

ČESKOSLOVENSKÁ
SOCIALISTICKÁ
REPUBLIKA
(19)



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU 257912

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 13 11 85
(21) PV 8178-85

(11) B₁

(51) Int. Cl.⁴

G 01 N 19/00,
G 01 K 1/12

(40) Zveřejněno 12 11 87
(45) Vydáno 30.02.89

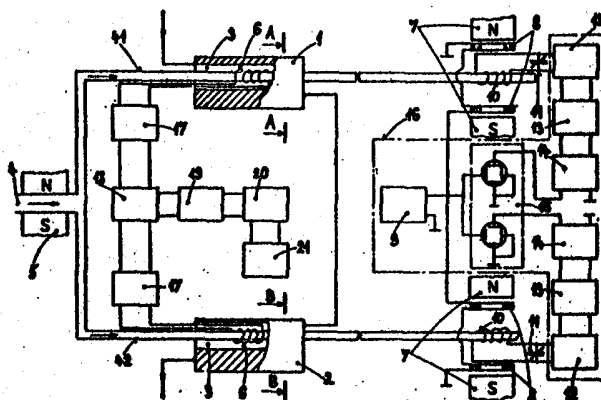
(75)
Autor vynálezu

FILIP ALEŠ ing., ČASTOLOVICE

(54)

Ampérmetr pro měření velkých stejnosměrných proudů

Je řešen ampérmetr využívající jadernou magnetickou rezonanci, který je nezávislý na okolních podmínkách. Ampérmetr sestává z polarizátoru s trubicí vodního oběhu, která je za polarizátorem rozdělena a větve trubice procházejí válcovými excentrickými dutinami dvou sériově zapojených primárních převodníků, kde osy dutin jsou rovnoběžné a koeficienty převodu převodníků jsou různé. Uprostřed dutin jsou na větvích navinuty měřicí cívky, připojené vždy na jeden generátor sinusového signálu. Výstupy generátoru jsou připojeny přes směšovač, dolní propust a vysokofrekvenční zesilovač k číslicovému knižtoměru. Každá z větví prochází dále vzduchovou mezerou vždy jednoho magnetického obvodu a je uprostřed této vzduchové mezery opatřena registrační cívkou připojenou na vstup dvojitého měřicího bloku jaderné magnetické rezonance. Ampérmetr je vhodný pro metrologická měření v širokém rozsahu.



Vynález se týká ampérmetru pro měření velkých stejnosměrných proudů v širokém rozsahu, který využívá jaderné magnetické rezonance.

Jsou známé ampérmetry pro měření velkých stejnosměrných proudů, které využívají jevu jaderné magnetické rezonance ve vzorku kapaliny k měření stacionárního homogenního magnetického pole, které je vytvářené měřeným proudem. Tyto ampérmetry jsou tvořeny primárním převodníkem měřeného proudu na stacionární homogenní magnetické pole s excentrickou válcovou dutinou a měřicím blokem jaderné magnetické rezonance, na jehož výstupu je připojený číslicový kmitočtoměr. V excentrické válcové dutině primárního převodníku je umístěna sonda jaderné magnetické rezonance, která obsahuje pracovní tekutinu s vodíkovými jádry, uzavřenou v pouzdru z nemagnetického a nevodivého materiálu, na němž je navinuto detekční vinutí. Tyto ampérmetry se vyznačují velkou relativní chybou způsobenou parazitními magnetickými poli a nejsou vhodné pro měření stejnosměrných proudů menších než stovky ampérů.

Jsou rovněž známé ampérmetry pro měření velkých stejnosměrných proudů, které jsou založeny na principu měření stacionárního homogenního pole, vytvořeného měřeným proudem metodou jaderné magnetické rezonance v tekoucí vodě. U těchto ampérmetrů se polarizovaná kapalina přivádí trubicí z dielektrického a nemagnetického materiálu do pracovního prostoru s měřeným polem, to znamená do vzduchové mezery mezi planoparalelní roviny permanentních magnetů primárního přívodníku s vodičem s měřeným proudem. Zde za působení dalšího oscilujícího magnetického pole získají polarizovaná jádra informaci o velikosti měřeného pole. Uvedené

ampérmetry mají dolní hranici měřených proudů o jeden až dva řády nižší než předcházející, ale stále mají značnou chybu způsobenou rušivými poli a změnou teploty.

Uvedenou nevýhodu odstraňuje ampérmetr pro měření velkých stejnosměrných proudů podle vynálezu. Ampérmetr je tvořen jedním primárním převodníkem s excentrickou válcovou dutinou a měřicím blokem jaderné magnetické rezonance. Podstatou vynálezu je, že k prvnímu primárnímu převodníku s excentrickou válcovou dutinou je sériově připojen stejný druhý primární převodník též s excentrickou válcovou dutinou. Podélné osy excentrických válcových dutin jsou rovnoběžné. Hodnoty koeficientů převodu obou primárních převodníků jsou rozdílné a magnetická indukce homogenního stacionárního pole v každé z excentrických válcových dutin má směr totožný se siločarami zemského magnetického pole. Součástí ampérmetru je dále polarizátor s trubicí vodního oběhu, která je za polarizátorem rozvětvena do dvou větví, z nichž každá prochází vždy jednou excentrickou válcovou dutinou a je uprostřed této dutiny opatřena měřicí cívkou. Každá měřicí cívka je připojena na jeden generátor sinusového signálu. Výstupy těchto generátorů jsou připojeny na vstupy směšovače a odtud přes dolní propust a přes vysokofrekvenční zesilovač na číslíkový kmitočtoměr. Každá z větví vodního oběhu je dále vedena vždy jedním magnetickým obvodem, a to vzduchovou mezerou mezi planoparalelními rovinami permanentních magnetů. Uprostřed vzduchové mezery je na každé větvi trubice navinuta registrační cívka, která je připojena na vstup dvojitého bloku jaderné magnetické rezonance.

Výhodou ampérmetru pro měření velkých stejnosměrných proudů je nezávislost měření stejnosměrných proudů na zemském magnetickém poli, průmyslovém rušení a pracovní teplotě primárních převodníků. U tohoto ampérmetru není nutné provádět složité stínění a náročnou termostatizaci. Rovněž není nutné kompenzovat vliv přívodních vodičů.

Příklad provedení ampérmetru pro měření velkých stejnosměrných proudů podle vynálezu je uveden na připojených výkresech.

Na obr. 1 je uvedeno funkční uspořádání přístroje a na obr. 2 a 3 jsou nakresleny příčné řezy primárními převodníky.

Ampérmetr obsahuje sériově spojený první a druhý primární převodník 1 a 2 válcového tvaru s excentrickými válcovými dutinami 3. Oba primární převodníky 1 a 2 jsou vyrobeny z nemagnetického materiálu. Jsou umístěny v prostoru paralelně svými podélnými osami, a to tak, že magnetická indukce homogenního stacionárního magnetického pole, vytvořeného měřeným stejnosměrným proudem v dutinách 3 má tentýž směr jako siločáry zemského magnetického pole. Vzdálenost mezi primárními převodníky 1 a 2 se s výhodou volí taková, aby měla pole v excentrických válcových dutinách 3 nehomogenitu lepší než 10^{-2} % na cm. Potom poměr signál/šum bude u signálu jaderné magnetické rezonance lepší než 5. Oba primární převodníky 1 a 2 mají shodné rozměry, jsou vyrobeny z téhož nemagnetického materiálu a liší se pouze v umístění válcových dutin 3 na poloměru primárních převodníků 1 a 2, mají tedy různé hodnoty koeficientů převodu.

Válcovými excentrickými dutinami 3 procházejí dvě větve 41 a 42 trubice 4, které jsou shodné délky a jsou vyrobené z dielektrického a nemagnetického materiálu, kterými proudí kapalina od polarizátoru 5, přičemž ve středu prvního a druhého primárního převodníku 1 a 2 jsou na větvích 41 a 42 trubice 4 navinuty měřicí cívky 6, spojené s generátory 17 sinusového signálu. Větve 41, 42 trubice 4 dále procházejí vzduchovými mezerami dvou analyzátorů jaderné magnetické rezonance, tvořených permanentními magnety 7, mezi kterými jsou umístěny modulační cívky 8 připojené k nízkofrekvenčnímu generátoru 9. Cívky 10 analyzátoru navinuté na větvích 41, 42 trubice 4 mezi permanentními magnety 7 tvoří s proměnnými kondenzátory 11 kmitavé obvody dvou vysokofrekvenčních generátorů 12. Oba vysokofrekvenční generátory 12, dva detektory 13, dva nízkofrekvenční zesilovače 14, dvoupaprskový osciloskop 15 a nízkofrekvenční generátor 9 tvoří dvojitý měřicí blok 16 jaderné magnetické rezonance. Vertikální vstupy dvoupaprskového osciloskopu 15 jsou spojeny s výstupy prvního i druhého nízkofrekvenčního zesilovače 14 a horizontální vstupy jsou spojeny s nízkofrekvenčním generátorem

9. Výstupy obou generátorů 17 sinusových signálů jsou spojeny se vstupy směšovače 18 a odtud přes dolní propust 19 a vysokofrekvenční zesilovač 20 na číslicový kmitočtoměr 21.

Funkce ampérmetru pro měření velkých stejnosměrných proudů podle vynálezu je následující. Oběma primárními válcovými převodníky 1 a 2 protéká tentýž měřený proud a vytváří v excentrických válcových dutinách 3 stacionární homogenní pole, jejichž indukce je úměrná koeficientům převodu.

V excentrických válcových dutinách 3 jsou rovněž přítomna nežádoucí rušivá pole, která se superponují na stacionární homogenní pole. Je to především zemské magnetické pole, magnetické pole paralelně umístěného vodiče a pole způsobená průmyslovým rušením. Na velikost stacionárních homogenních polí má také vliv kolísání okolní teploty a zejména ohřev obou primárních převodníků 1 a 2 Jouleovým teplem.

Diferenčním měřením magnetické indukce homogenních polí v dutinách 3 se vliv parazitních polí a teploty vykompenzuje. Diferenční měření indukce využívá jevu jaderné magnetické rezonance v tekoucí vodě. Pro názornost bude dále popsána funkce jen jedné měřicí větve, například 41, neboť funkce druhé větve 42 bude shodná.

Pracovní kapalina proudí větví 41 trubice 4 do excentrické válcové dutiny 3, kde na proud polarizovaných jader ve směru příčném působí homogenní pole a ve směru proudu jader je měřicí cívkou 6, napájenou z generátoru 17 sinusového signálu, vytvářeno oscilující pole. V případě, že kmitočet oscilujícího pole souhlasí s kmitočtem precese jader, vektor magnetické polarizace mění směr, který byl původně shodný se směrem magnetické indukce homogenního pole v excentrické válcové dutině 3. Změnou směru magnetické polarizace vzniknou příčné složky, které se během dalšího proudění zruší.

Do analyzátoru vstupují jádra s polarizací závislou na předcházejícím působení měřicí cívkou 6. V analyzátoru, kde je

jaderná magnetická rezonance indikována metodou vynucené precese, působí na proud jader ve směru kolmém stacionární homogenní pole, homogenita lepší než 10^{-2} %/na cm, permanentních magnetů 7 a ve směru toku jader je cívkou 10 analyzátoru, připojenou k vysokofrekvenčnímu generátoru 12 vytvářeno vysokofrekvenční magnetické pole. Jaderná magnetická rezonance nastává tehdy, když kmitočet vysokofrekvenčního generátoru 12 souhlasí s kmitočtem precese jader a činitel jakosti kmitavého obvodu se zmenšuje v důsledku pohlcení energie atomovými jádry, což má za následek snížení napětí na kmitavém obvodu. Aby docházelo k periodickému procházení rezonancí, je magnetické pole ve vzduchové mezeře modulované v blízkosti rezonančního maxima pomocí modulačních cívek 8 napájených z nízkofrekvenčního generátoru 9.

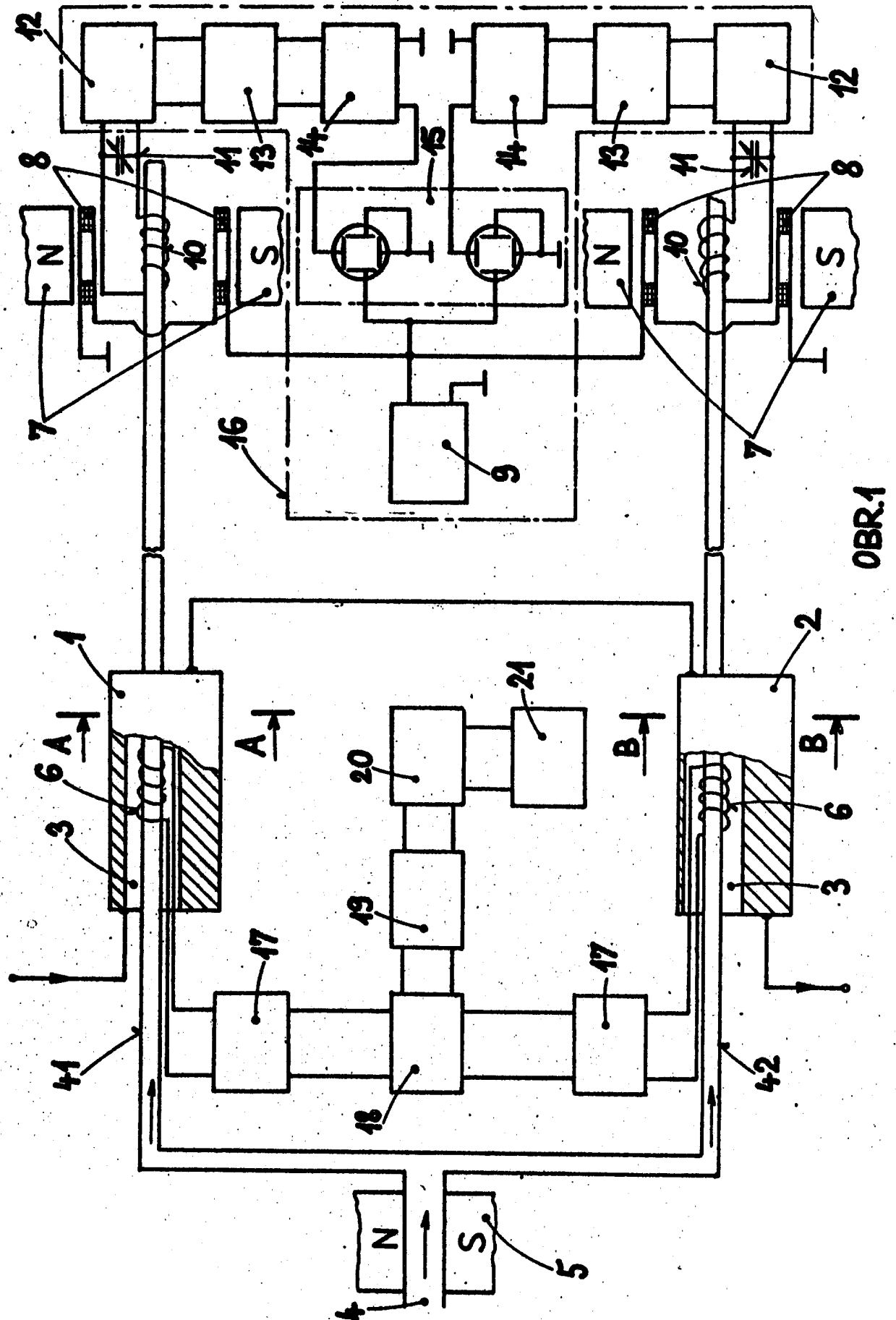
Nízkofrekvenční signály jaderné magnetické rezonance z obou měřicích větví jsou od modulovaných vysokofrekvenčních signálů odděleny detektory 13, zesíleny nízkofrekvenčními zesilovači 14 a zobrazeny na stínítku dvoupaprskového osciloskopu 15. Signály o rezonančních kmitočtech z generátorů 17 sinusových signálů se přivádějí do směšovače 18, na jehož výstupu je rozdílový kmitočet měřen číslicovým kmitočtoměrem 21. Rozdílovému kmitočtu je při známých hodnotách koeficientů převodu obou primárních převodníků 1 a 2 přímo úměrná velikost měřeného proudu.

Ampérmetr pro měření velkých stejnosměrných proudů je vhodný pro metrologická měření v širokém rozsahu. Rovněž je vhodný pro fyzikálně-chemický výzkum.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

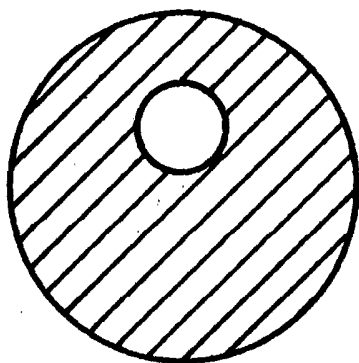
Ampérmetr pro měření velkých stejnosměrných proudů, využívající jevu jaderné magnetické rezonance, sestávající z jednoho primárního převodníku s excentrickou válcovou dutinou a z měřicího bloku jaderné magnetické rezonance, vyznačující se tím, že sestává z polarizátoru /5/ s trubicí /4/ vodního oběhu, která je za polarizátorem /5/ rozvětvena do dvou shodných větví /41, 42/ a k prvnímu primárnímu převodníku /1/ s excentrickou válcovou dutinou /3/ je sériově připojen shodný druhý primární převodník /2/ též s excentrickou válcovou dutinou /3/, kde hodnoty koeficientů převodu prvního a druhého primárního převodníku /1, 2/ jsou odlišné, podélné osy obou primárních převodníků /1, 2/ jsou rovnoběžné a magnetická indukce homogenního stacionárního pole v každé z excentrických válcových dutin /3/ má tentýž směr jako siločáry zemského magnetického pole, přičemž každou z obou excentrických válcových dutin /3/ prochází vždy jedna ze shodných větví /41, 42/ trubice /4/ od polarizátoru /5/, které jsou uprostřed excentrické válcové dutiny /3/ opatřeny měřicí cívkou /6/ a každá tato měřicí cívka /6/ je připojena vždy na jeden generátor /17/ sinusového signálu, kde výstupy obou generátorů /17/ sinusového signálu jsou připojeny na vstupy směšovače /18/, jehož výstup je přes dolní propust /19/ a přes vysokofrekvenční zesilovač /20/ připojen k číslicovému kmitočtoměru /21/ a každá z větví /41, 42/ trubice /4/ je dále vedena vždy jedním magnetickým obvodem, a to vzduchovou mezerou mezi planparalelními rovinami permanentních magnetů /7/ a uprostřed této vzduchové mezery je každá větev /41, 42/ trubice /4/ opatřena registrační cívkou /10/, která je připojena k jednomu vstupu dvojitého měřicího bloku /16/ jaderné magnetické rezonance.

2 výkresy



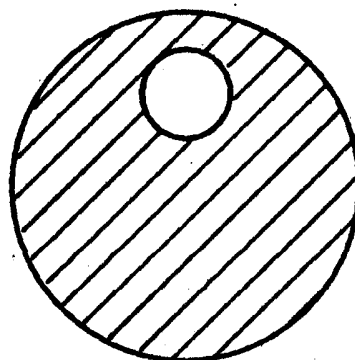
257912

ŘEZ A



OBR.2

ŘEZ B



OBR.3