



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 15.06.1973 (P. 163 365)

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 01.03.1975

Opis patentowy opublikowano: 01.03.1977

MKP G01r 33/06

Int. Cl.² G01R 33/06

CZYTELNIA

Urząd Patentowy
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

Twórcy wynalazku: Włodzimierz Zbieranowski, Czesław Hunter

Uprawniony z patentu: Polska Akademia Nauk, Instytut Fizyki,
Warszawa (Polska)

Sposób i urządzenie do pomiaru pola magnetycznego

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób i urządzenie do pomiaru pola magnetycznego przy użyciu czujników hallotronowych, przeznaczone do pomiarów z wysoką dokładnością pola magnetycznego w małych szczelinach i o dużym gradiencie.

Dotychczas stosowane układy hallotronowe przystosowane są zwykle alternatywnie do pomiaru stałych lub zmiennych pól magnetycznych. Wyposażone są w kilka wymiennych czujników hallotronowych, pracujących w różnych zakresach pomiarowych, przy czym każdy z hallotronów współpracuje z dostosowanym do odpowiednich warunków pracy wzmacniaczem pomiarowym i miernikiem.

Znany jest przyrząd do pomiaru stałych i zmiennych indukcji magnetycznych, wyposażony w hallotron, którego elektrody prądu sterującego połączone są przy pomiarze zmiennych pól magnetycznych poprzez jeden dwupozycyjny przełącznik w jednym jego położeniu z zasilaczem stabilizowanym prądu stałego. W drugim położeniu tego przełącznika odbywa się pomiar stałych pól magnetycznych i elektrody te są połączone wówczas z generatorem prądu przemiennego. Elektrody napięciowe hallotronu są połączone poprzez drugi przełącznik w jednym jego położeniu ze znanym torem pomiarowym. Torem pomiarowym jest układ połączeń przedwzmacniacza pomiarowego, detektora, elementu regulacyjnego i miernika.

Te znane układy pomiarowe z hallotronami mają

2

dokładność rzędu 2,5% — 0,1%. Dodatkową ich wadą jest konieczność dokonywania legalizacji okresowej, ponieważ mimo stosowania różnego rodzaju zabiegów kompensacyjnych i stabilizujących parametry czujników hallotronowych, zmieniają one swoje właściwości w miarę upływu czasu. Stosowane wzorcowe magnesy służące do zerowania układu przed rozpoczęciem pomiaru także ulegają starzeniu, co wpływa na zmianę natężenia pola cechowania. Utrzymanie odpowiednio wysokiej dokładności mierników hallotronowych w dłuższym czasie nie jest możliwe ze względu na fakt, iż działają one na zasadzie zmian własności materiałowych w funkcji wielkości mierzonej.

5 Celem wynalazku jest umożliwienie dokonywania pomiaru za pomocą czujnika hallotronowego wykorzystanego w układzie pomiarowym, w którym dokładność pomiaru byłaby określana w trakcie pomiaru, nie za pośrednictwem obserwacji zmian własności materiałowych.

10 Cel ten osiągnięto przez opracowanie sposobu i urządzenia do pomiaru pola magnetycznego metodą różnicową przy użyciu czujników hallotronowych.

15 W zakresie sposobu istota wynalazku polega na tym, że indukcję magnetyczną mierzonego pola magnetycznego, korzystnie dwukrotnie, porównuje się z indukcją magnetyczną wzorcowego pola magnetycznego porównując wielkości napięć Halla, będących funkcjami obu pól i wykrywanych czujni-

kami hallotronowymi, a jako moment pomiaru pola magnetycznego obiera się stan, gdy napięcia Halla równoważą się do zera. Wielkość indukcji magnetycznej wzorcowego pola magnetycznego zmienianego w sposób ciągły określa się w chwili pomiaru za pomocą zjawiska magnetycznego rezonansu jądrowego. Powtórzone porównanie indukcji magnetycznej mierzonego pola z indukcją pola wzorcowego, dokonuje się przy zamienionych położeniach czujników hallotronowych w stosunku do pierwszego pomiaru.

Inna wersja sposobu pomiaru pola magnetycznego, jako istotę ma to, że indukcję magnetyczną mierzonego pola magnetycznego porównuje się z indukcją magnetyczną wzorcowego pola magnetycznego porównując wielkości napięć Halla, będących funkcjami obu pól i wykrywanych czujnikami hallotronowymi. Jako element pomiaru pola magnetycznego odbiera się stan, gdy oba napięcia Halla równoważą się poprzez działanie na czujniki hallotronowe wzorcowy i pomiarowy polami magnetycznymi o stałej znanej różnicy. Wielkość indukcji magnetycznej wzorcowego pola magnetycznego zmienianego w sposób ciągły określa się w chwili pomiaru za pomocą zjawiska magnetycznego rezonansu jądrowego. Stała znana różnica indukcji obu pól, mierzonego i wzorcowego wynika z istniejącej różnicy charakterystyk czujników lub wywołuje się ją w celu rozszerzenia zakresu pomiarowego.

Istota urządzenia do stosowania obu wersji sposobu polega na tym, że wzorcowy czujnik hallotronowy dołączony do zasilacza, wraz z dodatkowym czujnikiem hallotronowym, znajduje się w obszarze wzorcowego pola magnetycznego, wywołwanego korzystnie przez wzorcowy elektromagnes i jest połączony poprzez wskaźnik równowagi z pomiarowym czujnikiem hallotronowym, umieszczonym w obszarze mierzonego pola magnetycznego wywołwanego przez elektromagnes i dołączonym do drugiego zasilacza. Dodatkowy czujnik hallotronowy połączony jest z miernikiem magnetycznego rezonansu jądrowego.

Korzyścią techniczną, wynikającą z zastosowania wynalazku jest to, że powstaje możliwość dokładnego wykonania pomiaru indukcji w małych szczelinach magnesów lub elektromagnesów i o dużym gradiencie. Dokładność pomiaru jest wyższa niż w typowych układach hallotronowych wysokiej jakości. Korzyści te wynikają z wysokiej dokładności miernika magnetycznego rezonansu jądrowego, co pozwala uznać go za absolutny wzorzec odniesienia, oraz wysoka czułość i mała objętość czujników hallotronowych, wykazujących w połączeniu różnicowym znaczną stabilność krótkoczasową. Dodatkowymi zaletami jest to, że pomiar odbywa się ze stałą czułością i nie jest wrażliwy na zmiany temperatury i na wpływ indukcji mierzonej.

Przedmiot wynalazku jest szczegółowo opisany poniżej z wykorzystaniem rysunku przedstawiającego schemat urządzenia według wynalazku.

Urządzenie według wynalazku ma wzorcowe źródło pola magnetycznego M_1 o znanej wielkości indukcji magnetycznej B_1 oraz źródło pola magnetycznego M_2 , którego indukcję magnetyczną B_m

mierzy się. We wzorcowym polu magnetycznym o indukcji B_1 umieszczony jest wzorcowy czujnik hallotronowy h_1 oraz dodatkowy czujnik hallotronowy h_d połączony z miernikiem magnetycznego rezonansu jądrowego MRJ. Czujnik wzorcowy h_1 zasilany jest z zasilacza Z_1 poprzez rezystor R_1 i jego wyjście napięcia dołączone jest do wskaźnika równowagi układu G , przykładowo galvanometru i poprzez rezystor R jest połączone z wyjściem napięciowym pomiarowego czujnika hallotronowego h_2 .

Pomiarowy czujnik hallotronowy h_2 umieszczony jest w polu magnetycznym M_2 , którego indukcję B_m mierzy się. Czujnik h_2 zasilany jest z drugiego zasilacza Z_2 poprzez rezystor R_2 . Źródłami pola magnetycznego M_1 i M_2 są magnesy, a w przypadku źródła wzorcowego pola M_1 jest to elektromagnes. Czujniki hallotronowe h_1 i h_2 są umieszczone w szczelinach odpowiednich magnesów. Jak już wspomniano, wyjścia napięciowe czujników są połączone różnicowo w obwodzie z rezystorem R i wskaźnikiem stanu równowagi G układu. Zasilacze Z_1 i Z_2 są źródłem prądów I_{h1} i I_{h2} zasilających obwody prądowe czujników.

Pole magnetyczne mierzone za pomocą miernika magnetycznego rezonansu jądrowego MRJ można uznać za wzorcowe, ponieważ układ pomiarowy jest tak skonstruowany, że podstawą jego działania jest obserwacja zjawiska fizycznego niezależnego od czasu, temperatury i innych czynników zewnętrznych.

O ile charakterystyki hallotronów różnią się znacznie, to połączenie różnicowe eliminuje w znacznym stopniu wszystkie źródła błędów.

Dokonując pomiaru indukcji magnetycznej B_m w szczelinie magnesu M_2 , dobiera się taką wartość indukcji wzorcowej B_1 , aby napięcia Halla U_1 i U_m obu czujników były równe. Wskazówka równowagi G wskazuje wówczas zerowe wychylenie, a indukcja mierzona B_m winna być równa indukcji wzorcowej B_1 , kontrolowanej magnetometrem jądrowym, to znaczy miernikiem magnetycznego rezonansu jądrowego MRJ. Jednakże ze względu na różnice charakterystyk $U=f(B)$ obu czujników hallotronowych, równym napięciom odpowiadają różne wartości indukcji.

W różnicowym układzie hallotronów pomiary w odniesieniu do indukcji wzorcowej B_1 według wynalazku dokonuje się dwoma sposobami, a mianowicie: gdy uwzględni się, że różnica indukcji magnetycznej jest funkcją tej wartości indukcji oraz przy przemiennym stosowaniu czujników hallotronowych h_1 i h_2 .

W przypadku najprostszym, gdy znany jest przebieg funkcji $\Delta B=f(B)$, można dokonać pomiarów wartości bezwzględnych indukcji mierzonej B_m biorąc pod uwagę ustaloną uprzednio wartość różnicy indukcji magnetycznej ΔB dla każdej wartości indukcji wzorcowej B_1 . Ze względu jednak na niestabilność parametrów hallotronów w funkcji czasu i czynników zewnętrznych nie zapewnia to odpowiednio wysokiej dokładności pomiaru. Można ją znacznie zwiększyć przez każdorazowe umieszczenie pomiarowego czujnika hallotronowego h_2 w polu wzorcowym M_1 i regulowanie opo-

rem R_2 prądu I_{h2} tak, aby dla danej wartości indukcji wzorcowej B_1 różnica napięć Halla była równa zero.

Sposób ten nie pozwala uniknąć błędów związanych z niedokładnością ustalenia różnicy napięć Halla $U_h=0$, z krótkotrwałą niestalością stanu kompensacji układu oraz różnicą kształtu hallotronów. Zaletą przedstawionego sposobu pomiaru jest natomiast możliwość wykonania pomiaru w sposób stosunkowo prosty i szybki.

Dokonując sposobu pomiaru indukcji magnetycznej przy przemiennym stosowaniu czujników hallotronowych, kierować się należy założeniem, że w czasie trwania pomiaru niestabilność parametrów czujników hallotronowych i całego układu jest bardzo mała; przez umieszczenie na przemian np.: pomiarowego czujnika hallotronowego h_2 w polu wzorcowym M_1 o indukcji wzorcowej B_1 , a czujnika wzorcowego h_1 w polu mierzonym M_2 i następnie na odwrót, to jest pomiarowego czujnika hallotronowego h_2 , w polu którego indukcję mierzy się B_m , a czujnika h_1 w polu wzorcowym M_1 znacznie zwiększa się dokładność pomiaru, aż do bliskiej w metodzie magnetycznego rezonansu jądrowego.

Mierzonej wartości indukcji magnetycznej B_m w pierwszym przypadku przy skompensowaniu napięć, odpowiada wartość wzorcowej indukcji magnetycznej B_1 .

Po zamianie czujników hallotronowych położeniami, to znaczy, gdy czujnik pomiarowy h_2 jest w polu wzorcowym, a wzorcowy czujnik hallotronowy h_1 w polu pomiarowym, indukcji mierzzonego pola magnetycznego B_m odpowiada wzorcowe pole magnetyczne indukcji B_1 . Pomiar indukcji B_m pola mierzzonego M_2 nie jest obarczony błędami wynikającymi ze zmian materiału, z jakiego wytworzony jest hallotron, niedokładnością odczytu napięcia i innymi. Możliwe to jest w praktyce przy zachowaniu warunku, że zależności termiczne czujników hallotronowych winny mieć ten sam znak. Stwierdzono, że zasilacze obwodów prądowych hallotronów winny być stabilne i nie należy łączyć ich ze sobą galwanicznie.

zastrzeżenia patentowe

1. Sposób pomiaru pola magnetycznego metodą różnicową przy użyciu czujników hallotronowych, **znamienny tym**, że indukcję magnetyczną mierzzonego pola magnetycznego, korzystnie dwukrotnie, po-

równuje się z indukcją magnetyczną wzorcowego pola magnetycznego porównując wielkości napięć Halla będących funkcjami obu pól i wykrywanych czujnikami hallotronowymi, a jako moment pomiaru pola magnetycznego obiera się stan, gdy oba napięcia Halla równoważą się do zera, przy czym wielkości indukcji magnetycznej wzorcowego pola magnetycznego zmienianego w sposób ciągle określa się w chwili pomiaru za pomocą zjawiska magnetycznego rezonansu jądrowego, a powtórnego porównania indukcji magnetycznej mierzonego pola z indukcją pola wzorcowego dokonuje się przy zamienionych położeniach czujników hallotronowych w stosunku do pierwszego pomiaru.

2. Sposób pomiaru pola magnetycznego metodą różnicową przy użyciu czujników hallotronowych, **znamienny tym**, że indukcję magnetyczną mierzzonego pola magnetycznego porównuje się z indukcją magnetyczną wzorcowego pola magnetycznego porównując wielkości napięć Halla, będących funkcjami obu pól i wykrywanych czujnikami hallotronowymi, a jako moment pomiaru pola magnetycznego obiera się stan, gdy oba napięcia Halla równoważą się poprzez działanie na czujniki hallotronowe wzorcowy i pomiarowy, polami magnetycznymi o stałej znanej różnicy, przy czym wielkość indukcji magnetycznej wzorcowego pola magnetycznego zmienianego w sposób ciągle określa się w chwili pomiaru za pomocą zjawiska magnetycznego rezonansu jądrowego, przy czym stała znana różnica indukcji obu pól mierzzonego i wzorcowego wynika z istniejącej różnicy charakterystyk czujników lub wywołuje się ją w celu rozszerzenia zakresu pomiaru.

3. Urządzenie do pomiaru pola magnetycznego, zawierające czujniki hallotronowe połączone z zasilaczami, **znamiennie tym**, że wzorcowy czujnik hallotronowy (h_1), dołączony do zasilacza (Z_1) wraz z dodatkowym czujnikiem hallotronowym (h_d) znajduje się w obszarze wzorcowego pola magnetycznego (B_1) wywoływanego korzystnie przez wzorcowy elektromagnes (M_1) i jest połączony poprzez wskaźnik równowagi (G) z pomiarowym czujnikiem hallotronowym (h_2) umieszczonym w obszarze mierzonego pola magnetycznego (B_m) wywołanego przez elektromagnes (M_2) i dołączonym do drugiego zasilacza (Z_2), przy czym dodatkowy czujnik hallotronowy (h_d) połączony jest z miernikiem magnetycznego rezonansu jądrowego (MRJ).



