

PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

308 096

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:

G01V 3/40 (2006.01)

G01V 1/00 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2015-221**
(22) Přihlášeno: **09.06.2014**
(30) Právo přednosti:
30.07.2013 CN CN2013103248841
(40) Zveřejněno: **29.04.2015**
(Věstník č. 17/2015)
(47) Uděleno: **20.11.2019**
(24) Oznámení o udělení ve věstníku:
02.01.2020
(Věstník č. 1/2020)
(86) PCT číslo: **PCT/CN2014/079467**
(87) PCT číslo zveřejnění: **WO 2015/014161**

(56) Relevantní dokumenty:
CN 1057113 A; CN 1057113 A; CN 1553218 A.

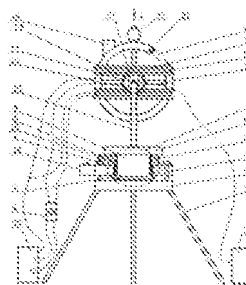
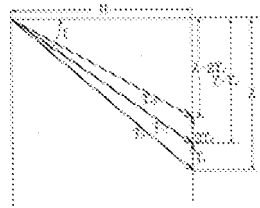
(73) Majitel patentu:
China Metallurgical Geology Bureau Geological
Exploration Institute Of Shandong Zhengy,
Shandong 250101, CN

(72) Původce:
Jiandong Gao, Shandong 250101, CN

(74) Zástupce:
INPROCHES, patentová a známková kancelář,
Mgr. Alžběta Jurtíková, Mezírka 1, 602 00 Brno

(54) Název vynálezu:
**Způsob vysoce přesného měření
geomagnetických vektorů v terénu a
zařízení pro provedení tohoto způsobu**

(57) Anotace:
Způsob vysoce přesného měření geomagnetických vektorů v terénu a zařízení pro provedení tohoto způsobu, kdy se změří běžné magnetické pole T_0 bez přídavného magnetického pole a 2 hodnoty výsledného magnetického pole T_{-1} a T_{-2} , kdy se geomagnetické pole přidá k vertikálnímu magnetickému poli T_f směřujícímu vzhůru a dvojnásobnému magnetickému poli $2T_f$ kolmo vzhůru s využitím stativu (1), vertikální cívky (20) a magnetometru (22) pro měření výsledného magnetického pole a vypočte se vertikální složka Z , horizontální složka H magnetického pole a geomagnetická inklinace I . Poté se nastaví horizontální cívky (21) tak, aby se geometrické středy vertikální a horizontální cívky (20, 21) překrývaly, změří se hodnoty T_{+II} a T_{-II} výsledného magnetického pole, poté, co k geomagnetickému poli bylo přidáno horizontální dopředné magnetické pole a horizontální zpětné magnetické pole s využitím magnetometru (22) pro měření výsledného magnetického pole a vypočte se geomagnetická deklinace D dle následujícího vztahu: Geomagnetická deklinace $D = D_0 - D_1$, kde D_0 je přednastavená hodnota rovná úhlu mezi podélnou osou horizontální cívky (21) a geografickým severem a D_1 je vypočítaná hodnota z hodnot T_0 , T_{-1} a T_{-2} .



CZ 308096 B6

Způsob vysoce přesného měření geomagnetických vektorů v terénu a zařízení pro provedení tohoto způsobu

5 Oblast techniky

Vynález se týká způsobu vysoce přesného měření geomagnetických vektorů v terénu ve fyzikální geografii a zejména se týká způsobu vysoce přesného měření geomagnetických vektorů v terénu a zařízení pro provedení tohoto způsobu měření.

10

Dosavadní stav techniky

Měření geomagnetického vektoru může účinně snížit mnohotvárnost v inverzi geofyzikálního průzkumu a přispět ke kvalitativnímu a kvantitativnímu vysvětlení magnetické podstaty. V současné době zahrnují běžná geomagnetická měřicí zařízení, která se používají pro fyzikálně-geografické výzkumy doma i v zahraničí, protonový magnetometr, magnetometr s optickým čerpáním nebo Overhauserův protonový magnetometr. Používat tyto magnetometry na volném prostranství je velmi jednoduché, přesnost měření již dosáhla nebo i překročila 1 nT, mohou měřit skalární hodnotu intenzity výsledného geomagnetického pole, nicméně, magnetometr pro měření celkového magnetického pole nemůže měřit vektory geomagnetického pole. Při měření geomagnetického vektoru na volném prostranství je možné použít jen fluxgate tříkomponentový magnetometr s nízkou přesností a chybou měření až 10 nT. Tento typ magnetometru nemůže uspokojit potřeby profesionálního geofyzikálního výzkumu. V současné době je znám komerčně dostupný vektorový magnetometr didD vyráběný firmou CEM Corporation (Canada). Tento magnetometr představuje mezinárodně pokročilou úroveň měření geomagnetického vektoru. Způsob měření používaný u vektorového magnetometru didD je následující: přimontují se dvě sady ortonormálních cívek na sondu vysoce přesného magnetometru pro měření celkového magnetického pole, osy ortogonálních cívek jsou orientovány ortogonálně s vektorem F geomagnetického pole v horizontální rovině a meridiální rovině. Nejprve se zaznamená výsledné magnetické pole T bez klidového proudu, pak se vstupními klidovými proudy o stejné velikosti, ale v opačném směru závitů cívky, kde axiální osy jsou kolmé k T v meridiánové rovině, přesněji cívky magnetické inklinace (I), zaznamená se výsledné magnetické pole mezi magnetickým vychylovacím polem, které bylo vytvořeno dvěma klidovými proudy a geomagnetickým polem, s názvy I_p a I_m , stejným způsobem se provede vstup klidových hodnotově shodných proudů stejné hodnoty, které jsou směrově opačné v cívkách v axiálním směru kolmo k T v horizontální rovině, přesněji magnetická deklinace (D), záznam výsledného magnetického pole mezi výchylkou magnetického pole způsobenou těmito dvěma klidovými proudy a geomagnetického pole, zvané D_p a D_m , a pak na základě výpočtu stanovení změn dI a dD inklinace (I) a deklinace (D) magnetického pole T (<http://www.gemsys.ca/products/vecrot-magnetometers/>). Při měření didD vektorovým magnetometrem vyrobeným společností GME Corporation není třeba vytvářet kompletní náhradu složek geomagnetismu, takže zařízení je relativně jednoduché. Nicméně, ortogonální osu cívky sondy je třeba předem nastavit ortonormálně ke geomagnetickému vektoru T pro měření v horizontální rovině a meridiánové rovině, takže přípravné práce pro instalaci a nastavení přístroje jsou složité a zdlouhavé, proto může být použit pouze pro měření změn odchylek geometrické inklinace I a deklinace D v průběhu času u stacionárního typu stanice seismologické a geomagnetické observatoře. Z tohoto důvodu není měřicí zařízení pro geomagnetický vektor a technologie stavu techniky použitelné pro vysoce přesná měření v oblastech s výskytem rud.

50

Podstata vynálezu

Předmětem vynálezu je poskytnout způsob vysoce přesného měření geomagnetických vektorů v terénu a zařízení pro provedení tohoto měření.

55

Dosažení výše uvedeného je možné pomocí technického řešení podle vynálezu.

Předmětem vynálezu je způsob vysoce přesného měření geomagnetických vektorů v terénu, kdy se změří běžné geomagnetické pole T_0 bez přídavného magnetického pole a 2 hodnoty výsledného magnetického pole T_{-1} a T_{-2} a kdy se ke geomagnetickému poli přidá magnetické pole T_f směřující vzhůru a dvojnásobné magnetické pole $2T_f$ směrem vzhůru s využitím stativu, svislé cívky a magnetometru pro měření celkového pole a vypočte se vertikální Z a horizontální H složka magnetického pole a geomagnetická inklinace I dle následujících vztahů:

$$Z = \frac{T_{-2}^2 - 4T_{-1}^2 + 3T_0^2}{\sqrt{8(T_{-2}^2 - 2T_{-1}^2 + T_0^2)}}$$

$$H = \sqrt{T_0^2 - Z^2}$$

$$\cos(I) = \frac{H}{T_0}$$

Horizontální cívka se nastaví tak, aby se geometrické středy vertikální a horizontální cívky překrývaly; změří se 2 hodnoty výsledného magnetického pole T_{+II} a T_{-II} poté, co se ke geomagnetickému poli přidá horizontální dopředné magnetické pole a zpětné horizontální magnetické pole s využitím magnetometru pro měření výsledného magnetického pole; a vypočítá se geomagnetická deklinace dle následujícího vztahu:

$$\cos(DI) = \frac{T_{+II}^2 - T_{-II}^2}{T_0 \cos(I) \sqrt{8(T_{+II}^2 + T_{-II}^2 - 2T_0^2)}}$$

Geomagnetická deklinace $D = D_0 - D_1$

kde D_0 je přednastavená hodnota rovná úhlu mezi horizontální osou cívky a geografickým severem.

Způsob vysoce přesného měření geomagnetických vektorů v terénu zahrnuje následující kroky:

umístění senzoru magnetometru pro měření výsledného magnetického pole na střední část vertikální cívky, připevnění vertikální cívky na stativ, kde vertikální cívkou je Helmholtzova cívka;

připojení vertikální cívky ke zdroji pomocí drátů a nainstalování přepínače na zdroj elektrické energie;

nastavení vypínače tak, aby vertikální cívka nebyla připojena ke zdroji napájení a změření magnetického pole T_0 bez přídavného magnetického pole pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole;

nastavení vypínače tak, že vertikální cívka je napájena zpětně proudem o intenzitě I a generuje magnetické pole T_f směřující vzhůru. Změření výsledného magnetického pole T_{-1} magnetického pole T_f a geomagnetického pole pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole.

nastavení vypínače tak, že vertikální cívka je napájena zpětně proudem o intenzitě $2I$ a generuje magnetické pole $2T_f$ rovně vzhůru. Změření výsledného magnetického pole T_{-2} magnetického pole $2T_f$ a geomagnetického pole pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole a s použitím T_0 , T_{-1} a T_{-2} a výpočet vertikální složky Z , horizontální složky H a geomagnetické inklinace I magnetického pole dle následujících vztahů:

$$Z = \frac{T_{-2}^2 - 4T_{-1}^2 + 3T_0^2}{\sqrt{8(T_{-2}^2 - 2T_{-1}^2 + T_0^2)}}$$

$$H = \sqrt{T_0^2 - Z^2}$$

$$\cos(I) = \frac{H}{T_0}$$

Horizontální cívka se připevní na vertikální cívku tak, aby se geometrické středy cívek překrývaly; senzor magnetometru pro měření výsledného magnetického pole se umístí na oblast překryvu geometrických středů cívek, kde horizontální cívka je Helmholtzova cívka; změří se výsledné magnetické pole geomagnetického pole s dopředným horizontálním magnetickým polem T_{+II} a zpětným horizontálním magnetickým polem T_{-II} s pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole a vypočte se geomagnetická deklinace dle následujícího vztahu:

$$\cos(DI) = \frac{T_{+II}^2 - T_{-II}^2}{T_0 \cos(I) \sqrt{8(T_{+II}^2 + T_{-II}^2 - 2T_0^2)}}$$

Geomagnetická deklinace $D = D_0 - D_1$

kde D_0 je přednastavená hodnota rovná úhlu mezi horizontální osou cívky a geografickým severem.

Způsob vysoce přesného měření geomagnetických vektorů v terénu zahrnuje následující kroky:

umístění senzoru magnetometru pro měření výsledného magnetického pole na prostřední část vertikální cívky a připevnění vertikální cívky na stativ, kde vertikální cívka je Helmholtzova cívka;

připojení vertikální cívky ke zdroji pomocí drátů a nainstalování přepínače na elektrickou energii;

nastavení vypínače tak, že vertikální cívka není připojena ke zdroji napájení, změřeni geomagnetického pole T_0 bez přídavného magnetického pole pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole;

nastavení vypínače tak, že vertikální cívka je napájena zpětně proudem o intenzitě I a generuje magnetické pole T_f směřující vzhůru; změřeni výsledného magnetického pole T_{-1} mezi magnetickým polem T_f a geomagnetickým polem pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole;

nastavení vypínače tak, aby vertikální cívka byla napájena zpětně proudem o intenzitě $2I$ a generovala magnetické pole $2T_f$; změřeni výsledného magnetického pole T_{-2} magnetického pole $2T_f$ a geomagnetického pole pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole a s použitím T_0 , T_{-1} a T_{-2} výpočet vertikální složky Z , horizontální složky H a geomagnetické inklinace I magnetického pole dle následujících vztahů:

$$Z = \frac{T_{-2}^2 - 4T_{-1}^2 + 3T_0^2}{\sqrt{8(T_{-2}^2 - 2T_{-1}^2 + T_0^2)}}$$

$$H = \sqrt{T_0^2 - Z^2}$$

$$\cos(I) = \frac{H}{T_0} ;$$

přípevnění horizontální cívky na vertikální cívku tak, aby se geometrické středy cívek překrývaly a připojení napájení na horizontální cívku, kde horizontální cívkou je Helmholtzova cívka;

nastavení vypínače tak, aby horizontální cívka byla připojena ke zdroji napájení na kladný pól; změření výsledného magnetického pole T_{+II} mezi dopředným magnetickým polem horizontální cívky a geomagnetickým polem pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole;

nastavení vypínače tak, aby horizontální cívka byla připojena ke zdroji napájení na záporný pól, změření výsledného magnetického pole T_{-II} mezi zpětným magnetickým polem horizontální cívky a geomagnetickým polem s pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole; s použitím T_0 , T_{-I} , T_{-2} , T_{+II} a T_{-II} vypočtení vertikální Z , horizontální H složky magnetického pole a také geomagnetické inklinace I a geomagnetické deklinace D dle následujících vztahů:

$$Z = \frac{T_{-2}^2 - 4T_{-1}^2 + 3T_0^2}{\sqrt{8(T_{-2}^2 - 2T_{-1}^2 + T_0^2)}}$$

$$H = \sqrt{T_0^2 - Z^2}$$

$$\cos(I) = \frac{H}{T_0}$$

$$\cos(DI) = \frac{T_{+II}^2 - T_{-II}^2}{T_0 \cos(I) \sqrt{8(T_{+II}^2 + T_{-II}^2 - 2T_0^2)}}$$

Geomagnetická deklinace $D = D_0 - D_1$

kde D_0 je přednastavená hodnota rovná úhlu mezi horizontální osou cívky a geografickým severem.

Zařízení pro provedení způsobu vysoce přesného měření geomagnetických vektorů v terénu obsahuje stativ, horizontální regulátor připevněný na stativ, buben připevněný na horizontální regulátor; pevný stojan připevněný k bubnu; držák cívky připevněný na pevný stojan, konzoly poloos připevněné na držák cívky, osová hřídele připevněné na vrchol příslušné konzoly poloosy, osová hřídel je spojena s formou vertikální cívky pomocí spojovací desky, a forma vertikální cívky je spojena s formou horizontální cívky, horizontální cívka je otočena kolem formy horizontální cívky a vertikální cívka je otočena kolem formy vertikální cívky, geometrické středy horizontální cívky a vertikální cívky se překrývají a horizontální cívka i vertikální cívka je připojena ke zdroji napětí pomocí drátů; senzor magnetometru pro měření výsledného magnetického pole se připevní na místo, kde se geometrické středy horizontální cívky a vertikální cívky překrývají;

- senzor magnetometru pro měření výsledného magnetického pole se připevní k magnetometru pro měření výsledného magnetického pole pomocí drátů; montážní deska se připevní na formu horizontální cívky, dvě vzájemně kolmé vodováhy se připevní na montážní desku tak, že horizontální roviny těchto dvou vodováh jsou rovnoběžné s rovinou vertikální cívky; forma vertikální cívky a forma horizontální cívky je namontovaná ortogonálně na osovou hřídel držáku cívky a formy cívky jsou schopny otáčet se svisle kolem vodorovné osové hřídele v rozmezí 180° a držák cívky je schopen otáčet se vodorovně kolem pevného stojanu v rozmezí 180°.
- 10 Způsob vysoce přesného měření geomagnetických vektorů v terénu zahrnuje následující kroky:
- připevnění stativu na místo pozorování, připevnění horizontálního regulátoru na stativ, připevnění bubnu na horizontální regulátor; připojení pevného stojanu k bubnu; připojení držáku cívky na pevný stojan, připevnění konzoly poloosy na držák cívky a následné připevnění odpovídající osové hřídele na vrcholy konzol poloos; osové hřídele jsou spojeny s formou vertikální cívky pomocí spojovací desky a rám vertikální cívky je spojen s rámem horizontální cívky, horizontální cívka je otočena podél rámu horizontální cívky, vertikální cívka je otočena podél rámu vertikální cívky, geometrické středy horizontální cívky a vertikální cívky se překrývají a horizontální cívka i vertikální cívka je připojena ke zdroji napětí pomocí drátů;
- 15 připevnění senzoru magnetometru pro měření výsledného magnetického pole na místo, kde se geometrické středy vertikální cívky a horizontální cívky překrývají a připojení senzoru k magnetometru pro měření výsledného magnetického pole pomocí drátů;
- nastavení stativu tak, aby vertikální cívka byla ve svislé poloze a horizontální cívka v horizontální poloze, kde azimut horizontální cívky je D0, přičemž vertikální cívka i horizontální cívka je Helmholtzova cívka;
- 25 nastavení vypínače tak, aby vertikální cívka nebyla připojena ke zdroji napájení; změření geomagnetického pole T_0 bez přídavného magnetického pole pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole;
- 30 Nastavení vypínače tak, že vertikální cívka je napájena zpětně proudem o intenzitě I a generuje magnetické pole T_f směřující vzhůru a změření výsledného magnetického pole T_{-1} mezi magnetickým polem T_f a geomagnetickým polem pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole;
- 35 nastavení vypínače tak, aby vertikální cívka byla napájena zpětně proudem o intenzitě $2I$ a generovala magnetické pole $2T_f$ rovněž vzhůru, změření výsledného magnetického pole T_{-2} magnetického pole $2T_f$ a geomagnetického pole pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole a výpočet vertikální složky Z , horizontální složky H a geomagnetické inklinace I s použitím T_0 , T_{-1} a T_{-2} dle následujících vztahů:
- 40

$$Z = \frac{T_{-2}^2 - 4T_{-1}^2 + 3T_0^2}{\sqrt{8(T_{-2}^2 - 2T_{-1}^2 + T_0^2)}}$$

$$H = \sqrt{T_0^2 - Z^2}$$

$$\cos(I) = \frac{H}{T_0} ;$$

přípevnění horizontální cívky na vertikální cívku tak, aby se geometrické středy cívek překrývaly; připojení napájení na horizontální cívku; kde horizontální cívka je Helmholtzova cívka;

- 5 nastavení vypínače tak, že horizontální cívka je připojena ke zdroji napájení na kladný pól; změření výsledného magnetického pole T_{+II} mezi dopředným magnetickým polem horizontální cívky a geomagnetickým polem pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole;
- 10 nastavení vypínače tak, že horizontální cívka je připojena ke zdroji napájení na záporný pól; změření výsledného magnetického pole T_{-II} mezi zpětným horizontálním magnetickým polem horizontální cívky a geomagnetickým polem s pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole; vypočtení vertikální Z a horizontální H složky magnetického pole, geomagnetické inklinace I a geomagnetické deklinace D s použitím naměřených hodnot T_0 , T_{-I} ,
- 15 T_{-2} , T_{+II} a T_{-II} dle následujících vztahů:

$$Z = \frac{T_{-2}^2 - 4T_{-1}^2 + 3T_0^2}{\sqrt{8(T_{-2}^2 - 2T_{-1}^2 + T_0^2)}}$$

$$H = \sqrt{T_0^2 - Z^2}$$

$$\cos(I) = \frac{H}{T_0}$$

Geomagnetická deklinace $D = D_0 - D_1$

- 20 kde D_0 je přednastavená hodnota rovná úhlu mezi horizontální osou cívky a geografickým severem.

Metoda měření pomocí tohoto vynálezu je vhodná pro geomagnetické měření ve středně vysokých zeměpisných šířkách. S pomocí této metody měření je třeba pouze nastavit cívku
 25 přídavného magnetického pole do horizontální nebo vertikální polohy, čímž se přípravné práce před pozorováním usnadňují. Kromě rychlého venkovního měření vektoru geomagnetického pole na rozsáhlých územích během geofyzikálního průzkumu může být tato metoda také použita v místě statického pozorování pevných stanic s cílem zlepšit účinnost měření. Měřicí zařízení podle tohoto vynálezu vyžaduje pouze přídavné magnetické pole s dvojnásobnou hodnotou v krátké
 30 době a orientované opačným směrem k vertikální složce geomagnetického pole, přičemž přídavné magnetické pole by nemělo překročit sílu 2000 nT. Přesná kompenzace vertikální složky geomagnetického pole není nutná. Není nutné, aby byl v cínce udržován silný stálý proud po dlouhou dobu vytvářející přídavné magnetické pole. Zařízení je vhodné pro mobilní venkovní měření a může být také použito pro sledování pevných stanic při výrazném snížení spotřeby
 35 energie. Díky využití cívek s vertikálním a horizontálním magnetickým polem v kombinaci magnetometru pro měření výsledného magnetického pole mohou být tímto zařízením rychle naměřeny různé složky vektorů magnetického pole, včetně vertikální složky Z , horizontální složky H , inklinace I a deklinace D , a tudíž je možné provést kalkulaci jednotlivých složek geomagnetického pole v libovolném směru. V případě měření několika vektorů geomagnetického
 40 pole je nutné pouze provést horizontální seřízení a nastavení orientace cívky, přípravná práce před samotným měřením je tedy poměrně jednoduchá. Vynález je vhodný pro přesné měření v sekčním geofyzikálním průzkumu. Podle vynálezu je možné použít skupinu cívek s vertikálním magnetickým polem v koordinaci s magnetometrem pro měření výsledného magnetického pole pro měření složek geomagnetického pole, jiných než magnetické deklinace D , včetně vertikální
 45 složky Z , horizontální složky H a inklinace. Před měřením je pouze potřeba provést horizontální seřízení cívky, čímž je toto zařízení vhodné pro rychlé změření velkých ploch při obecném

terénním geofyzikálním průzkumu. Přesnost měření vektoru geomagnetického pole je přímo úměrná přesnosti připojeného magnetometru pro měření výsledného magnetického pole. V případě, že je magnetometr pro měření výsledného magnetického pole vybaven Overhauserovým protonovým magnetometrem nebo optickým čerpadlovým magnetometrem s přesností měření 0,01 nT nebo vyšší, bude přesnost měření vektoru geomagnetického pole podle tohoto vynálezu mnohem lepší, než u tříslůžkového fluxgate magnetometru s odchylkou měření několik 10 nT.

Objasnění výkresů

Obrázek 1 zobrazuje principiální schéma měření geomagnetických vektorů podle tohoto vynálezu. Obrázek 1 zobrazuje vertikální rovinu procházející vektorem T geomagnetického pole a osou vertikální cívky, kde H je horizontální složka, Z je vertikální složka, T_f a $2T_f$ jsou přidána vertikální magnetická pole s dvojnásobným rozdílem a opačným směrem k vertikální složce výsledného magnetického pole vertikální složky, $Z - T_f$ jsou vertikální složky výsledného magnetického pole po uplatnění přídavného zpětného magnetického pole, $Z - 2T_f$ jsou vertikální složky po uplatnění přídavného zpětného magnetického pole s dvojnásobnou silou, T_0 je normální geomagnetické pole bez přídavného magnetického pole, T_{-1} a T_{-2} jsou výsledná magnetická pole vzniklá přidáním zpětného vertikálního magnetického pole a zpětného vertikálního magnetického pole s dvojnásobnou silou.

Obrázek 2 zobrazuje strukturální schéma měřicího zařízení použitého v terénním měření vektoru geomagnetického pole podle tohoto vynálezu.

Obrázek 3 zobrazuje zvětšené strukturální schéma části I z obrázku 2;

Obrázek 4 znázorňuje strukturované schéma obrázku 3 ve směru A.

Příklady uskutečnění vynálezu

Při použití způsobu vysoce přesného měření geomagnetických vektorů v terénu podle tohoto vynálezu se změří běžné magnetické pole T_0 bez doplňujícího magnetického pole a 2 hodnoty výsledného magnetického pole T_{-1} a T_{-2} , kdy se ke geomagnetickému poli přidá vertikální vzestupné magnetické pole T_f a dvojnásobné vzestupné vertikální magnetické pole $2T_f$ s využitím stativu, vertikální cívky a magnetometru pro měření výsledného magnetického pole a vypočte se vertikální Z , horizontální H složka magnetického pole a geomagnetická inklinace I dle následujících vztahů:

$$Z = \frac{T_{-2}^2 - 4T_{-1}^2 + 3T_0^2}{\sqrt{8(T_{-2}^2 - 2T_{-1}^2 + T_0^2)}}$$

$$H = \sqrt{T_0^2 - Z^2}$$

$$\cos(I) = \frac{H}{T_0}$$

Podle způsobu vysoce přesného měření geomagnetických vektorů v terénu podle vynálezu se nastaví horizontální cívka tak, aby se geometrické středy vertikální a horizontální cívky překrývaly; změří se 2 hodnoty výsledného magnetického pole T_{+II} a T_{-II} poté, co se geomagnetické pole přidalo k horizontálnímu dopřednému magnetickému poli a zpětnému

horizontálnímu magnetickému poli s využitím magnetometru pro měření výsledného magnetického pole; a vypočítá se geomagnetická deklinace dle následujícího vztahu:

$$\cos(D1) = \frac{T_{+f}^2 - T_{-f}^2}{T_0 \cos(I) \sqrt{8(T_{+f}^2 + T_{-f}^2 - 2T_0^2)}}$$

5 Geomagnetická deklinace $D = D0 - D1$

kde $D0$ je přednastavená hodnota rovná úhlu mezi horizontální osou cívky a geografickým severem.

10 Způsob vysoce přesného měření geomagnetických vektorů v terénu podle vynálezu zahrnuje následující kroky:

umístění senzoru magnetometru pro měření výsledného magnetického pole na střední část vertikální cívky, připevnění vertikální cívky na stativ, kde vertikální cívkou je Helmholtzova cívka;

připojení vertikální cívky ke zdroji pomocí drátů a nainstalování přepínače na zdroj elektrické energie;

20 nastavení vypínače tak, aby vertikální cívka nebyla připojena ke zdroji napájení a změřeni geomagnetického pole T_0 bez přídavného magnetického pole pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole;

25 nastavení vypínače tak, že vertikální cívka je napájena zpětně proudem o intenzitě I a generuje magnetické pole T_f směřující vzhůru. Změření výsledného magnetického pole T_{-1} mezi magnetickým polem T_f a geomagnetickým polem pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole;

30 nastavení vypínače tak, že vertikální cívka je napájena zpětně proudem o intenzitě $2I$ a generuje magnetické pole $2T_f$ rovněž vzhůru; změřeni výsledného magnetického pole T_{-2} magnetického pole $2T_f$ a geomagnetického pole pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole a s použitím T_0 , T_{-1} a T_{-2} výpočet vertikální složky Z , horizontální složky H a geomagnetické inklinace I magnetického pole dle následujících vztahů:

$$Z = \frac{T_{-2}^2 - 4T_{-1}^2 + 3T_0^2}{\sqrt{8(T_{-2}^2 - 2T_{-1}^2 + T_0^2)}}$$

$$H = \sqrt{T_0^2 - Z^2}$$

$$\cos(I) = \frac{H}{T_0}$$

35

připevnění horizontální cívky podle vynálezu na vertikální cívkou tak, aby se geometrické středy cívek překrývaly; senzor magnetometru pro měření výsledného magnetického pole se umístí na oblast překryvu středů cívek, kde horizontální cívka je Helmholtzova cívka; změřeni výsledného magnetického pole geomagnetického pole s dopředným horizontálním magnetickým polem T_{+II} a zpětným horizontálním magnetickým polem T_{-II} s pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole; a výpočet geomagnetické deklinace dle následujícího vztahu:

40

$$\cos(D1) = \frac{T_{+II}^2 - T_{-II}^2}{T_0 \cos(I) \sqrt{8(T_{+II}^2 + T_{-II}^2 - 2T_0^2)}}$$

Geomagnetická deklinace $D = D0 - D1$

kde $D0$ je přednastavená hodnota rovná úhlu mezi horizontální osou cívky a geografickým severem.

Způsob vysoce přesného měření geomagnetických vektorů v terénu zahrnuje následující kroky:

umístění senzoru magnetometru pro měření výsledného magnetického pole na prostřední část vertikální cívky a připevnění na stativu, kde vertikální cívku je Helmholtzova cívka;

připojení vertikální cívky ke zdroji pomocí drátů a nainstalování přepínače na elektrickou energii;

nastavení vypínače tak, že vertikální cívka není připojena ke zdroji napájení, změření geomagnetického pole T_0 bez přídavného magnetického pole pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole;

nastavení vypínače tak, že vertikální cívka je napájena zpětně proudem o intenzitě I a generuje magnetické pole T_f směřující vzhůru; změření výsledného magnetického pole T_{-1} mezi magnetickým polem T_f a geomagnetickým polem pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole,

nastavení vypínače tak, aby vertikální cívka byla napájena zpětně proudem o intenzitě $2I$ a generovala magnetické pole $2T_f$; změření výsledného magnetického pole T_{-2} magnetického pole $2T_f$ a geomagnetického pole pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole a s použitím T_0 , T_{-1} a T_{-2} výpočet vertikální složky Z , horizontální složky H a geomagnetické inklinace I magnetického pole dle následujících vztahů:

$$Z = \frac{T_{-2}^2 - 4T_{-1}^2 + 3T_0^2}{\sqrt{8(T_{-2}^2 - 2T_{-1}^2 + T_0^2)}}$$

$$H = \sqrt{T_0^2 - Z^2}$$

$$\cos(I) = \frac{H}{T_0} ;$$

připevnění horizontální cívky na vertikální cívku tak, aby se geometrické středy cívek překrývaly a připojení napájení na horizontální cívku, kde horizontální cívku je Helmholtzova cívka;

nastavení vypínače tak, aby horizontální cívka byla připojena ke zdroji napájení na kladný pól; změření výsledného magnetického pole T_{+II} magnetického pole mezi dopředným magnetickým polem horizontální cívky a geomagnetickým polem pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole;

nastavení vypínače tak, aby horizontální cívka byla připojena ke zdroji napájení na záporný pól; změření výsledného magnetického pole T_{-II} mezi zpětným magnetickým polem horizontální cívky a geomagnetickým polem s pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole; s použitím T_0 , T_{-1} , T_{-2} , T_{+II} a T_{-II} výpočet vertikální Z a horizontální H složky magnetického pole a také geomagnetické inklinace I a geomagnetické deklinace D dle následujících vztahů:

$$Z = \frac{T_{-2}^2 - 4T_{-1}^2 + 3T_0^2}{\sqrt{8(T_{-2}^2 - 2T_{-1}^2 + T_0^2)}}$$

$$H = \sqrt{T_0^2 - Z^2}$$

$$\cos(I) = \frac{H}{T_0}$$

$$\cos(DI) = \frac{T_{+2}^2 - T_{-2}^2}{T_0 \cos(I) \sqrt{8(T_{+2}^2 + T_{-2}^2 - 2T_0^2)}}$$

Geomagnetická deklinace $D = D_0 - D_1$

- 5 kde D_0 je přednastavená hodnota rovná úhlu mezi horizontální osou cívky a geografickým severem.

Zařízení pro provedení způsobu vysoce přesného měření geomagnetických vektorů v terénu se vyznačuje tím, že obsahuje stativ 1, horizontální regulátor 3 připevněný na stativ 1, buben 6 připevněný na horizontální regulátor 3, pevný stojan 9 připevněný k bubnu 6; držák cívky 8 připevněný na pevný stojan 9, konzoly 25; 26 poloos připevněné na držák 8 cívky, osovou hřídel připevněnou na vrchol příslušné konzoly 25; 26 poloos, osově hřídele jsou spojeny s formou 12 vertikální cívky pomocí spojovací desky a vertikální forma 12 cívky je spojena s formou 11 horizontální cívky, horizontální cívka 21 je otočena podél formy 11 horizontální cívky a vertikální cívka 20 je otočena podél formy 12 vertikální cívky, geometrické středy horizontální cívky 21 a vertikální cívky 20 se překrývají a horizontální cívka 21 i vertikální cívka 20 je připojena ke zdroji napětí pomocí drátů; senzor 14 magnetometru pro měření výsledného magnetického pole se připevní na místo, kde se geometrické středy horizontální cívky 21 a vertikální cívky 20 překrývají a připojí se senzor 14 magnetometru pro měření výsledného magnetického pole k magnetometru 22 pro měření výsledného magnetického pole pomocí drátů; vodováha 18 se připevní na vnější okraj horizontálního regulátoru 3;

Výhodné provedení zařízení pro provedení vysoce přesného měření geomagnetických vektorů v terénu způsobem podle vynálezu představuje montážní desku 16 připevněnou na formu 11 horizontální cívky, dvě vzájemně kolmé vodováhy 23 a 24 připevněné na montážní desku 16 tak, že horizontální roviny těchto vodováh jsou rovnoběžné s rovinou vertikální cívky; otočná sedla 5 jsou připevněna na horní konec horizontálního regulátoru 3 a okraj bubnu 6, kde horní konce otočných sedel 5 jsou spojeny s držákem cívky 8 a kotvicí šrouby 10 jsou namontovány na strany otočných sedel 5; vertikální forma 12 cívky a horizontální forma 11 cívky je namontovaná ortogonálně na osovou hřídel držáku 8 cívky a formy cívky jsou schopny otáčet se svisle kolem vodorovné osově hřídele v rozmezí 180° a držák 8 cívky je schopen otáčet se vodorovně kolem pevného stojanu 9 v rozmezí 180° .

Ve způsobu vysoce přesného měření geomagnetických vektorů v terénu podle vynálezu zahrnuje výhodné integrované provedení měřicí metody po kombinaci vertikální cívky a horizontální cívky následující kroky:

připevnění stativu 1 na místo pozorování, připevnění horizontálního regulátoru 3 na stativ 1, připevnění bubnu 6 na horizontální regulátor 3; připojení pevného stojanu 9 k bubnu 6; připojení držáku 8 cívky na pevný stojan 9, připevnění konzol 25; 26 poloos na držák 8 cívky a následně

- přípevnění odpovídající osově hřídele na vrcholy konzol 25; 26 poloos; osově hřídele jsou spojeny s formou 12 vertikální cívky pomocí spojovací desky a forma 12 vertikální cívky je spojena s formou 11 horizontální cívky, horizontální cívka 21 je otočena podél formy 11 horizontální cívky, vertikální cívka 20 je otočena podél formy 12 vertikální cívky 20, geometrické středy horizontální cívky 21 a vertikální cívky 20 se překrývají a horizontální cívka 21 i vertikální cívka 20 je připojena ke zdroji napětí pomocí drátů; přípevnění senzoru 14 magnetometru pro měření výsledného magnetického pole na místo, kde se geometrické středy vertikální cívky 20 a horizontální cívky 21 překrývají a připojení senzoru 14 k magnetometru pro měření výsledného magnetického pole 22 pomocí drátů;
- nastavení stativu tak, aby vertikální cívka byla ve svislé poloze a horizontální cívka v horizontální poloze, kde azimut horizontální cívky je D0, přičemž vertikální cívka i horizontální cívka je Helmholtzova cívka;
- nastavení vypínače tak, aby vertikální cívka nebyla připojena ke zdroji napájení. Změření geomagnetického pole T_0 bez přídavného magnetického pole pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole;
- nastavení vypínače tak, že vertikální cívka je napájena zpětně proudem o intenzitě I a generuje magnetické pole T_f směřující vzhůru a změření výsledného magnetického pole T_{-1} mezi magnetickým polem T_f a geomagnetickým polem pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole;
- nastavení vypínače tak, aby vertikální cívka byla napájena zpětně proudem o intenzitě $2I$ a generovala magnetické pole $2T_f$ rovněž vzhůru, změření výsledného magnetického pole T_{-2} magnetického pole $2T_f$ a geomagnetického pole pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole a výpočet vertikální složky Z, horizontální složky H a geomagnetické inklinace I s použitím T_0 , T_{-1} a T_{-2} dle následujících vztahů:

$$Z = \frac{T_{-2}^2 - 4T_{-1}^2 + 3T_0^2}{\sqrt{8(T_{-2}^2 - 2T_{-1}^2 + T_0^2)}}$$

$$H = \sqrt{T_0^2 - Z^2}$$

$$\cos(I) = \frac{H}{T_0} ;$$

- přípevnění horizontální cívky na vertikální cívku tak, aby se geometrické středy cívek překrývaly; připojení napájení na horizontální cívku; kde horizontální cívka je Helmholtzova cívka;
- nastavení vypínače tak, že horizontální cívka je připojena ke zdroji napájení na kladný pól; změření výsledného magnetického pole T_{+II} mezi dopředným magnetickým polem horizontální cívky a geomagnetickým polem pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole;
- nastavení vypínače tak, že horizontální cívka je připojena ke zdroji napájení na záporný pól; změření výsledného magnetického pole T_{-II} mezi zpětným horizontálním magnetickým polem horizontální cívky a geomagnetickým polem s pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole; výpočet vertikální Z a horizontální H složky magnetického pole,

geomagnetické inklinace I a geomagnetické deklinace D s použitím naměřených hodnot T_0 , T_{-1} , T_{-2} , T_{+II} a T_{-II} dle následujících vztahů:

$$Z = \frac{T_{-2}^2 - 4T_{-1}^2 + 3T_0^2}{\sqrt{8(T_{-2}^2 - 2T_{-1}^2 + T_0^2)}}$$

$$H = \sqrt{T_0^2 - Z^2}$$

$$\cos(I) = \frac{H}{T_0}$$

$$\cos(DI) = \frac{T_{+II}^2 - T_{-II}^2}{T_0 \cos(I) \sqrt{8(T_{+II}^2 + T_{-II}^2 - 2T_0^2)}}$$

5 Geomagnetická deklinace $D = D_0 - D_1$

kde D_0 je přednastavená hodnota rovná úhlu mezi horizontální osou cívky a geografickým severem.

- 10 Pomocí způsobu vysoce přesného měření geomagnetických vektorů v terénu, popsaného v tomto vynálezu, je možné snadno změřit vertikální složku Z , horizontální složku geomagnetického pole H , geomagnetickou inklinaci I individuálním použitím vertikálních cívek a měřit vertikální složku Z , horizontální složku geomagnetického pole H a také geomagnetickou inklinaci I a geomagnetickou deklinaci D za použití kombinace vertikální a horizontální cívky.

15 **Příklad 1**

- Při použití zařízení pro metodu vysoce přesného měření pole pro magnetické vektory se trojnožka zařízení umístí na zamýšleném pozorovacím místě tak, aby rovina vodováhy 18 v horní části trojnožky byla přibližně ve středu; stavěcí šroub 10 trojnožky se nastaví tak, aby byly bubliny vertikální i horizontální vodováhy 23; 24 na vertikální cívce 20 uprostřed; přednastavení směrové značky terénu podle sekčního azimutu D_0 se změří pomocí zaměřovače 17; přičemž je azimut horizontální cívky D_0 ; kde měření zahrnuje následující kroky:

- 25 připevnění senzoru 14 magnetometru pro měření výsledného magnetického pole na místo, kde se geometrické středy vertikální cívky 20 a horizontální cívky 21 překrývají a připojení senzoru 14 magnetometru proměření výsledného magnetického pole k magnetometru 22 pomocí drátů;

- 30 nastavení stativu pomocí stavěcího šroubu tak, aby vertikální cívka byla ve vertikální poloze a horizontální cívka v horizontální poloze, kde azimut horizontální cívky je D_0 ;

- nastavení vypínače tak, aby vertikální cívka nebyla připojena ke zdroji napájení. Změření geomagnetického pole T_0 bez přídavného magnetického pole pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole.

- 35 nastavení vypínače tak, že vertikální cívka je napájena zpětně proudem o intenzitě I a generuje magnetické pole T_f směřující vzhůru a změření výsledného magnetického pole T_{-1} mezi magnetickým polem T_f a geomagnetickým polem pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole;

40

nastavení vypínače tak, aby vertikální cívka byla napájena zpětně proudem o intenzitě $2I$ a generovala magnetické pole $2T_f$ rovně vzhůru, změření výsledného magnetického pole T_{-2} magnetického pole $2T_f$ a geomagnetického pole pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole a výpočet vertikální složky Z , horizontální složky H a geomagnetické inklinace I s použitím T_0 , T_{-1} a T_{-2} dle následujících vztahů:

$$Z = \frac{T_{-2}^2 - 4T_{-1}^2 + 3T_0^2}{\sqrt{8(T_{-2}^2 - 2T_{-1}^2 + T_0^2)}}$$

$$H = \sqrt{T_0^2 - Z^2}$$

$$\cos(I) = \frac{H}{T_0} ;$$

přípevnění horizontální cívky na vertikální cívku tak, aby se geometrické středy cívek překrývaly; připojení napájení na horizontální cívku; kde horizontální cívka je Helmholtzova cívka;

nastavení vypínače tak, že horizontální cívka je připojena ke zdroji napájení na kladný pól; změření výsledného magnetického pole T_{+II} mezi dopředným magnetickým polem horizontální cívky a geomagnetickým polem pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole,

nastavení vypínače tak, že horizontální cívka je připojena ke zdroji napájení na záporný pól; změření výsledného magnetického pole T_{-II} mezi zpětným horizontálním magnetickým polem horizontální cívky a geomagnetickým polem s pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole; vypočtení vertikální Z a horizontální H složky magnetického pole, geomagnetické inklinace I a geomagnetické deklinace D s použitím naměřených hodnot T_0 , T_{-1} , T_{-2} , T_{+II} a T_{-II} dle následujících vztahů:

$$Z = \frac{T_{-2}^2 - 4T_{-1}^2 + 3T_0^2}{\sqrt{8(T_{-2}^2 - 2T_{-1}^2 + T_0^2)}}$$

$$H = \sqrt{T_0^2 - Z^2}$$

$$\cos(I) = \frac{H}{T_0}$$

$$\cos(DI) = \frac{T_{+II}^2 - T_{-II}^2}{T_0 \cos(I) \sqrt{8(T_{+II}^2 + T_{-II}^2 - 2T_0^2)}}$$

Geomagnetická deklinace $D = D_0 - D_1$

kde D_0 je přednastavená hodnota rovná úhlu mezi horizontální osou cívky a geografickým severem.

Měření složek geomagnetického pole je provedením výše uvedených kroků dokončeno. Měření v dalším měřicím místě je možné provést opakováním výše uvedených kroků.

Jak horizontální, tak vertikální cívka je Helmholtzova cívka.

Pro snížení vlivu azimutální chyby a nivelační chyby se opakovaně provede nastavení přepínače budicího napětí po horizontálním otočení držáku cívky o 180° tak, aby budicí napětí napájelo vertikální cívku zpětně a s dvojnásobným proudem, na vertikální cívce; zvláště pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole se změří výsledná magnetická pole T_{-1} a T_{-2} , která jsou generována mezi dvěma zpětnými magnetickými poli vertikální cívky a geomagnetickým polem; opakovaně se nastaví vypínač budicího napětí po vertikálním otočení horizontální cívky o 180° tak, že budicí napětí napájí horizontální cívku pozitivně a zpětně, s použitím magnetometru pro měření výsledného magnetického pole se změří výsledná magnetická pole T_{+1} a T_{+2} , která jsou generována mezi dopředným/zpětným magnetickým polem horizontální cívky a geomagnetickým polem; výsledkem měření je průměrná hodnota naměřených hodnot před otočením.

15 Příklad 2

Při použití metody vysoce přesného měření pole pro magnetické vektory se trojnožka zařízení umístí na zamýšleném pozorovacím místě tak, aby rovina vodováhy 18 v horní části trojnožky byla přibližně ve středu; stavěcí šroub 4 trojnožky se nastaví tak, aby roviny vertikální i horizontální vodováhy 23; 24 na vertikální cívce 20 byly vycentrovány; osa vertikální cívky 20 je ve vertikální poloze; kde měření zahrnuje následující kroky:

Umístění senzoru 14 magnetometru pro měření výsledného magnetického pole do středové části vertikální cívky 20 a připevnění vertikální cívky 20 na stativ, kde vertikální cívka 20 je Helmholtzova cívka;

Připojení vertikální cívky 20 ke zdroji napětí pomocí drátu a nastavení přepínače na zdroji napětí; nastavení vypínače tak, že vertikální cívka 20 není napájena zdrojem napětí a změření geomagnetického pole T_0 bez přídavného magnetického pole pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole;

nastavení vypínače tak, že vertikální cívka 20 je napájena zpětně proudem o intenzitě I a generuje magnetické pole T_f směřující vzhůru a změření výsledného magnetického pole T_{-1} mezi magnetickým polem T_f a geomagnetickým polem pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole;

nastavení vypínače tak, aby vertikální cívka 20 byla napájena zpětně proudem o intenzitě $2I$ a generovala magnetické pole $2T_f$ rovně vzhůru, změření výsledného magnetického pole T_{-2} magnetického pole $2T_f$ a geomagnetického pole pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole a výpočet vertikální složky Z , horizontální složky H a geomagnetické inklinace I s použitím T_0 , T_{-1} T_{-2} dle následujících vztahů:

$$Z = \frac{T_{-2}^2 - 4T_{-1}^2 + 3T_0^2}{\sqrt{8(T_{-2}^2 - 2T_{-1}^2 + T_0^2)}}$$

$$H = \sqrt{T_0^2 - Z^2}$$

$$\cos(I) = \frac{H}{T_0}$$

Měření složek geomagnetického pole je provedením výše uvedených kroků dokončeno. Měření v dalším měřicím bodě je možné provést opakováním výše uvedených kroků.

- 5 Pro snížení dopadu azimutální chyby a nivelační chyby je třeba opakovaně provést nastavení přepínače budicího napětí po horizontálním otočení držáku cívky o 180° tak, aby budicí napětí napájelo vertikální cívku zpětně s pomocí magnetometru 22 pro měření výsledného magnetického pole a změří se výsledné magnetické pole T_{-1} , které je generováno mezi zpětným magnetickým polem vertikální cívky 20 a geomagnetickým polem; nastaví se vypínač budicího napětí tak, aby budicí napětí napájelo vertikální cívku 20 dvojnásobným proudem, s použitím
- 10 magnetometru 22 pro měření výsledného magnetického pole se změří výsledné magnetické pole T_{-2} generované mezi zpětným magnetickým polem vertikální cívky 20 a geomagnetickým polem; výsledkem měření je průměrná hodnota.

- 15 Princip měření vektoru geomagnetického pole způsobem měření podle vynálezu je znázorněn na obrázku 1 a princip výpočtu vertikální složky Z , horizontální složky H , geomagnetické inklinace I a geomagnetické deklinace D geomagnetického pole je následující: na sondě 14 magnetometru pro měření výsledného magnetického pole, při vystavení magnetickému poli v opačném směru k vertikální složce geomagnetického pole a intenzitě proudu T_f a $2T_f$ se změří vždy příslušné geomagnetické pole T_0 , kdy není přítomné žádné přídavné magnetické pole, výsledné magnetické
- 20 pole T_{-1} s přídavným magnetickým polem T_f a výsledné magnetické pole T_{-2} s přídavným magnetickým polem $2T_f$ pomocí magnetometru 22 pro měření výsledného magnetického pole; shora uvedené hodnoty polí jsou v souladu s následující rovnicí (obrázek 1):

$$T_{-1}^2 = H^2 + (Z - T_f)^2$$

$$T_{-2}^2 = H^2 + (Z - 2T_f)^2$$

$$T_0^2 = H^2 + Z^2$$

$$\sin(I) = \frac{Z}{T_0}$$

25

Vyřešením rovnice můžeme dostat následující výsledek:

$$Z = \frac{T_{-2}^2 - 4T_{-1}^2 + 3T_0^2}{\sqrt{8(T_{-2}^2 - 2T_{-1}^2 + T_0^2)}}$$

$$\sin(I) = \frac{Z}{T_0}$$

$$H = \sqrt{T_0^2 - Z^2}$$

- 30 Při práci ve středně vysokých zeměpisných šířkách je normální geomagnetická inklinace relativně vyšší a efekt vertikálního přídavného magnetického pole na magnetickou inklinaci je relativně nižší; zpětné vertikální přídavné pole a zpětně dvojnásobné vertikální přídavné pole může účinně zlepšit dopad vertikálního přídavného magnetického pole.

$T_{+//}$ představuje výsledné magnetické pole změřené po přídavném pozitivním horizontálním magnetickém poli; $T_{-//}$ představuje výsledné magnetické pole změřené po přídavném zpětném horizontálním magnetickém poli; předpokládejme, že axiální osa horizontální cívky je orientována ve směru jakéhokoliv známého D_0 . Díky analýze prostorové geometrie podobně jako na obrázku 1 je možné odvodit:

$$\cos(D_1) = \frac{T_{+//}^2 - T_{-//}^2}{T_0 \cos(I) \sqrt{8(T_{+//}^2 + T_{-//}^2 - 2T_0^2)}} ;$$

Geomagnetická deklinace $D = D_0 - D_1$

kde D_0 je přednastavená hodnota rovná úhlu mezi osou horizontální cívky a zeměpisným severem.

T_0 označuje normální geometrické pole v případě, kdy neexistuje žádné přídavné magnetické pole;

T_{-1} označuje výsledné magnetické pole měřené pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole, když je vertikální cívka napájena zpětně;

T_{-2} označuje výsledné magnetické pole měřené pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole, když je vertikální cívka napájena dvojnásobně zpětně;

$T_{+//}$ označuje výsledné magnetické pole měřené pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole, když je horizontální cívka napájena pozitivním napětím;

$T_{-//}$ označuje výsledné magnetické pole měřené pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole, když je horizontální cívka napájena zpětně;

Budicí napětí cívek popsané v tomto vynálezu může poskytovat stálý proud 1–100 mA, budicí napětí může generovat v cínce magnetické pole 100–2000 nT. Zmíněný magnetometr pro měření výsledného magnetického pole může být optický čerpadlový magnetometr s Overhauserovým efektem nebo běžný protonový magnetometr.

Změřené hodnoty T_0 , T_{-1} , T_{-2} , $T_{+//}$, $T_{-//}$ pomocí metody popsané v tomto vynálezu je možné také získat pomocí jednočipového mikropočítače a řídicího obvodu SPC a je možné automaticky vypočítat naměřené vektory geomagnetického pole.

Průmyslová využitelnost

Způsob měření geomagnetických vektorů v terénu podle vynálezu a zařízení pro provedení tohoto způsobu je využitelné pro velkou škálu geofyzikálních a terénních měření. Umožňuje rychlé venkovní měření vektorů geomagnetického pole na rozsáhlých územích během geofyzikálního průzkumu. Metoda může být také použita v místě statického pozorování pevných stanic s cílem zlepšit účinnost měření.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob vysoce přesného měření geomagnetických vektorů v terénu, **vyznačující se tím**, že se změří běžné magnetické pole T_0 bez přídavného magnetického pole a 2 hodnoty výsledného magnetického pole T_{-1} a T_{-2} , kdy se ke geomagnetickému poli přidá vertikální magnetické pole

T_f směřující vzhůru a dvojnásobné vertikální magnetické pole $2T_f$ směrem vzhůru s využitím stativu, vertikální cívky a magnetometru pro měření výsledného pole a vypočte se vertikální Z a horizontální H složka magnetického pole a geomagnetická inklinace I dle následujících vztahů:

$$Z = \frac{T_{-2}^2 - 4T_{-1}^2 + 3T_0^2}{\sqrt{8(T_{-2}^2 - 2T_{-1}^2 + T_0^2)}}$$

$$H = \sqrt{T_0^2 - Z^2}$$

$$\cos(I) = \frac{H}{T_0}$$

5

příčemž se horizontální cívka nastaví tak, aby se geometrické středy vertikální a horizontální cívky překrývaly, změří se 2 hodnoty výsledného magnetického pole T_{+II} a T_{-II} poté, co se ke geomagnetickému poli přidalo horizontální dopředné magnetické pole a zpětné horizontální magnetické pole s využitím magnetometru pro měření výsledného pole, a vypočítá se geomagnetická deklinace dle následujících vztahů:

10

$$\cos(DI) = \frac{T_{+II}^2 - T_{-II}^2}{T_0 \cos(I) \sqrt{8(T_{+II}^2 + T_{-II}^2 - 2T_0^2)}}$$

Geomagnetická deklinace $D = D_0 - D_1$

15

kde D_0 je přednastavená hodnota rovná úhlu mezi horizontální osou cívky a geografickým severem.

20

2. Způsob vysoce přesného měření geomagnetických vektorů v terénu podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že zahrnuje následující kroky:

25

přípevnění stativu (1) na místo pozorování, přípevnění horizontálního regulátoru (3) na stativ (1), přípevnění bubnu (6) na horizontální regulátor (3) připojení pevného stojanu (9) k bubnu (6), připojení držáku (8) cívky na pevný stojan (9), přípevnění dvouosé konzoly na držák (8) cívky a následné přípevnění odpovídající osově hřídele na vrcholy dvouosých konzol přičemž osová hřídel je spojena s formou (12) vertikální cívky pomocí spojovací desky a forma (12) vertikální cívky je spojena s formou (11) horizontální cívky otočené podél formy (11) horizontální cívky, vertikální cívka (20) je otočena podél formy (12) vertikální cívky (20), geometrické středy horizontální cívky (21) a vertikální cívky (20) se překrývají a horizontální cívka (21) i vertikální cívka (20) je připojena ke zdroji napětí pomocí drátu, přípevnění senzoru (14) magnetometru pro měření výsledného magnetického pole na místo, kde se geometrické středy vertikální cívky (20) a horizontální cívky (21) překrývají a připojení senzoru (14) k magnetometru (22) pro měření výsledného magnetického pole pomocí drátů,

35

nastavení stativu tak, aby vertikální cívka (20) byla ve svislé poloze a horizontální cívka (21) ve vodorovné poloze, kde azimuth horizontální cívky (21) je D_0 , přičemž vertikální cívka (20) i horizontální cívka (21) je Helmholtzova cívka,

40

nastavení vypínače tak, aby vertikální cívka nebyla připojena ke zdroji napájení, změření geomagnetického pole T_0 bez přidavného magnetického pole pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole,

nastavení vypínače tak, že vertikální cívka je napájena zpětně proudem o intenzitě I a generuje magnetické pole T_f směřující vzhůru a změření výsledného magnetického pole T_{-1} mezi magnetickým polem T_f a geomagnetickým polem pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole,

5

nastavení vypínače tak, aby vertikální cívka byla napájena zpětně proudem o intenzitě $2I$ a generovala magnetické pole $2T_f$ rovněž vzhůru, změření výsledného magnetického pole T_{-2} , magnetického pole $2T_f$ a geomagnetického pole pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole a výpočet vertikální složky Z , horizontální složky H a geomagnetické inklinace I s použitím T_0 , T_{-1} T_{-2} dle následujících vztahů:

10

$$Z = \frac{T_{-2}^2 - 4T_{-1}^2 + 3T_0^2}{\sqrt{8(T_{-2}^2 - 2T_{-1}^2 + T_0^2)}}$$

$$H = \sqrt{T_0^2 - Z^2}$$

$$\cos(I) = \frac{H}{T_0},$$

15 připravení horizontální cívky na vertikální cívku tak, aby se geometrické středy cívek překrývaly, připojení napájení na horizontální cívku, kde horizontální cívka je Helmholtzova cívka,

20 nastavení vypínače tak, že horizontální cívka je připojena ke zdroji napájení na kladný pól, změření výsledného magnetického pole T_{+II} mezi dopředným magnetickým polem horizontální cívky a geomagnetickým polem pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole,

25 nastavení vypínače tak, že horizontální cívka je připojena ke zdroji napájení na záporný pól, změření výsledného magnetického pole T_{-II} mezi zpětným horizontálním magnetickým polem horizontální cívky a geomagnetickým polem s pomocí magnetometru pro měření výsledného magnetického pole, výpočet vertikální Z a horizontální H složky magnetického pole, geomagnetické inklinace I a geomagnetické deklinace D s použitím naměřených hodnot $T_0, T_{-1}, T_{-2}, T_{+II}$ a T dle následujících vztahů:

30

$$Z = \frac{T_{-2}^2 - 4T_{-1}^2 + 3T_0^2}{\sqrt{8(T_{-2}^2 - 2T_{-1}^2 + T_0^2)}}$$

$$H = \sqrt{T_0^2 - Z^2}$$

$$\cos(I) = \frac{H}{T_0}$$

$$\cos(D1) = \frac{T_{+II}^2 - T_{-II}^2}{T_0 \cos(I) \sqrt{8(T_{+II}^2 + T_{-II}^2 - 2T_0^2)}}$$

Geomagnetická deklinace $D = D0 - D1$

kde D0 je přednastavená hodnota rovná úhlu mezi horizontální osou cívky a geografickým severem.

3. Zařízení pro provedení způsobu vysoce přesného měření geomagnetických vektorů v terénu, podle nároku 1 a/nebo 2, **vyznačující se tím**, že obsahuje stativ (1), horizontální regulátor (3) připevněný na stativ (1), buben (6) připevněný na horizontální regulátor (3), pevný stojan (9) připevněný k bubnu (6), držák cívky (8) připevněný na pevný stojan (9), dvouosou konzolu připevněnou na držák (8) cívky, osovou hřídel připevněnou na vrchol příslušné dvouosé konzoly, osová hřídel je spojena s formou (12) vertikální cívky pomocí spojovací desky a forma (12) vertikální cívky je spojena s formou (11) horizontální cívky, horizontální cívka (21) je otočena podél formy (11) horizontální cívky a vertikální cívka (20) je otočena podél formy (12) vertikální cívky (20), geometrické středy horizontální cívky (21) a vertikální cívky (20) se překrývají a horizontální cívka (21) i vertikální cívka (20) je připojena ke zdroji napětí pomocí drátů, senzor (14) magnetometru pro měření výsledného magnetického pole je připevněn na místo, kde se geometrické středy horizontální cívky (21) a vertikální cívky (20) překrývají a připojený senzor (14) k magnetometru (22) pro měření výsledného magnetického pole pomocí drátů.

4. Zařízení pro provedení způsobu vysoce přesného měření geomagnetických vektorů v terénu podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že montážní deska (16) je připevněna k formě (11) horizontální cívky, dvě vzájemně kolmé skleněné vodováhy (23) a (24) jsou připevněny na montážní desku (16) tak, že horizontální roviny těchto dvou skleněných vodo vah jsou rovnoběžné s rovinou vertikální cívky.

5. Zařízení pro provedení způsobu vysoce přesného měření geomagnetických vektorů v terénu podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že otočná sedla (5) jsou připevněna na horní konec horizontálního regulátoru (3) a okraj bubnu (6), kde horní konce otočných lůžek (5) jsou spojeny s držákem (8) cívky a zádržné šrouby (10) jsou namontovány na strany otočných lůžek (5).

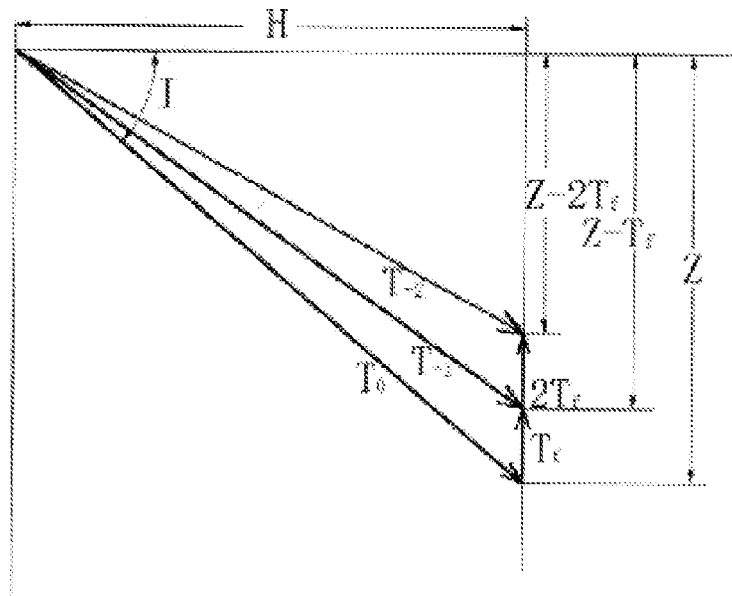
6. Zařízení pro provedení způsobu vysoce přesného měření geomagnetických vektorů v terénu podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že forma (12) vertikální cívky a forma (11) horizontální cívky je namontovaná ortogonálně na osově hřídele držáku (8) cívky a formy cívky jsou schopny otáčet se svisle kolem vodorovné osově hřídele v rozmezí 180° a držák (8) cívky je schopen otáčet se vodorovně kolem pevného stojanu (9) v rozmezí 180°.

3 výkresy

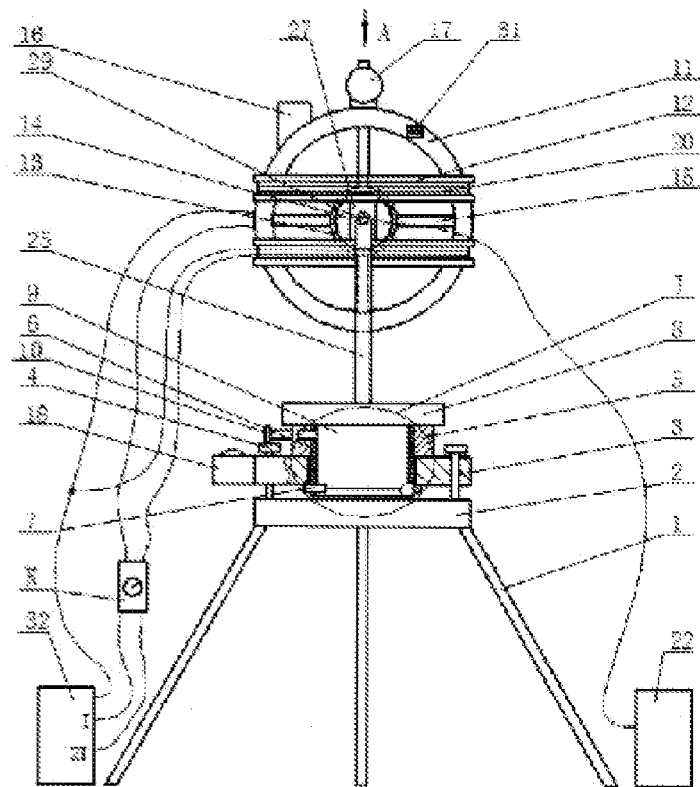
Seznam vztahových značek

1. stativ
2. pevná deska
3. horizontální stupnice
4. stavěcí šroub
5. otočné sedlo
6. válec
7. upevňovací matice
8. držák cívky
9. pevná podpěra
10. kotvicí šroub
11. forma horizontální cívky
12. forma vertikální cívky
13. pevný válec sondy
14. sonda magnetometru pro měření výsledného magnetického pole

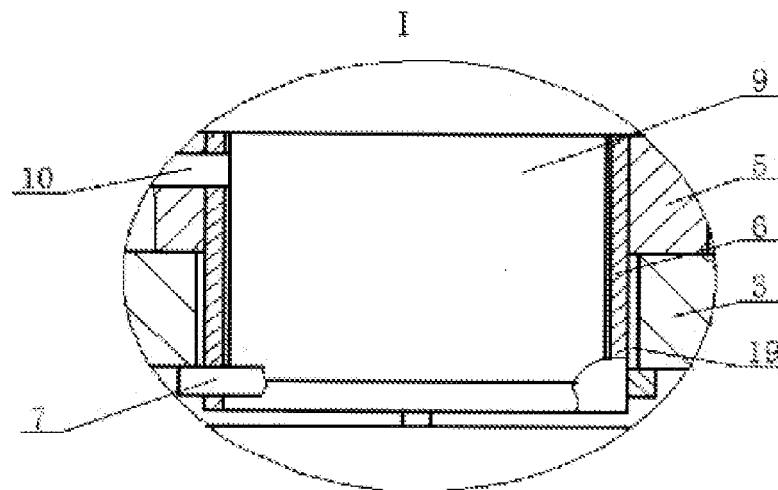
- 15. spojovací tyč
- 16. montážní deska
- 17. zaměřovač
- 18. vodováha
- 19. průchodka
- 20. vertikální cívka
- 21. horizontální cívka
- 22. magnetometr pro měření výsledného magnetického pole
- 23; 24. vzájemně kolmé vodováhy
- 25; 26. konzola poloosy
- 27; 28. spojovací deska
- 29; 30. poloosy
- 31. bublina vodováhy
- 32. spínač



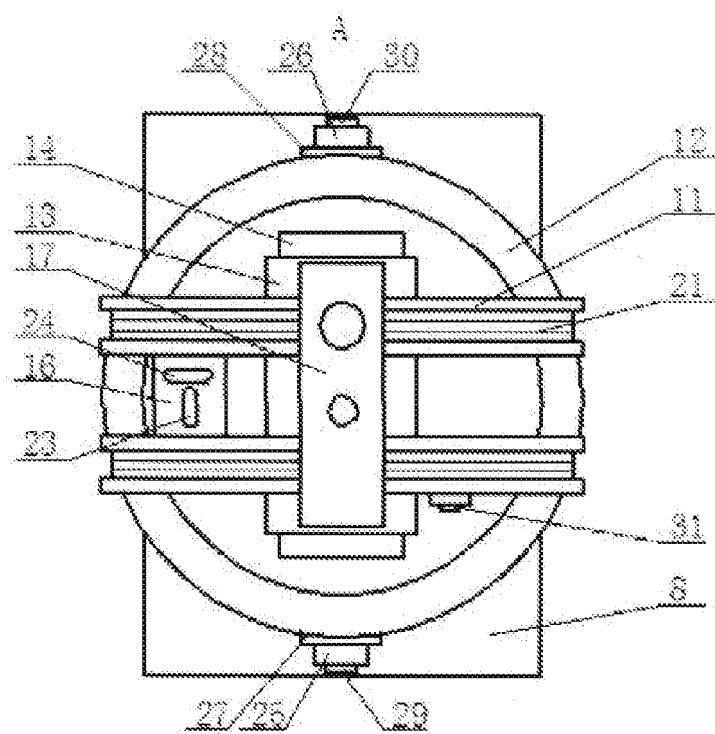
Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4