnistym i bentonicie w warunkach powietrzno-suchych [1]. Po modernizacji tego stanowiska miernikiem impedancji Hioki typu 3522 zgodnie z realizacją projektu badawczego N524 348335 wykonano testowe badania modelowych próbek piasku drobnoziarnistego i bentonitu w zakresie częstotliwości dostępnej tym miernikiem od 0,001 Hz do 100 kHz. Ośrodki te charakteryzują się różnymi zdolnościami sorpcji wody, która jako składnik silnie polarny wpływa na wartość polaryzacji elektrycznej. Wyniki tych badań potwierdzają przewidywane, na podstawie wcześniejszych badań, zachowanie się ekstremalnej wartości kąta przesunięcia elektrycznego w niższym zakresie częstotliwości.

Celem uzyskania informacji o wpływie wilgotności powietrza na zawartość wody związanej w badanym środowisku zmodernizowano stanowisko badawcze wykorzystując miernik impedancji firmy Hioki typu 3522 oraz homologowany miernik temperatury, ciśnienia i wilgotności firmy LabEl typu LB707, który pozwala na pomiar wilgotności względnej w pełnym zakresie od zera do 100%. Prowadzone pomiary w zamkniętym boksie przy normalnym ogrzewaniu laboratorium, doprowadzały do zerowej wilgotności atmosfery otaczającej badaną próbkę. Fakt ten pozwolił na uzyskanie informacji o wpływie parametrów atmosfery na wynikową wartość przesunięcia kąta fazowego φ w badanym środowisku piasku drobnoziarnistego i bentonitu w stanie powietrzno-suchym. W celu rejestracji tych zmian pomiary prowadzone były wielokrotnie w czasie czterech do pięciu dni.

W artykule przedstawiono testowe wyniki uzyskane na nowym stanowisku badawczym zbudowanym w ramach realizacji grantu badawczego N524 348335. Tego typu po-

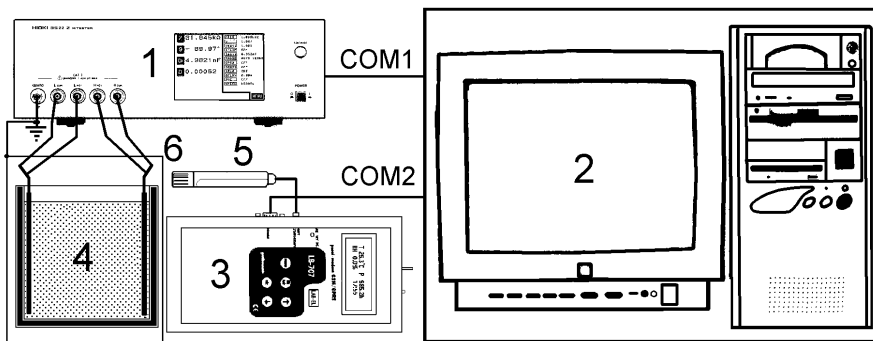
* Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków

** Niniejszy artykuł jest wynikiem prac prowadzonych w projekcie badawczym – N524 348335

miarów wcześniej nie udało się zrealizować ze względu na brak możliwości technicznych (niższy zakres częstotliwości) związanych z poprzednim stanowiskiem badawczym, które autor wykorzystał między innymi do realizacji pracy doktorskiej [1].

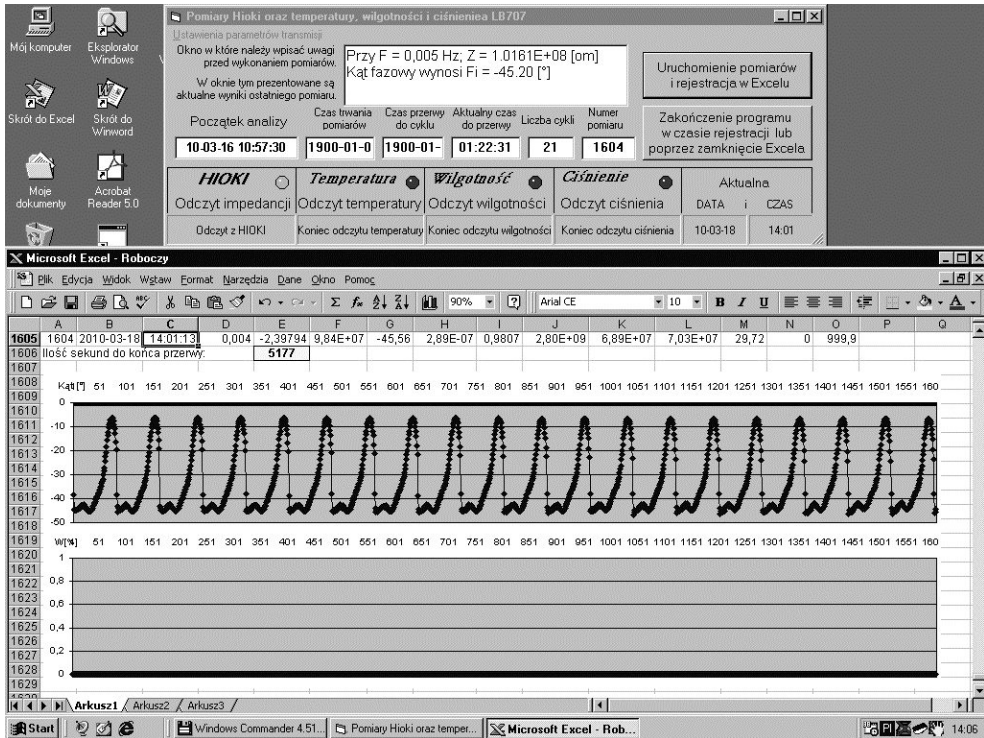
1. PROCEDURA BADAŃ

Badania polaryzacji elektrycznej poprzez pomiar kąta przesunięcia elektrycznego φ prowadzono na stanowisku (rys. 1), którego zasadniczym elementem jest miernik impedancji Hioki 3522 (1) zawierający interfejs RS232C pozwalający na dwustronną komunikację z zestawem komputerowym (2) poprzez COM1. Pomiar temperatury oraz wilgotności czujnikiem (5) i ciśnienia atmosfery naczynka pomiarowego (4) rejestrowano poprzez COM2 miernikiem termohigrobarometrycznym firmy LabEl typu LB707 (3). Badaną próbkę piasku czy bentonitu o objętości około 80 ml umieszczano w szklanym naczynku z elektrodami ze stali nierdzewnej (4). Do analizy polaryzacji elektrycznej wybrano rejestrację w układzie dwuelektrodowym kąta przesunięcia fazowego φ czyli przesunięcia sygnału sinusoidy w czasie przejścia tego sygnału przez próbkę, które można nazwać przesunięciem elektrycznym przy ustalonej częstotliwości [2].



Rys. 1. Schemat zestawu pomiarowego parametrów elektrycznych próbek sypkich. 1 – miernik impedancji Hioki 3522, 2 – zestaw komputerowy, 3 – termohigrobarometr LB707, 4 – naczynko pomiarowe, 5 – czujnik temperatury i wilgotności, 6 – ekran

Jednym z problemów technicznych realizacji oprogramowania w postaci nakładki współpracującej z Excelem (rys. 2) było ustalenie czasu odczytu rejestracji przy najniższej częstotliwości 0,001 Hz. Okazało się, że przejście z rejestracji najwyższej częstotliwości 100 kHz na 0,001 Hz w mierniku Hioki 3522 wymaga wewnętrznego przestawienia się generatora na tę częstotliwość poprzez dwukrotne kształtowanie sinusoidy. Kształtowanie jednej sinusoidy przy częstotliwości 0,001 Hz trwa około 16,67 minut, a pobranie informacji z bufora pamięci wyjściowej przyrządu wymaga powtórzenia pomiaru, dlatego minimalny czas poprawnej rejestracji przy częstotliwości 0,001 Hz wymaga ponad trzykrotnego kształtowania sinusoidy.



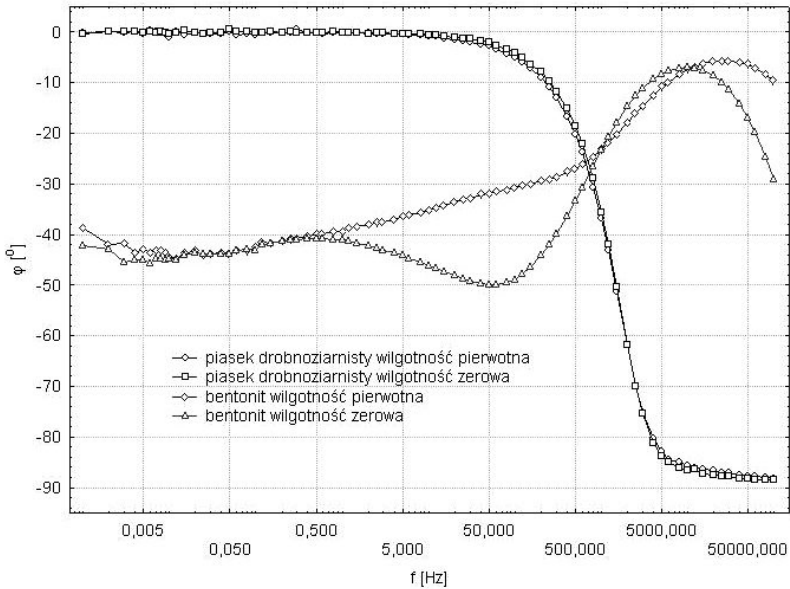
Rys. 2. Widok ekranu w trakcie wykonywanych pomiarów miernikiem impedancji Hioki 3522 i miernikiem termohigrobarymetrem LB707 dotyczącym bentonitu, przy zerowej wilgotności atmosfery otaczającej próbkę

Atmosfera otaczająca naczynko pomiarowe umieszczone w ekranowanej przestrzeni boks pomiarowego przy normalnym ogrzewaniu laboratorium i podniesionej do około 30 °C temperatury boks, posiadała zerową wilgotność (rys. 2). Sytuacja ta pozwoliła na wielodobową rejestrację zmian kąta przesunięcia elektrycznego w wyniku procesu desorpcji wody z badanego materiału, który początkowo cechował się wilgotnością identyczną jak pomieszczenie laboratorium (około 15÷25%).

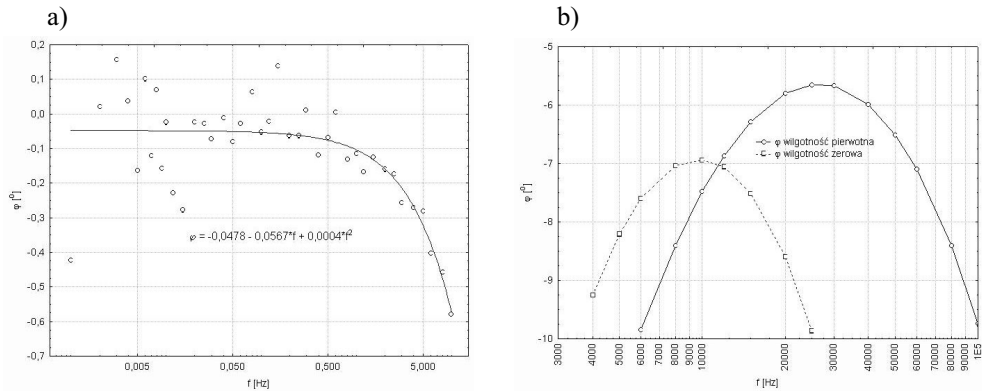
2. WYNIKI POMIARÓW

Zbiórny obraz zachowania się kąta przesunięcia elektrycznego φ bentonitu i piasku drobnoziarnistego od 0,001 Hz do 100 kHz przedstawiono na rysunku 3, zaś na rysunku 4 fragmenty odpowiadające maksymalnej wartości tego kąta.

Z prezentowanych wyników badań wynika, że maksymalna wartość kąta przesunięcia elektrycznego φ w badanym spektrum częstotliwości wynosi około 0,05 Hz dla piasku drobnoziarnistego (rys. 4a), a dla bentonitu około 10 kHz do ponad 25 kHz (rys. 4b).



Rys. 3. Zarejestrowane zmiany kąta przesunięcia elektrycznego ϕ piasku drobnziarnistego i bentonitu



Rys. 4. Zarejestrowane na rysunku 3 fragmenty kąta przesunięcia elektrycznego ϕ odpowiadające maksymalnej wartości tego kąta dla: a) piasku drobnziarnistego; b) bentonitu

Obserwacja zmian kąta ϕ w dłuższym okresie czasu przy zamianach od wilgotności pomieszczenia laboratorium (około 15÷25%) do wilgotności w atmosferze boksu pomiarowego o zerowej wilgotności wskazuje na niewielkie zmiany tego kąta dla piasku drobnziarnistego i duże dla bentonitu. Wynika to z ilości wody związanej siłami sorpcji, która jest niewielka w piasku w porównaniu z bentonitem, co w przypadku piasku daje niewielkie zmiany wartości tego kąta w badanym spektrum częstotliwości (rys. 3).

Bentonit jako aktywny (sorbujący wodę) materiał ilasty zawiera znacznie więcej wody w stanie powietrzno-suchym, dlatego przy wilgotności pierwotnej (pomieszczenia laboratorium 15–25%) obserwowany maksymalny kąt przesunięcia elektrycznego φ ma początkowo większą wartość ($-5,65^{\circ}$) przy około 25 kHz, która przy zerowej wilgotności boksu pomiarowego spada do $-6,94^{\circ}$ a częstotliwość spada do około 10 kHz (rys. 4b).

3. PODSUMOWANIE

1. Wykonane testowe badania kąta przesunięcia elektrycznego φ w spektrum częstotliwości od 0,001 Hz do 100 kHz (zakres pomiarowy miernika Hioki 3522) wykazały istotnie różne wartości częstotliwości odpowiadające obserwowanej maksymalnej wartości tego kąta dla piasku drobnoziarnistego i bentonitu.
2. Prezentowane wyniki badań były możliwe z chwilą pojawienia się mierników impedancji nowej generacji pozwalające na badania materii w polu elektrycznym w zakresie niskich częstotliwości [2].
3. Wykazane tak istotne różnice obserwowanej maksymalnej wartości kąta przesunięcia elektrycznego φ dla piasku i bentonitu stanowią inspirację do dalszych szerszych badań mających na celu udokumentowanie zmian maksymalnej wartości tego kąta dla ośrodków mieszanych złożonych z obu frakcji.

LITERATURA

- [1] Krochmal J.K.: *Badania przesunięcia elektrycznego w wybranych modelach płynów złożowych i skał*. Praca doktorska, WwNiG AGH, 2007 (niepublikowane)
- [2] Krochmal J.K.: *Mierniki impedancji nowej generacji źródłem postępu w pomiarach polaryzacji elektrycznej*. Wiertnictwo, Nafta Gaz (kwartalnik AGH), 4, 2009