

POMIAR METODĄ POLA STEROWANEGO W GŁĘBOKICH OTWORACH WIERTNICZYCH

UKD 550.832.74.05:550.832.6/7

Przy odwiercaniu coraz głębszych otworów wiertniczych istotnego znaczenia nabiera problem wykonywania pomiarów geofizycznych na dużych głębokościach. Wiąże się to zarówno ze sprawą przystosowania większości metod geofizycznych do tych właśnie głębokości, jak też i z opracowaniem zupełnie nowych metod pomiaru niektórych parametrów geofizycznych w głębokich otworach wiertniczych. Pomiaru opornościowe mają najdłuższą tradycję ze wszystkich metod geofizyki wiertniczej, jednak do dziś nie można stwierdzić, aby zostały one wyczerpująco opracowane i by problem wyznaczania oporności właściwej skał został całkowicie rozwiązany.

Zagadnienie pomiarów opornościowych na dużych głębokościach, niezwykle istotne ze względu na pomiar jednego z podstawowych parametrów geofizycznych, jest bardzo skomplikowane. Stosowane dotychczas aparaty typu autokompensacyjnego (ABK-3, TBK-3, KLT-2, KLT-2F) zawierają skomplikowane zespoły elektroniczne w sondzie pomiarowej, determinujące na ogół ich zasięg głębokościowy. Konstruowanie sond z polem sterowanym dla dużych głębokości (jak zresztą w ogóle wszelkich sond odwiertowych), zawierających elementy elektroniczne jest trudne, gdyż wymaga rozwiązania wielu problemów począwszy od opracowania odpowiedniego stopu do lutowania, a na wpływie różnych czynników odwiertowo-geologicznych na pracy poszczególnych układów kończąc.

Pomiary (szczególnie w głębokich otworach wiertniczych) powinny być wykonywane przy minimalnej liczbie zapuszczeń sondy do odwiertu. Każde zapuszczenie wiąże się bowiem z olbrzymią stratą czasu na ruchy sondy w otworze wiertniczym, podczas których nie wykonuje się pomiarów. W związku z tym powinno się dążyć do uzyskania maksymalnej ilości informacji przy minimalnej liczbie zapuszczeń sondy do odwiertu. Zapewnić to mogą jedynie pomiary kompleksowe.

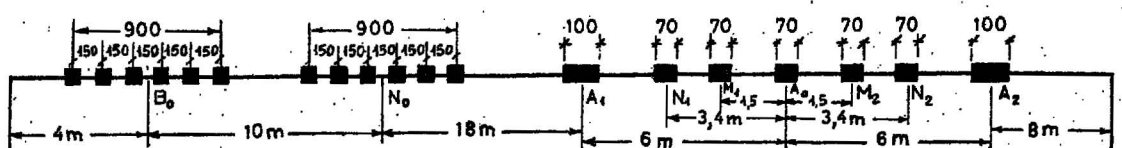
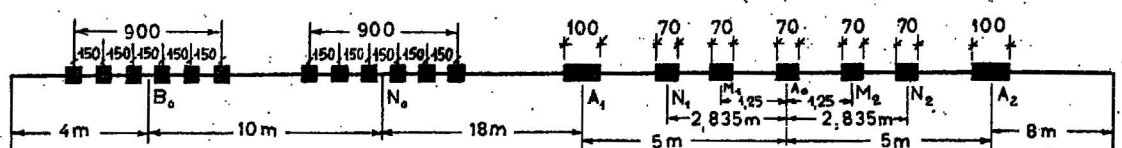
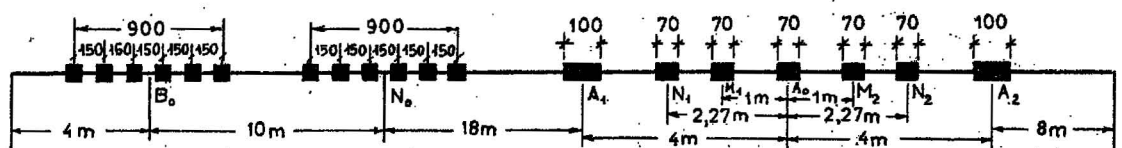
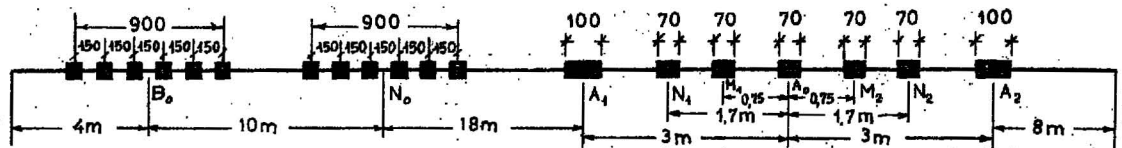
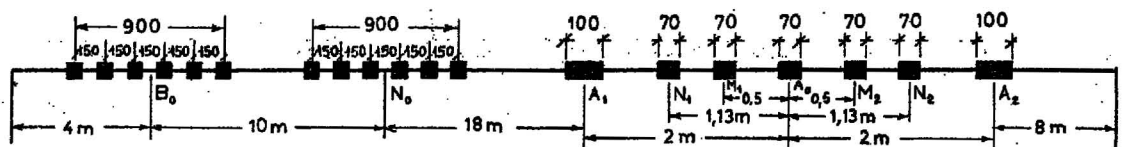
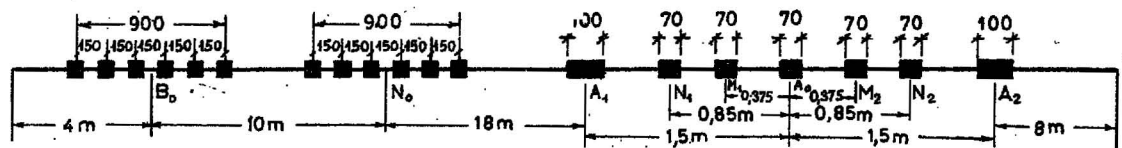
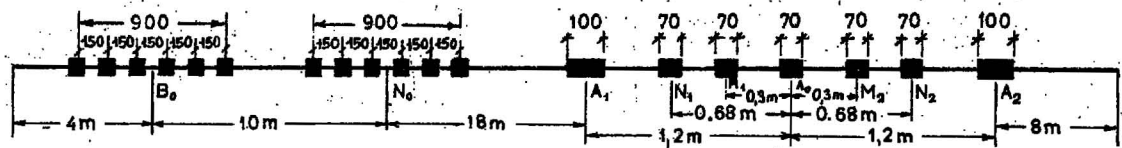
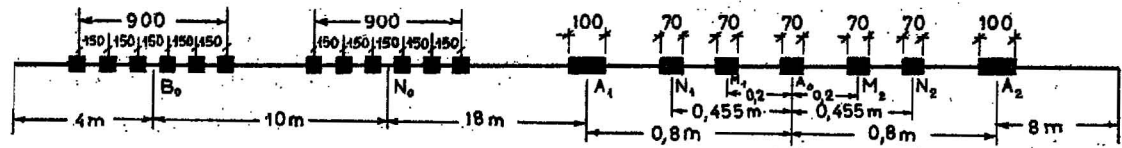
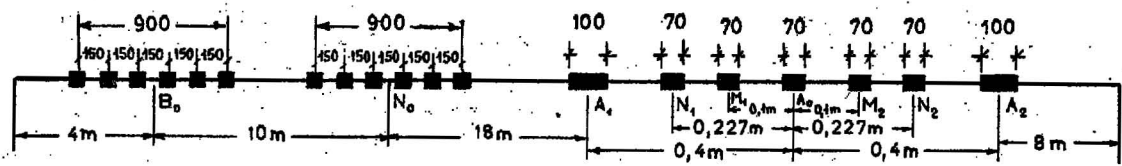
W głębokich otworach wiertniczych należy zatem stosować metody o dużej efektywności. Wiadomo, że w przypadku pomiarów opornościowych klasyczne sondy gradientowe czy też potencjałowe zapewnić to mogą w niewielkim tylko zakresie. Należy więc opracować sposób kompleksowy na podstawie metod ze sterowanym polem, który umożliwiłby pomiar oporności w różnych warunkach geologicznych i wiertniczych.

Wymienione trudności próbuje się pokonać w rozmaity sposób. Zauważyć jednak można dwie podstawowe tendencje:

- konstruuje się kompleksowe sondy ze sterowanym polem z elementów elektronicznych odpornych na wysokie temperatury;
- umieszcza się część elektroniczną sondy w naczyniu Dewara.

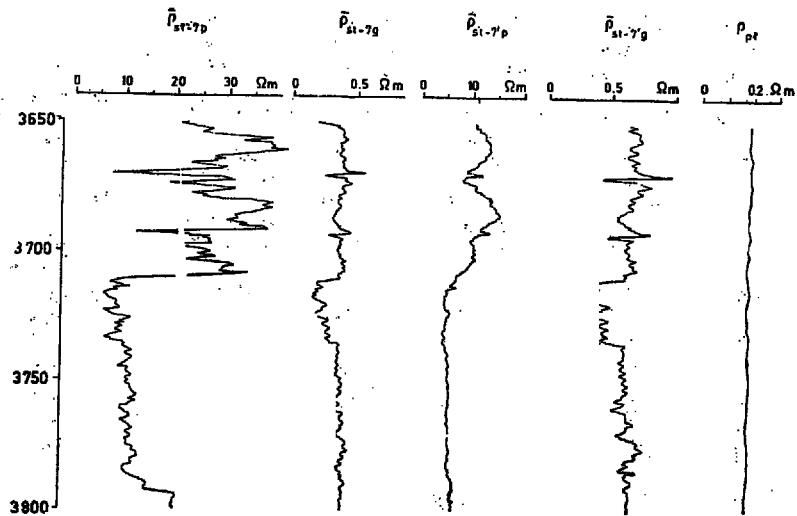
Oba sposoby, jakkolwiek w założeniach swoich jak najbardziej poprawne i słuszne, posiadają jednak podstawową wadę, mianowicie wymagają budowy specjalnej aparatury pomiarowej, wyposażonej w elektroniczną sondę odwiertową, która będzie zawsze miała ograniczony przedział temperatury i ciśnienia, w jakich może poprawnie pracować. Umieszczenie elementów elektronicznych w sondzie wiąże się ponadto w dość istotny sposób z jej niezawodnością.

Najoptymalniejszym rozwiązaniem wydaje się wariant pozbawiony całkowicie elementów elektronicznych w części odwiertowej aparatury. Wymagania te spełnia nowa odmiana metody z ogniiskowym polem, zwana syntetycznym sterowanym profilowaniem oporności (SPO_{st-7}) (6). Krzywe sterowanego profilowania oporności uzyskuje się w tej metodzie przez składanie czterech elementarnych krzywych (zasada superpozycji) zarejestrowanych w określony sposób w otworze wiertniczym za pomocą specjalnej sondy siedmioelektrodowej. Sonda pomiarowa pozbawiona



Ryc. 1. Przykład kompletu krzywych sterowanego sondowania oporności pomierzonych metodą SPO_{st-7} za pomocą sondy A₁ 0,52 N₁ 0,38 M₁ 0,30 A₀ 0,30 M₂ 0,38 N₂ 0,52 A₂ w głębokim otworze wiertniczym (odwiert Z-1).

Fig. 1. An example of a set of curves from remote controlled resistivity logging measured by the method SPO_{st-7} using plummet A₁ 0,52 N₁ 0,38 M₁ 0,30 A₀ 0,30 M₂ 0,38 N₂ 0,52 A₂ in deep borehole (borehole Z-1).



jest całkowicie części elektronicznej, w związku z czym dzięki niej można dokonywać pomiarów w otworach wiertniczych o dowolnej głębokości i średnicy.

Składanie krzywych przeprowadza się w warunkach laboratoryjnych sposobem obliczeniowym za pomocą EMC stosując odpowiednie programy obliczeniowe (7) lub też w sposób automatyczny bezpośrednio na odwiertce z zastosowaniem odpowiedniej aparatury pomiarowej. Aparaturę taką opracowano w Zakładzie Geofizyki Instytutu Górnictwa Naftowego i Gazownictwa w Krakowie oraz skonstruowano na zlecenie IGNiG w Instytucie Fizyki Jądrowej w Krakowie. Przeprowadzone próby w odwiertkach potwierdziły w pełni jej prawidłową pracę oraz dużą przydatność do pomiarów geofizycznych. Obecnie aparatura ta jest wdrażana w zakładzie Badań Geofizycznych „PPG”.

Metoda SPO_{st-7} umożliwia zmianę zasięgu krzywych sterowanego profilowania oporności przez zmianę konfiguracji pola elektrycznego w odwiertce przy niezmięniłej geometrii układu elektrodowego bądź zmianę geometrii układu elektrod sondy. Cechą szczególnie istotną metody SPO_{st-7} jako metody przeznaczonej do badania głębokich otworów wiertniczych jest możliwość uzyskiwania krzywych pomiarowych o różnym zasięgu przy niezmiennianiu geometrii układu elektrod sondy.

Na ryc. 1 przedstawiono przykład kompletu krzywych sterowanego sondowania oporności otrzymanych metodą SPO_{st-7} w głębokim otworze wiertniczym za pomocą sondy A₁ 0,52, N₁ 0,38, M₁ 0,30, A₀ 0,30, M₂ 0,38, N₂ 0,52, A₂. Komplet ten zawiera krzywe o różnym zasięgu (największy zasięg posiada krzywa $\bar{\rho}_{st-7g}$, najmniejszy zaś krzywa $\bar{\rho}_{st-7p}$), które stanowią zatem przykład krzywych sterowanego sondowania oporności uzyskanych sondą o tej samej geometrii, lecz przy różnych konfiguracjach pola elektrycznego.

Zmiana geometrii układu elektrod w sondach autokompensacyjnych praktycznie niemożliwa w przypadku sondy z elektrodami cylindrycznymi oraz możliwa tylko w pewnym zakresie w przypadku sondy z elektrodami punktowymi, nie przedstawia praktycznie żadnego problemu w metodzie SPO_{st-7}. Wykonując pomiary metodą SPO_{st-7} można stosować sondy siedmioelektrodowe o dowolnej geometrii. Na ryc. 2 podano przykłady różnych geometrii układów elektrodowych dla sond stosowanych przy pomiarach metodą SPO_{st-7}.

Kolejną ważną zaletą metody SPO_{st-7} jako metody przeznaczonej do pomiarów w głębokich otworach wiertniczych jest możliwość określenia na podstawie jej krzywych pomiarowych oporności strefy

filtracji, bez potrzeby wykonywania mikroprofilowania oporności. Komplet krzywych SPO_{st-7} zawiera bowiem krzywe sterowanego gradientowego profilowania oporności $\bar{\rho}_{st-7g}$, $\bar{\rho}_{st-7g}$ oraz dwie krzywe wyjściowe ρ_{st} , ρ_{st} o niedużym zasięgu pomiarowym. Krzywe ρ_{st} i $\bar{\rho}_{st-7g}$ zastąpić mogą w przybliżeniu profilowanie bliskiej strefy (proximity log) i za ich pomocą można w większości przypadków uzyskać dość dokładne wartości ρ_{st} . Zasięg pomiarowy krzywych ρ_{st} i $\bar{\rho}_{st-7g}$ jest jednak stosunkowo duży jak na proximity log, w związku z czym nie w każdych warunkach uzyskuje się dokładne wartości ρ_{st} .

Pomiary metodą SPO_{st-7} w wielu otworach wiertniczych potwierdziły w pełni jej przydatność do pomiarów na dużych głębokościach. Szersze jej zastosowanie przede wszystkim może się przyczynić do rozwiązania zagadnienia pomiarów opornościowych, zwłaszcza w głębokich otworach wiertniczych.

WNIOSKI

Rozważono różne aspekty zagadnienia pomiarów metodą pola sterowanego na dużych głębokościach. Przeprowadzona analiza oraz wykonane pomiary eksperymentalne w odwiertkach potwierdziły przydatność metody SPO_{st-7} do pomiarów w głębokich otworach wiertniczych ze względu na:

— prosty i szybki sposób rejestracji krzywych pomiarowych (jednoczesna rejestracja wszystkich krzywych);

— możliwość uzyskania stosunkowo pełnej informacji geofizycznej (rejestruje się co najmniej dwa rodzaje krzywych sterowanego profilowania oporności o różnym zasięgu pomiarowym w skali liniowej bądź logarytmicznej oraz komplet czterech krzywych wyjściowych; sposób interpretacji jest stosunkowo prosty i szybki);

— możliwość wykonywania pomiarów w otworach wiertniczych o dowolnej głębokości i średnicy (głębokość, na której można wykonywać pomiary zależy tylko od wytrzymałości termicznej kabla pomiarowego);

— możliwość wykonywania pomiarów w różnych warunkach geologicznych (skały wysoko-, średnio- i niskoporowe, płuczki zmineralizowane i niezmineralizowane, filtracja podwyższająca i obniżająca, głęboka i płytka).

Należy jednak podkreślić, iż przy wzrastającym wpływie płuczki i strefy filtracji w niskoporowych warstwach znacznie większe możliwości dają profilowania indukcyjne.

LITERATURA

1. Czukin W. T., Mielnikow A. G., Chajtowicz A. J. — Aparatura typu ABK-3 dla trielektrodowego bokowego karotaża. Razw. Geof., 1965, vyp. 7.
2. Doll H. G. — The laterolog new method of electric log with automatic focussing system. J. Petrol. Technol., 1950, no. 11.

Fig. 2. Schemes of seven-electrode measurement plummets used in the practice.

Ryc. 2. Schematy praktycznie stosowanych siedmioelektrodowych sond pomiarowych.

3. Kaszik A. S. — Sposób pomiarów rezystywności w otworach wieloelektrodowych z zondami sфокусировкой тока при оценках высоких сопротивлений пласта. Prikl. Geof., 1969, вып. 67.
4. Kosenkow O. M. — Mnogoelektrodnyje zondy bokowego karotaza. Ibidem.
5. Kozik W. — Wieloelektrodowe sondy pomiarowe z radialnym i osiowym ogniskowaniem pola. Geof. Geol. naft., 1972, nr 7—8.
6. Kozik W. — Siedmioelektrodowe syntetyczne sterowane profilowanie oporności. Nafta, 1973, nr 10.
7. Kozik W., Jeleń J. — Obliczeniowy sposób otrzymywania różnych wariantów krzywych siedmioelektrodowego sterowanego profilowania oporności. Ibidem (w druku).
8. Lepa J., Kozik W., Plewa S. — A systematic theoretical description of multiple point-electrode logging devices. The zoom-log. Acta geoph. pol., 1971, nr 2.
9. Marušiak I. — Princip kontroliruwanoj regulacji тока mnogoelektrodnych karotaznych zondow. Sborn. Geol. Véd. řada UG, 1968, sv. 7.
10. Marušiak I., Těžký A., Jonášová V. — Princip kontroliruwanoj regulacji тока mnogoelektrodnych karotaznych zondow. Ibidem 1969, sv. 8.
11. Marušiak I., Těžký I., Jonášová V. — Princip kontroliruwanoj regulacji тока mnogoelektrodnych karotaznych zondow. Prikl. Geof., 1968, wyp. 51.
12. Owen I. E., Greer W. E. — The Guard Electrode Logging System. J. of Petrol. Technol., 1951, no. 11.
13. Żurawlew W. P., Wasiliewa G. P., Nowikow E. N. — O wyboie optimalnogo trieh-elektrodnogo zonda bokowego karotaza. Razw. Geof., 1966, wyp. 7.

SUMMARY

Various techniques of measurements by the remote controlled field method in deep boreholes are analysed. Attention is paid to difficulties encountered in resistivity measurements at large depths. On that background some basic features of the method of synthetic remote controlled resistivity logging (SPO_{st-7}) are discussed from the point of view of their applicability to measurements in deep boreholes. A special attention was paid to such advantageous features of the method SPO_{st-7} as a complex mode of recording of measurement curves, a possibility of obtaining relatively complete geophysical information (recording several types of resistivity curves with different measurement range in linear or logarithmic scale), relatively simple and rapid mode of interpretation of measurement curves and possibility of taking measurements under various geological-geophysical conditions.

РЕЗЮМЕ

Рассмотрены разные способы решения задачи проведения измерений методом управляемого поля в глубоких буровых скважинах. Обращено внимание на трудности встречаемые при сопротивительных измерениях на больших глубинах. На этом фоне рассмотрены некоторые основные свойства метода синтетического управляемого профилирования сопротивления (SPO_{ст-7}) с точки зрения их пригодности при измерениях проводимых в глубоких буровых скважинах. Особое внимание обращено между прочим на такие хорошие качества метода SPO_{ст-7} как: комплексный способ регистрации измерительных кривых, возможность получения относительно полной геофизической информации (регистрируется несколько видов сопротивительных кривых с разными диапазонами измерений в линейном и логарифмическом масштабе), относительно простой и быстрый способ интерпретации измерительных кривых, возможность проведения измерений в разных геологическо-геофизических условиях.