



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

233 912

(11) (B1)

(51) Int. Cl.³ G 01 V 3/14

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 30 06 83
(21) (PV 4947-83)

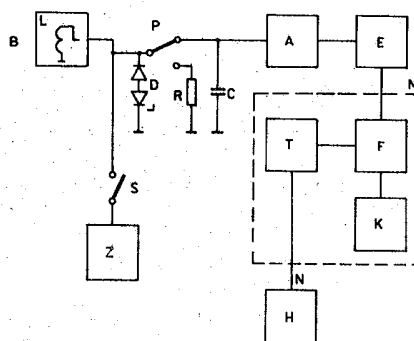
(40) Zveřejněno 13 08 84
(45) Vydáno 01 03 87

(75)

Autor vynálezu HŮLKA ZDENĚK ing. CSc., BRNO
JANOUSEK VLASTIMIL ing., LETOVICE,
Kyselka Dušan ing., BRNO

(54) Způsob měření geomagnetického pole a zapojení k jeho provádění

Způsob měření geomagnetického pole měřením doby period sinusoidálního protonového signálu, vznikajícího volnou protonovou precesí a zapojení k provádění tohoto způsobu. Účinkem vynálezu je zpřesnění výsledků měření využitím celého užitečného úseku signálu bez ohledu na gradient geomagnetického pole. Účelu se dosahuje tím, že doby period se v předělu vzniku násobí sledem váhových koeficientů vytvářejících trojúhelníkovou filtrační okna. Součiny se sčítají do mezisoučtu filtrovaných dob period. Každý mezisoučet se porovnává s mezisoučtem prvního trojúhelníkového filtračního okna při jejich současné sumarizaci. Sumarizace se ukončí, je-li zjištěna větší než zvolená odchylka. Celkový součet se dělí počtem mezisoučtů. Podíl je mírou intenzity geomagnetického pole. V zapojení je zařazen za zesilovačem signálu čítač a mikropočítač. Způsob i zapojení jsou využitelné v oboru geofyziky, zvláště při pozemním geomagnetickém průzkumu.



obr. 1

Vynález se týká jednak způsobu měření geomagnetického pole měřením doby period sinusoidálního protonového signálu, který vzniká volnou protonovou precesí a je generován snímací cívkou, jednak zapojení k provádění tohoto způsobu.

Jádra atomu vodíku, protony, mají v důsledku spinu spinový mechanický moment a spinový magnetický moment. Působí-li na protony magnetické pole, je výsledkem precesní pohyb protonů o frekvenci, která je úměrná magnetickému poli. Tohoto jevu se využívá v protonových magnetometrech pro měření geomagnetického pole. Ve snímači naplněném kapalinou bohatou na atomy vodíku je ponořena snímací cívka, generující sinusoidální protonový signál. Aby sinusoidální protonový signál byl použitelný, musí velký počet protonů konat precesní pohyb ve fázi. Dosahuje se toho tím, že do snímací cívky se přivede silný proud, vytvářející silné polarizační pole. Po odpojení zdroje polarizačního proudu a po krátkém časovém intervalu, ve kterém se odstraňuje energie nahromaděná polarizací ve snímací cívkce, se připojí snímací cívka k elektronickým obvodům pro měření frekvence, popřípadě doby period indukovaného sinusoidálního protonového signálu. Poněvadž pohyb protonů je rušen interferujícími magnetickými poli sousedních částic, protony postupně vybíhají z fáze a sinusoidální protonový signál s exponenciálním poklesem zaniká. Doba zániku je také závislá na homogenitě magnetického pole. Kromě toho je signál znehodnocován aditivním šumem a poruchami indukovanými do snímací cívky. Aby se nepříznivý vliv poruch a aditivního šumu snížil, je signál filtrován.

Jsou známy způsoby měření sinusoidálního protonového signálu, při nichž je signál filtrován obdélníkovým oknem. Snímací cívka je vyladěna do oblasti pracovní frekvence a součástí

elektronických obvodů je vysoce selektivní článek, který výrazně omezuje šířku pásma. Vysoce selektivní článek tvoří fázově řízený oscilátor s čítačem.

Nevýhodou známého způsobu měření geomagnetického pole a zapojení je nedostatečná filtrace. Čítačové zpracování sinusoidálního protonového signálu má nevýrazné filtrační účinky. Hlavním filtračním prvkem je fázově řízený oscilátor. Sinusoidálnímu protonovému signálu se ve všech fázích čítání přisuzuje stejný filtrační váhový koeficient. Vně čítacího intervalu je koeficient nulový. Naproti tomu chyba způsobovaná aditivním šumem vzniká převážně na začátku nebo na konci čítacího intervalu. Prodlouží-li se nebo zkrátí některá perioda sinusoidálního protonového signálu uvnitř čítacího intervalu, v následujících periodách vznikne opačná odchylka a disproporce se kompenzují. Na začátku nebo na konci čítacího intervalu však ke kompenzaci nedojde.

Druhý známý způsob měření geomagnetického pole, při kterém je sinusoidální protonový signál filtrován jedním trojúhelníkovým oknem, uvedenou nevýhodu zčásti odstraňuje (SU*728 105). Čítací interval je na počátku i na konci vymezen řadou odečtů a pro zpracování se bere průměrná hodnota.

Nevýhodou druhého známého způsobu je nepřizpůsobivost charakteru měřeného geomagnetického pole a neschopnost dosáhnout optimálních výsledků v geomagnetických polích s různým gradientem. Je-li zvolena délka trojúhelníkového filtračního okna tak dlouhá, aby byl optimálně využit a zpracován pozvolna zanikající sinusoidální protonový signál v homogenním geomagnetickém poli, bude docházet ke značnému zkreslení naměřených výsledků v geomagnetických polích s velkým gradientem, kde sinusoidální protonový signál zaniká rychleji a do čítacího intervalu bude zahrnuta i oblast se zaniklým signálem. Je-li naopak zvolena délka trojúhelníkového filtračního okna krátká, nedou dosahovány optimální výsledky měření v geomagnetickém poli.

Uvedené nevýhody odstraňuje způsob měření geomagnetického pole podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že doby period sinusoidálního protonového signálu, vznikajícího volnou protonovou precesí, se v pořadí vzniku násobí sledem váhových koe-

ficientů vytvářejících trojúhelníková filtrační okna překrývající se polovinou základny, v každém z nich váhové koeficienty od nuly do poloviny lineárně vzrůstají a poté symetricky klesají, sčítají se součiny prvního trojúhelníkového filtračního okna do mezisoučtu filtrovaných dob period, který se porovnává s mezisoučtem filtrovaných dob period každého následujícího trojúhelníkového filtračního okna při jejich současné sumarizaci a sumarizace se ukončí zjištěním větší než zvolené odchylky od mezisoučtu filtrovaných dob period prvního trojúhelníkového filtračního okna, načež se celkový součet filtrovaných dob period dělí počtem mezisoučtů a získaný podíl je mírou intenzity geomagnetického pole.

Podstatou vynálezu je i zapojení k provádění způsobu, v němž je na výstup zesilovače zapojen za sebou čítač a mikro-počítač, v němž je realizován váhový filtr spojený se sumarizačním registrem a pomocným registrem a jehož výstup je sběrníci připojen k displeji.

Výhody způsobu měření geomagnetického pole podle vynálezu spočívají v efektivním využití postupně zanikajícího sinusoidálního protonového signálu, v účinném potlačení nahodilého aditivního šumu a v umožnění vyloučit ze zapojení vysoce selektivní obvod s fázovým závěsem, jakož i obvod pro zjištění kvality signálu. V zapojení tak odpadá problém s volbou šířky pásma selektivního obvodu a s volbou délky ustalovacího intervalu, během něhož se potlačuje přechodný jev ve fázovém závěsu. Způsob podle vynálezu umožňuje použít v zapojení jen hrubé selekce a zkrátit tím přechodový čas na minimum. Tím, že délky period sinusoidálního protonového signálu se měří opakovaně po celou dobu, ve které má signál dostatečnou velikost, získávají se věrohodnější hodnoty intenzity měřeného geomagnetického pole než při způsobu zpracování s konstantní délkou odběru sinusoidálního protonového signálu. Aditivní šum je potlačen využitím překrývajících se trojúhelníkových filtračních oken.

Příklad zapojení k provádění způsobu měření geomagnetického pole je znázorněn na přiloženém výkrese, kde na obr. 1 je blokové schéma zapojení. Na dalších výkresech jsou znázorněny grafy pro objasnění příkladů způsobu. Na obr. 2, 4, 6 jsou graficky vyhodnoceny odchylky dob period sinusoidálního proto-

nového signálu v geomagnetických polích s odlišným gradientem a na obr. 3, 5, 7 jsou znázorněny obalové přímky příslušných váhových koeficientů.

Součástí zapojení k provádění způsobu měření geomagnetického pole podle vynálezu je snímací cívka L ve snímači B, naplněném tekutými uhlovodíky. Snímací cívka L je zapojena přes spínač S na zdroj Z polarizačního proudu a přes přepínač P na vstup zesilovače A nebo tlumicí odpor R. Paralelně jsou ke snímací cívce L připojeny omezovací diody D a ke vstupu zesilovače A ladící kondenzátor C. Na výstup zesilovače A je za sebou zapojen čítač E a mikropočítač M, který je sběrnici N spojen s displejem H. V mikropočítači M je realizován váhový filtr F spojený se sumarizačním registrem T a pomocným registrem K.

Měření geomagnetického pole se zahájí připojením snímací cívky L na zdroj Z polarizačního proudu pomocí spínače S. Doba připojení je 1 s, proud protékající přes snímací cívku L má hodnotu 1 A. Přepínač P je přitom připojen k tlumicímu odporu R. Odpojením snímací cívky L od zdroje Z vznikne rušivý napěťový impuls, který se omezí omezovacími diodami D. Energie, která se při polarizaci nahromadila ve snímací cívce L se přemění v teplo, a to jednak na omezovacích diodách D, jednak na tlumicím odporu R. Po přestavení přepínače P do opačné polohy vstupuje do zesilovače Z sinusoidální protonový signál. Čítač E čítá doby period tohoto signálu, popřípadě doby stejně početných skupin period, které se ve váhovém filtru F mikropočítače M násobí váhovými koeficienty, tvořícími trojúhelníkové filtrační okno. Mezisoučet filtrovaných dob period prvního trojúhelníkového filtračního okna se uchová v pomocném registru K. Mezisoučet filtrovaných dob period druhého trojúhelníkového filtračního okna je s ním porovnán a pokud se jejich rozdíl neliší od zvolené odchylky, jsou oba mezisoučty sečteny a uloženy do sumarizačního registru T. Proces se opakuje. Je-li zjištěna větší než zvolená odchylka, vypočte se podíl celkové doby period a počtu mezisoučtů. Signál vyjadřující hodnotu podílu je přiveden sběrnici N do displeje H, kde je zobrazen jako hodnota intenzity geomagnetického pole.

Současně se zobrazením intenzity geomagnetického pole se na displeji H zobrazí počet trojúhelníkových oken, která byla

vzata k výpočtu. Toto číslo je mírou kvality zpracovávaného signálu.

Způsob měření geomagnetického pole byl ověřen příklady.

Příklad 1

Byly měřeny doby prvních 32 period sinusoidálního signálu, násobeny váhovými koeficienty trojúhelníkového filtračního okna a proveden mezisoučet filtrovaných dob, obr. 3. Další mezisoučet filtrovaných dob period byl pořízen mezi 16. až 48. periodou. Oba mezisoučty byly porovnány a poněvadž v přepočtu na jednotky nT rozdíl nečinil více než 50 nT, byly stejným způsobem měřeny doby 32. až 64. periody. Analogicky byla přidávána další trojúhelníková okna. Poněvadž šestý mezisoučet dob 80. až 112. periody převýšil zvolenou odchylku, bylo počítání dob period přerušeno. Hodnoty mezisoučtů v přepočtu na jednotky nT byly následující:

46 965 46 967 46 965 46 963 46 965 46 868

Odchytky jsou graficky znázorněny na obr. 2. Hodnota šestého mezisoučtu byla potlačena a pro další zpracování bylo poято pouze pět mezisoučtů. Celkový součet filtrovaných dob period byl dělen počtem mezisoučtů a stanovena průměrná hodnota intenzity geomagnetického pole, která činila 46 965 nT. Z délky trvání signálu, obr. 2, je patrné, že měřené geomagnetické pole je homogenní. Pro měření byl využit celý užitečný rozsah sinusoidálního protonového signálu.

Příklad 2

Byly měřeny doby period sinusoidálního protonového signálu stejným způsobem jako v příkladu prvním, avšak v nehomogenním geomagnetickém poli, obr. 4 a 5. Již třetí mezisoučet filtrovaných dob period, a to od 32. do 64. periody vykazoval vyšší než zvolenou odchylku, neboť protonový sinusoidální signál vlivem vysokého gradientu začal zanikat v 50. periodě. Intenzita měřeného geomagnetického pole byla vypočtena pouze ze dvou mezisoučtů s využitím celého užitečného rozsahu sinusoidálního protonového signálu.

Příklad 3

Byly měřeny doby period sinusoidálního protonového signálu stejným způsobem jako v příkladu prvním, avšak ve vysoce nehomogenním geomagnetickém poli s velkým gradientem, obr. 6 a 7. Za-

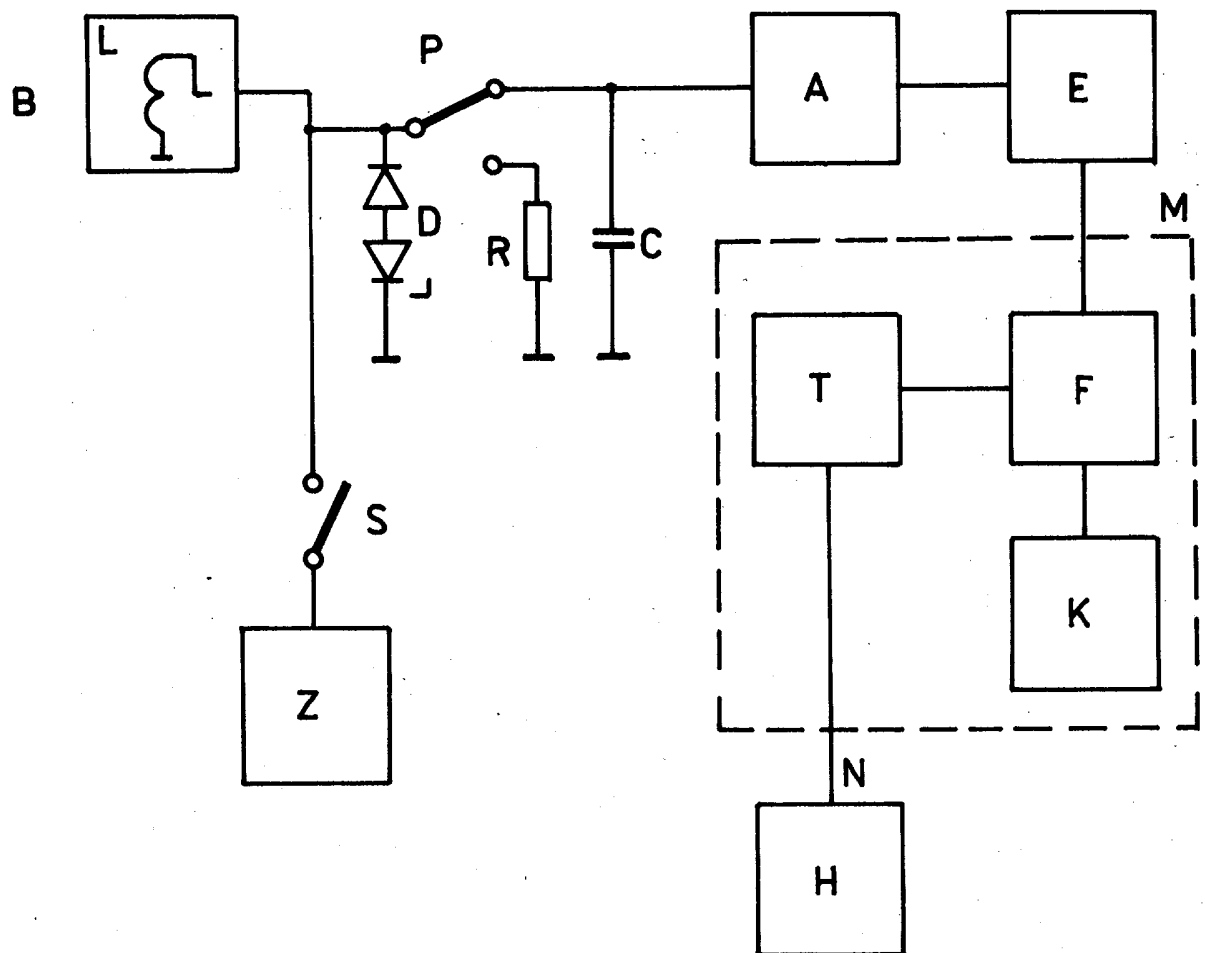
tím co první mezisoučet filtrovaných dob period činil v přepočtu 46 608 nT, následující mezisoučty byly nižší o více než 50 nT. Činily 44 827 a 43 656 nT. Měření bylo přerušeno a výsledek skrečován jako neadekvátní.

Na příkladech lze demonstrovat vyšší účinek způsobu měření geomagnetického pole podle vynálezu. Pokud by se měřilo ve stejných podmínkách dosud známým způsobem s konstantními filtračními okny v rozsahu např. 48 period, dosáhlo by se srovnatelných výsledků měření pouze v případě podle příkladu 2. V případě podle příkladu 1 by docházelo ke snížení přesnosti, neboť by nebyla využita informace sinusoidálního protonového signálu v rozsahu 49. až 96. periody.

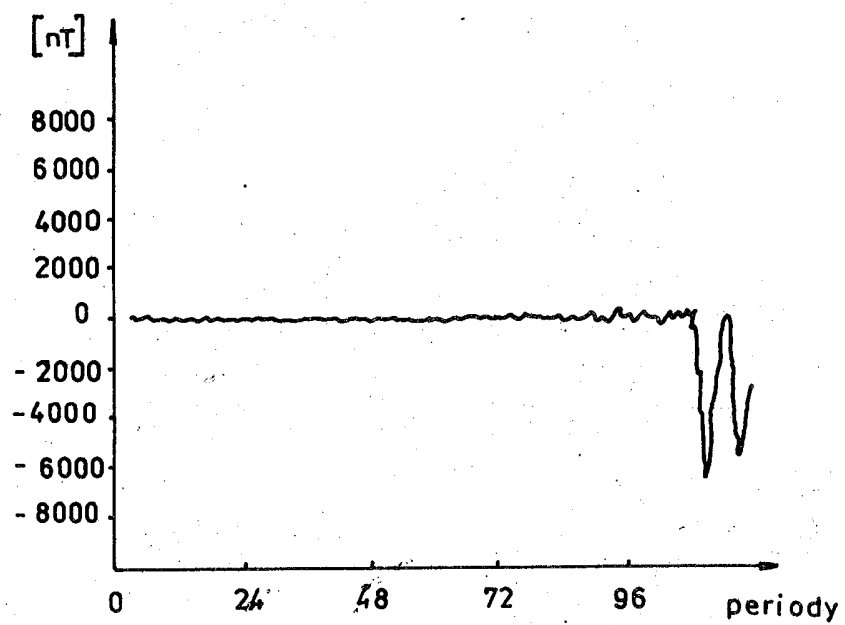
Způsobem podle vynálezu je možno měřit buď délky dob jednotlivých period sinusoidálního protonového signálu, nebo délky dob stejných násobků period. Způsob i zapojení jsou využitelné v oboru geofyziky, zvláště při geomagnetickém pozemním průzkumu.

1) Způsob měření geomagnetického pole měřením doby period sinusoidálního protonového signálu vznikajícího volnou protonovou precesí a generovaného snímací cívkou, vyznačený tím, že doby period se v pořadí vzniku násobí sledem váhových koeficientů vytvářejících trojúhelníková filtrační okna překrývající se polovinou základny, v každém z nich váhové koeficienty od nuly do poloviny lineárně vzrůstají a poté symetricky klesají, sčítají se součiny prvního trojúhelníkového filtračního okna do mezisoučtu filtrovaných dob period, který se porovnává s mezisoučtem filtrovaných dob period každého následujícího trojúhelníkového filtračního okna při jejich současné sumarizaci a sumarizace se ukončí zjištěním větší než zvolené odchylky od mezisoučtu filtrovaných dob period prvního trojúhelníkového filtračního okna, načež se celkový součet filtrovaných dob period dělí počtem mezisoučtů a získaný podíl je mírou intenzity geomagnetického pole.

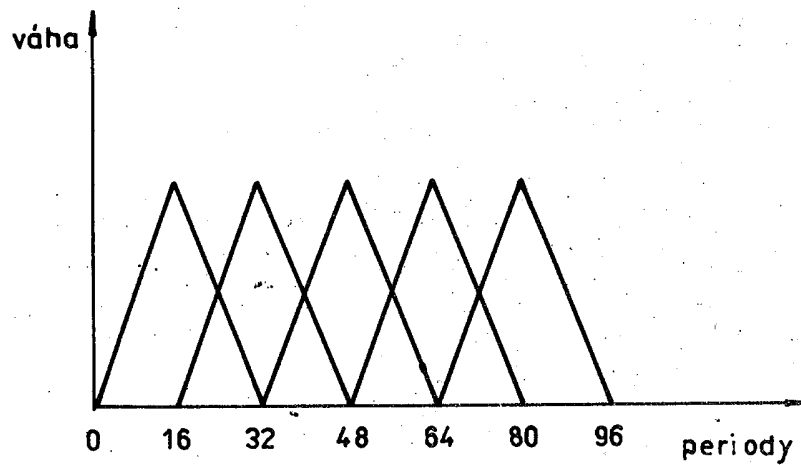
2) Zapojení k provádění způsobu podle bodu 1, jehož součástí je snímací cívka, připojená přes spínač ke zdroji polarizačního proudu a přes přepínač ke vstupu zesilovače, vyznačené tím, že na výstup zesilovače (A) je zapojen za sebou čítač (E) a mikropočítač (M), v němž je realizován váhový filtr (F) spojený se sumarizačním registrem (T) a pomocným registrem (K) a jehož výstup je sběrnicí (N) připojen k displeji (H).



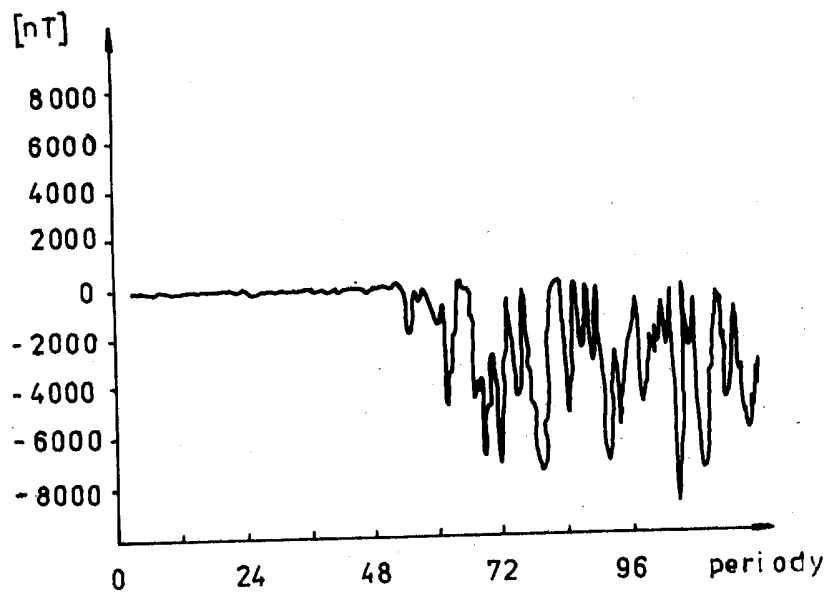
obr. 1



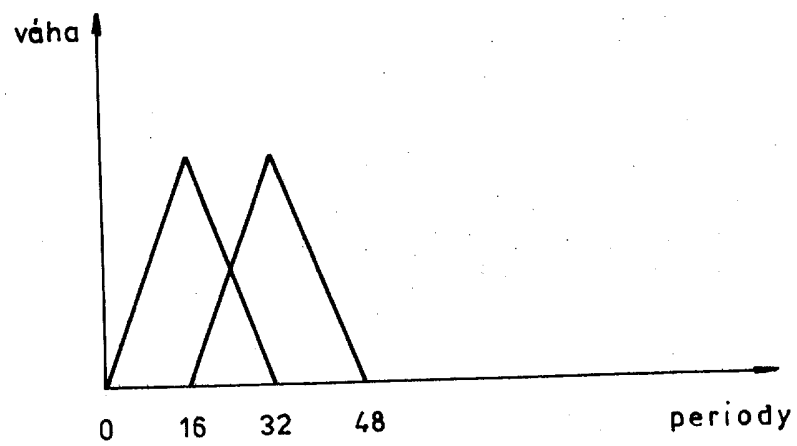
obr. 2



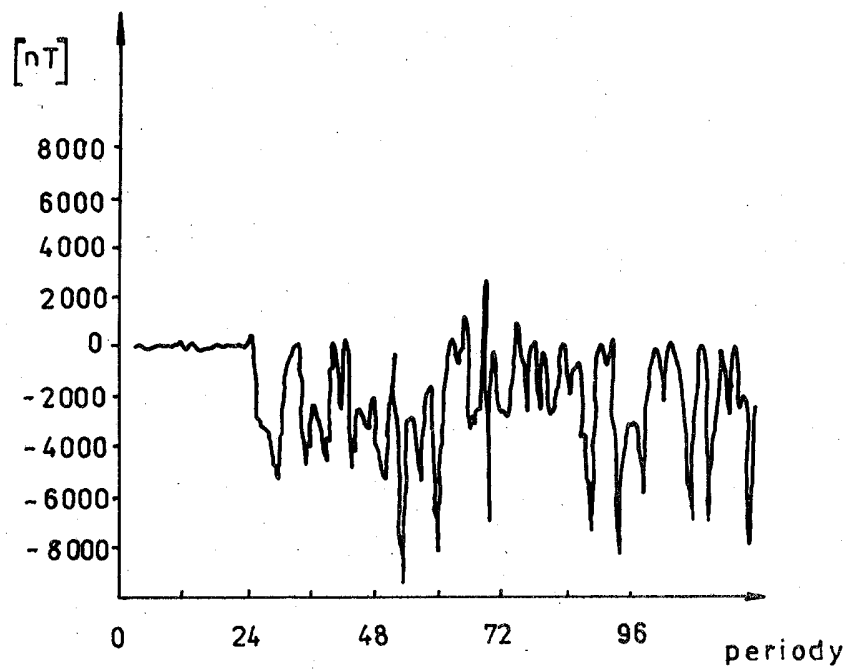
obr. 3



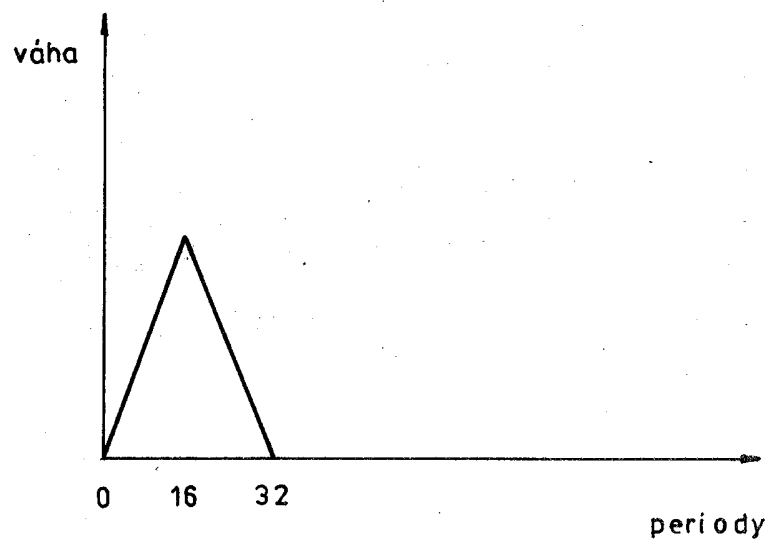
obr. 4



obr. 5



obr. 6



obr. 7