

ANDRZEJ UHRYNOWSKI

POMIARY NA SIECI MAGNETYCZNYCH PUNKTÓW WIEKOWYCH W POLSCE W 1963 ROKU

(Z prac Zakładu Pomiarów Elektromagnetycznych)

Latem 1963 roku, Pracownia Magnetyzmu Ziemskiego Instytutu Geodezji i Kartografii wykonała, po raz trzeci, obserwację sieci magnetycznych punktów wiekowych. Sieć ta, założona w 1955 roku i obejmująca dwadzieścia zastabilizowanych punktów, po raz pierwszy zaobserwowana została w roku 1957. (Prace IGiK, tom VII, nr 2). W roku 1961 dokonano drugiego pomiaru sieci. Zastosowano wtedy, po raz pierwszy w Polsce, polowe stacje wariograficzne do rejestracji zmian pola magnetycznego w rejonie przeprowadzanych pomiarów. Szczegółowy opis przyjętego sposobu redukcji i wyznaczenia różnicy wartości odpowiednich elementów magnetycznego pola Ziemi między punktem wiekowym i obserwatorium odniesienia, (Δ), oraz wyniki pomiarów, i otrzymane wielkości zmian wiekowych na terenie Polski, opublikowano w pracach IGiK, tom X, nr 2.

Doświadczenia uzyskane w latach 1957 i 1961 pozwoliły na opracowanie metody postępowania umożliwiającej otrzymanie pewniejszego materiału pomiarowego i większych dokładności wyznaczenia Δ , co jest niezbędne przy badaniach rozkładu przestrzennego przebiegu zmian wiekowych na terenie Polski.

Przyjęta metoda polega na zastosowaniu wariografu polowego do rejestracji zmian magnetycznego pola Ziemi w bliskim sąsiedztwie punktu wiekowego. Pozwala to na zredukowanie pomiarów wykonywanych na punkcie w oparciu o magnetogramy zapisane przez ten wariograf. Wielkości zredukowane nie są więc obciążone błędami wynikającymi z nierównoległości przebiegu zmian pola magnetycznego w obserwatorium odniesienia i na punkcie wiekowym. Powodem tej nierówności są różne amplitudy zmian pola magnetycznego w punktach położonych na różnych szerokościach geograficznych i niejednoczesny przebieg zmian dobowych, związanych z czasem miejscowym w punktach o różnych długościach geograficznych. Również krótkookresowe zmiany pola magnetycznego nie przebiegają jednakowo. Stwierdzono na przykład, że są na terenie Polski rejon, gdzie amplitudy pewnego typu zmian zatokowych, szczególnie w składowej pionowej Z nie są jednakowe a nawet zdarza się, że mają różne znaki.

Wyżej wymienione czynniki sprawiają, że redukcje pomiarów wykonanych na punktach oddalonych o więcej niż kilkadziesiąt kilometrów od stacji rejestrującej zmiany pola magnetycznego, mogą być obciążone dość znacznymi błędami. Ustawienie wariografu w pobliżu punktu pomiarowego pozwala na zredukowanie wyników obserwacji o rzeczywiste zmiany pola magnetycznego, jakie zaszły na punkcie w czasie wykonywania pomiarów.

Średnia wartość wyznaczeń sprowadzonych w ten sposób do jednego momentu wyraża się wzorem:

$$\bar{\Delta}_{\text{pom.}} = \frac{F_1 + \delta_1 + F_2 + \delta_2 + \dots + F_n + \delta_n}{n}$$

Wewnętrzne rozbieżności serii wyznaczeń są w takim przypadku spowodowane jedynie błędami przypadkowymi pomiaru, zaś błędy redukcji zależą tylko od jakości i poprawności prowadzonego zapisu zmian pola magnetycznego na polowej stacji wariograficznej.

Wariograf polowy ASKANIA Gv 3, używany w naszych pracach, służy do rejestracji zmian deklinacji magnetycznej D , zmian natężenia składowej poziomej magnetycznego pola Ziemi H , i natężenia składowej pionowej Z . Rejestracja prowadzona jest na papierze światłoczułym o szerokości 12 cm i szybkości przesuwu 2 cm na godzinę. Kasetta może pomieścić ilość papieru wystarczającą na nieprzerwany zapis w ciągu 7–8 dni. Źródłem zasilania lamp i silnika kasety jest prąd zmienny o napięciu 110, 125 lub 225 volt. Oprócz D , H i Z na tym samym papierze rejestrują się zmiany temperatury, linia bazowa i pionowe kreski eksponowane są co godzinę przez specjalny zegar kontaktowy. Wariometry pomieszczone są wewnątrz termostatu i zabezpieczone przed wpływem wilgoci. Wmontowany do termostatu grzejnik i urządzenie termoregulacyjne pozwalają na prowadzenie zapisu w temperaturze 10, 20, 30 lub 40°C, zależnie od temperatury zewnętrznej. Czułość wariometrów, czyli stosunek zmiany D , H lub Z do zmiany odległości odpowiedniej krzywej od linii bazowej, wyrażony w gammach na milimetr, wyznacza się za pomocą specjalnych cewek Helmholtza, wmontowanych na stałe do wnętrza wariografu. Wielkość czułości wariometrów, oznaczana zwykle przez ϵ , jest rzędu 3 γ/mm .

Wartości baz wariografu ustawionego na stacji polowej wyznaczone były za pomocą pomiarów przeprowadzanych na punkcie wiekowym. Pomiaru te, wykonywane w kilku seriach rano i wieczorem, w przeciągu paru dni pozwalały na dokładne określenie wartości bez D , H i Z i ich zmian za pomocą rozwiązania prostego układu równań:

$$B_1 = F_1^{\text{pom}} - \epsilon_{h_1}$$

$$B_2 = F_2^{\text{pom}} - \epsilon_{h_2}$$

$$\dots$$

$$B_n = F_n^{\text{pom}} - \epsilon_{h_n}$$

gdzie h — jest odległością w milimetrach odpowiedniej krzywej od linii bazowej w średnich momentach poszczególnych serii pomiarów.

Dryfty baz D i H były liniowe i nieznaczne, a nawet wielokrotnie równe zeru. Ponieważ w poprzednich latach stwierdzono, że wariometr Z jest wrażliwy na nagłe zmiany temperatury, których trudno w terenie uniknąć wobec zdarzających się często przerw w dopływie prądu elektrycznego, przed przystąpieniem do pomiarów w roku 1963 przeprowadzono staranną kompensację termiczną wariometru Z . W celu zaś całkowitego zabezpieczenia wariometru Z przed zmianami temperatury starano się ustawiać wariograf w piwnicach ziemnych. Powyższe postępowanie pozwoliło otrzymać również liniowy dryft bazy Z .

Dokładna znajomość przebiegu baz wariografu, jak również znajomość czułości wariometrów umożliwiają określenie wartości dowolnego elementu ziemskiego pola magnetycznego na punkcie wiekowym, w dowolnym okresie pracy wariografu na stacji polowej:

$$F_i^{\text{punktu}} = B_F^{\text{punktu}} + \delta B_{F_i}^{\text{punktu}} + \varepsilon_F h_{F_i}^{\text{punktu}}$$

gdzie: δB_{F_i} — jest zmianą bazy D , H lub Z od momentu początkowego rejestracji do momentu i .

W podobny sposób można określić wartość pola dla tego samego momentu i w obserwatorium magnetycznym.

$$F_i^{\text{Obs.}} = B_F^{\text{Obs.}} + \delta B_{F_i}^{\text{Obs.}} + \varepsilon_F h_{F_i}^{\text{Obs.}}$$

Różnica Δ odpowiednich wartości pola magnetycznego na punkcie wiekowym i w obserwatorium w Świdrze będzie zatem równa

$$\Delta F_i = F_i^{\text{punktu}} - F_i^{\text{Obs.}}$$

Łatwo zauważyć, że w przypadku korzystania tylko z zapisu stałego obserwatorium ilość momentów, w których wielkość Δ będzie mogła być wyznaczona, równa się ilości serii wykonanych na punkcie wiekowym pomiarów, przy czym będą one odpowiadały średnim momentom poszczególnych serii wyznaczeń. Wybór tych momentów jest oczywiście zupełnie przypadkowy.

Przy zastosowaniu wariografu polowego do zapisu zmian pola magnetycznego w pobliżu punktu wiekowego, na którym wykonywane są pomiary, jesteśmy w stanie odrzucić te momenty lub okresy rejestracji, w których występują jakieś zakłócenia pola o nierównoległym przebiegu na punkcie i w obserwatorium. Możemy też odrzucić momenty, w których wystąpiły jakieś sztuczne zakłócenia pola, czy to w obserwatorium, czy też na stacji polowej. Do wyznaczenia szukanej wielkości Δ wybrać więc możemy najwłaściwsze momenty lub okresy rejestracji, w których nie występują żadne zakłócenia i przebieg zmian pola jest spokojny.

Ta możliwość ma szczególne znaczenie w przypadkach zakłóceń pola magnetycznego w obserwatorium położonym w pobliżu wielkiego miasta, którego urządzenia mogą wywierać wpływ na zapisy zmian pola.

W przypadkach takich do wykorzystania nadaje się jedynie zapis pochodzący z kilku godzin nocnych, w których zakłócenia nie występują.

Ze względu na to, że w porze nocnej amplitudy zmian pola magnetycznego są znacznie mniejsze niż w dzień, nawet w przypadku punktów znacznie oddalonych od obserwatorium, otrzymane wielkości Δ powinny być dokładne.

W roku 1961 przyjęto podobną metodę wyznaczania Δ , jednak nie udało się nam osiągnąć pełnej kontroli pracy stacji polowych i wyznaczyć dokładnie przebiegu baz poszczególnych wariometrów, co odbiło się w pewnym stopniu na dokładności otrzymanych wyników, szczególnie w składowej pionowej Z .

W roku 1963 szczególną uwagę zwrócono na zagwarantowanie dokładnej znajomości przebiegu baz w ciągu całego okresu pracy wariografu na stacji polowej. W tym celu skrócono okres pracy stacji do sześciu dni i przyjęto następujący program: pierwszy dzień — ustawienie wariografu, zabezpieczenie przewodów, urządzenie ciemni fotograficznej itp., drugi dzień — próby zapisu, wyznaczenie czułości wariometrów, próbne pomiary i wieczorem rozpoczęcie właściwej rejestracji; trzeci dzień — wyznaczenie czułości, wywołanie papieru i wieczorem rozpoczęcie właściwych pomiarów na punkcie wiekowym, zaś po ich zakończeniu wywołanie papieru; czwarty dzień — rano i wieczorem — pomiary na punkcie wiekowym, wyznaczenie czułości, wywołanie papieru i wieczorem rozpoczęcie właściwych pomiarów — pomiary na punkcie wiekowym i wywołanie papieru; szósty dzień — rano pomiary, wyznaczenie czułości, wywołanie papieru i zwinięcie stacji.

Przyjęcie takiego porządku wykonywania pomiarów na punktach wiekowych pozwalało na objęcie wyznaczeniami trzech kolejnych nocy, zaś w razie potrzeby włączenia do obliczeń Δ danych z nocy poprzedzającej rozpoczęcie pomiarów.

Wywoływanie papieru rejestracyjnego każdego wieczoru po zakończeniu prac na punkcie wiekowym miało na celu sprawdzenie, czy w czasie przeprowadzania pomiarów nie miały miejsca jakieś zakłócenia uniemożliwiające wykorzystanie wykonanych wyznaczeń. Pozwalało to także na sprawdzenie, czy wariograf pracuje prawidłowo, gdyż zdarzały się w poprzednich latach przypadki zacięcia się kasety w czasie pracy.

Dla dodatkowej kontroli przebiegu bazy Z cztery razy dziennie wykonywano na stacji polowej wyznaczenie natężenia składowej pionowej Z za pomocą magnetometru BMZ 180.

Opisane powyżej zabiegi, jak zabezpieczenie wariometrów przed wpływem zmian temperatury, staranne wyznaczanie przebiegu baz wariografu za pomocą częstych pomiarów, kilkakrotne wyznaczanie czułości wariometrów itp. miały na celu osiągnięcie takiej pewności i poprawności materiału rejestracyjnego, żeby obliczane z magnetogramów wartości redukcje były obarczone o rząd mniejszym błędem niż pomiary wykonane na punkcie wiekowym. Pozwala to bowiem na utożsamienie błędu wyznaczenia odpowiednich elementów pola magnetycznego na punkcie wiekowym w dowolnym momencie z błędem pomiaru tego elementu.

W dyspozycji zespołu pomiarowego były następujące instrumenty: teodolit magnetyczny ASKANIA, o nominalnej dokładności odczytu $2'$, z nasadzonym deklinatorem niciowym, wyposażonym w dwa magnesy, trzy magnetometry kwarcowe HTM do wyznaczania natężenia składowej poziomej H , nasadzane na wyżej wymieniony teodolit oraz magnetometr BMZ 254, nowego typu, służący do wyznaczania natężenia składowej pionowej Z . Ten ostatni przyrząd różni się od starego typu tym, że magnes główny, kompensujący 80% wielkości pola pionowego, można przemieszczać wzdłuż linii pionowej odsuwając go lub przysuwając do magnesu jednostkowego (ruchomego). Wielkość tego przesunięcia określać można za pomocą odpowiednio umieszczonej skali. Takie rozwiązanie konstrukcyjne zwiększa zakres stosowania BMZ-tu z kilku do kilkudziesięciu tysięcy gamma oraz daje możliwość kontroli magnesów dodatkowych i magnesu obrotowego.

Jak wyżej podano, na każdym punkcie wiekowym starano się wykonać sześć pomiarów w ciągu czterech dni. Każdy pomiar składał się z następujących wyznaczeń: trzech serii deklinacji poprzedzonych rozkręceniem nici i obejmujących 3-krotne wyznaczenie kierunku południka magnetycznego za pomocą dwóch magnesów; trzech serii wyznaczenia natężenia składowej poziomej H — każdym magnetometrem po jednej zawierającej dwa niezależne wyznaczenia oraz dwóch lub trzech serii wyznaczenia natężenia składowej pionowej Z po sześć odczytów dysku w każdej i poprzedzonych wyznaczeniem miejsca zerowego położenia skali i poprawki dysku. Ponieważ wszystkie punkty wiekowe są zastabilizowane i azymuty astronomiczne wybranych celów ziemskich pomierzone w latach poprzednich, w roku 1963 wyznaczono tylko azymuty magnetyczne tych celów.

Błędy średnie pomierzonych elementów magnetycznego pola Ziemi D , H i Z nie przekraczają: $1,0'$ w deklinacji, $4''$ w H i $6''$ w Z .

Bogaty i wartościowy materiał pomiarowy, otrzymany w roku 1963, pozwolił w zestawieniu z wynikami z lat poprzednich na uzyskanie interesujących danych o zmianach wiekowych magnetycznego pola Ziemi na terenie Polski. Niezależnie od tego pomiary sieci punktów wiekowych, przeprowadzone w roku 1963, można traktować jako etap przygotowawczy do planowanego na rok 1964 i 1965 zdjęcia magnetycznego Polski. Podobne obserwacje sieci magnetycznych punktów wiekowych przeprowadzone będą w roku 1966.

Omówiona w niniejszej pracy metoda postępowania przy pomiarach, redukcjach i wyznaczaniu Δ pozwoliła na określenie z wysoką dokładnością zmian wiekowych pola magnetycznego w okresie wykonywania zdjęcia. Otrzymane wyniki umożliwią dokładne zredukowanie do jednej epoki wszystkich pomiarów, wykonanych w ciągu dwóch lat, na poszczególnych punktach zdjęcia, co będzie podstawą do sporządzenia odpowiednich map magnetycznych.