

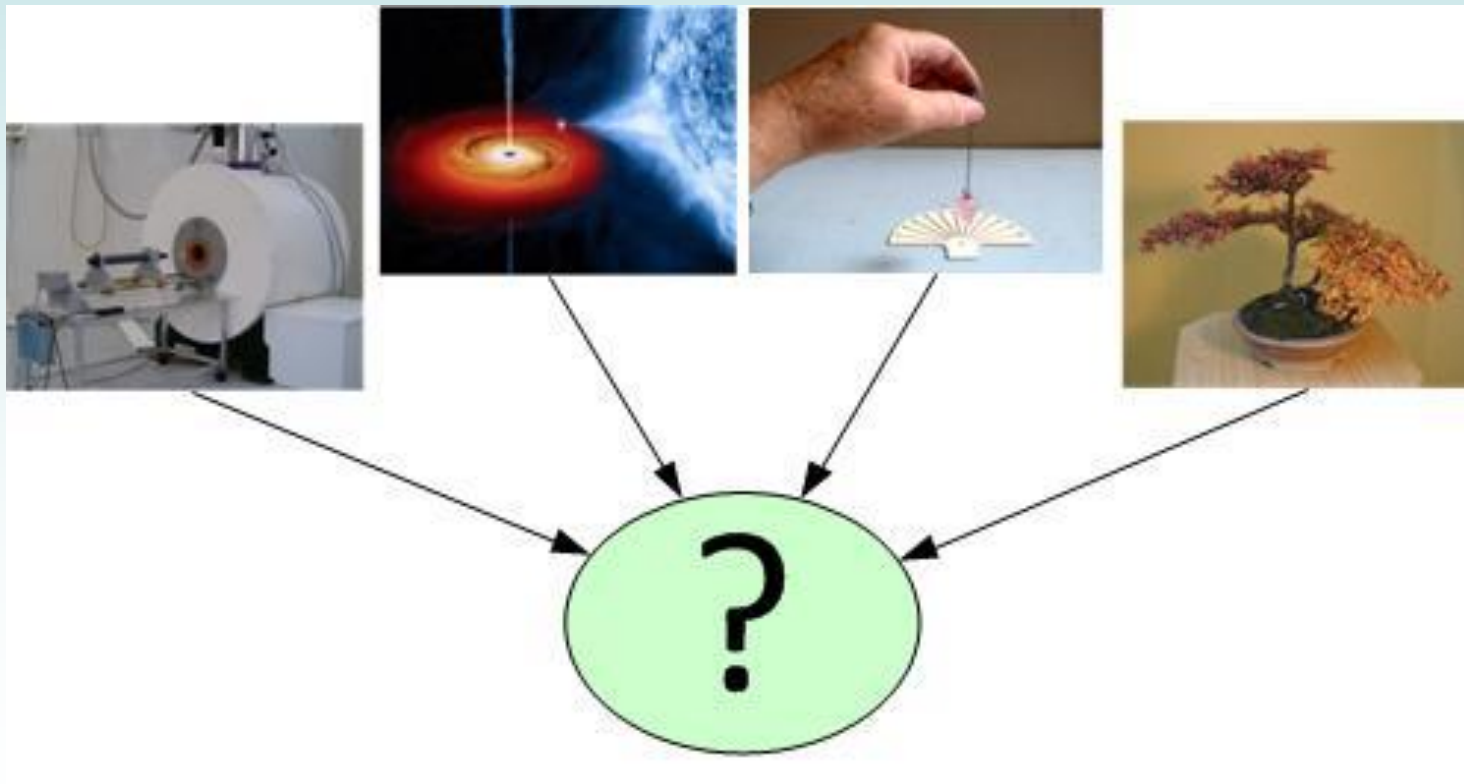
Supravodivý kyvadlový gradiometr

Prof. Ing. Karel Bartušek, DrSc.

2017

Oblasti zájmu:

- magneticko-rezonančního zobrazování
- metrologie a měření
- biofeedback a její aplikace v mentální diagnostice a terapii
- bonsaje



- Technický postup, při kterém se funkce těla dají vědomě řídit. Vlivem biofeedbacku je možné po určitém tréningu ovlivňovat tělesné funkce.
- Ovlivňování neurologických chorob a posilování určitých oblastí mozku.
- Ovládání počítačů myšlenkou.
- Psychologický trénink, např. ve sportu, chápeme jako systematickou optimalizaci psychických předpokladů činností prostřednictvím psychologických metod. Psychologická příprava nebo také psychotrénink je tréninkem se stejnými zákonitostmi jako ostatní složky sportovního tréninku – fyzická, technická či taktická příprava.
- Detekční systémy zdravotního stavu člověka jsou založeny na reakci člověka na definovanou stimulaci. Reakce je měřitelná na fyzikálních parametrech, nejčastěji na změně kožní impedance.

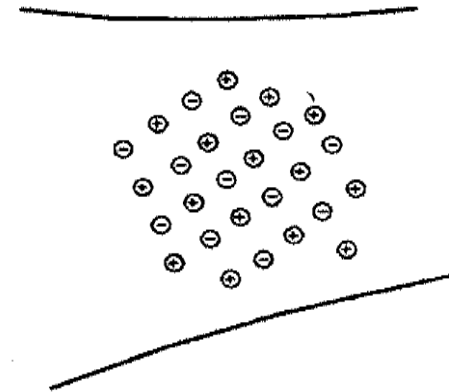
Byl vytvořen model a realizován vzorek kyvadlového gradiometru na principu měřičů SQUID.

Reálný systém vystihuje hlavní vlastnosti senzorové soustavy lidského organismu a může vysvětlovat princip reakce člověka na podněty a funkce biofeedback v různých aplikacích.

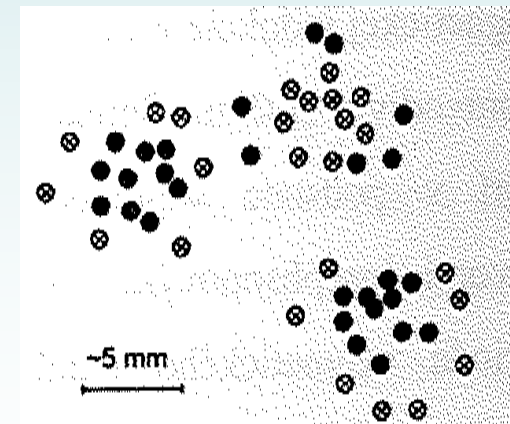
- Fyzikální kyvadlo vytváří změny magnetického pole (modulaci ΔB_0)
přibližně o velikosti
$$\Delta B_0 = \frac{2\chi B_0 R^3}{3x^3} \quad |\chi| \ll 1 \quad x \gg R$$
- Příklad: $x = 175\text{mm}$, $\chi = -8,9 \cdot 10^{-15}$ (Cu), Φ závaží = 5mm, $\Delta B_0 = -6,5 \cdot 10^{-15}$ T
- Fyzikální kyvadlo – úzkopásmový rezonanční obvod ($Q \sim 100$).
- Vysoké Q umožní kmitavý pohyb pomocí synchronního pohybu v místě závěsu kyvadla jen několik desetin mm.
 T_1 mapa T_2 mapa
- Netlumené kmity mohou nastat za podmínky použití pohybového zdroje obsahujícího složku frekvenčně se přizpůsobující rezonančním podmínkám kyvadla. Je nutné použít zpětnovazební systém s kladnou zpětnou vazbou.
- Kyvadlo je prvkem přenosové soustavy a zviditelňuje reakce člověka na registrované magnetické pole.

- V lidském těle (i v živých organizmech) existují Josephsonové struktury na buněčné úrovni.
- Představa o Josephsonové podstatě nervových struktur může vysvětlit např. tepelně selektivní chování receptorů chladu a tepla a zákonitosti jejich odezvy na tepelné podněty.
- Při lineárním zvyšování magnetického pole působícího na člověka se periodicky mění směr rotace kyvadla.
- Perioda magnetického toku odpovídá Φ_0 .

- V lidském těle (i v živých organizmech) jsou rozmístěné biomagnetické snímače v pravidelném rastru.
- Snímače pracují na principu Josephsonova jevu a mají střídající se polaritu.
- Orientační odhad hustoty bodů je 1 bod na 1 cm²
- Počet snímačů na lidském těle by mohl být asi 20000.
- Citlivé body vytváří velmi citlivý anténní systém.
- V homogenním magnetickém poli se anténní systém může chovat neutrálně. V nehomogenním poli je citlivá na gradient magnetického pole.

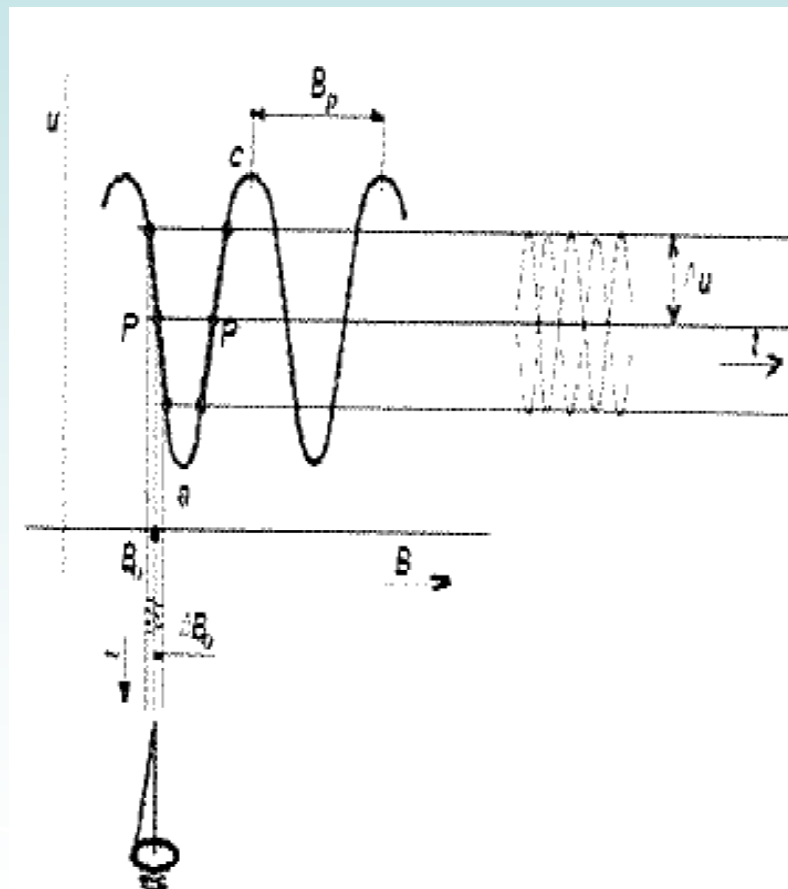
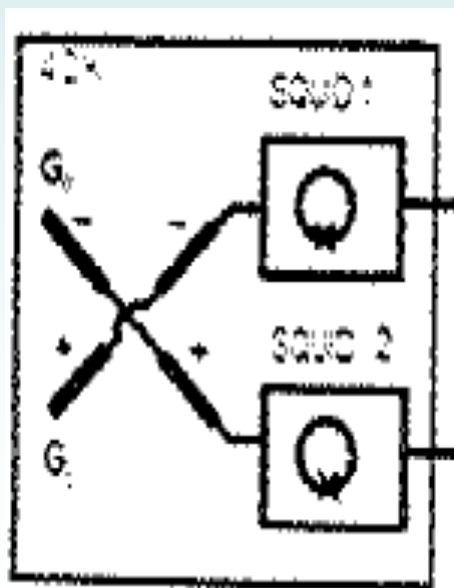


Obr. 2. Citlivé body na vnútornom predlaktí ľavej ruky.



Obr. 4. Jemná štruktúra citlivých bodov.

- Kyvadlo moduluje vnější magnetické pole.
- Zařízení reaguje na gradient magnetického pole.
- Snímač SQUID měří toto pole – viz. Obr.5

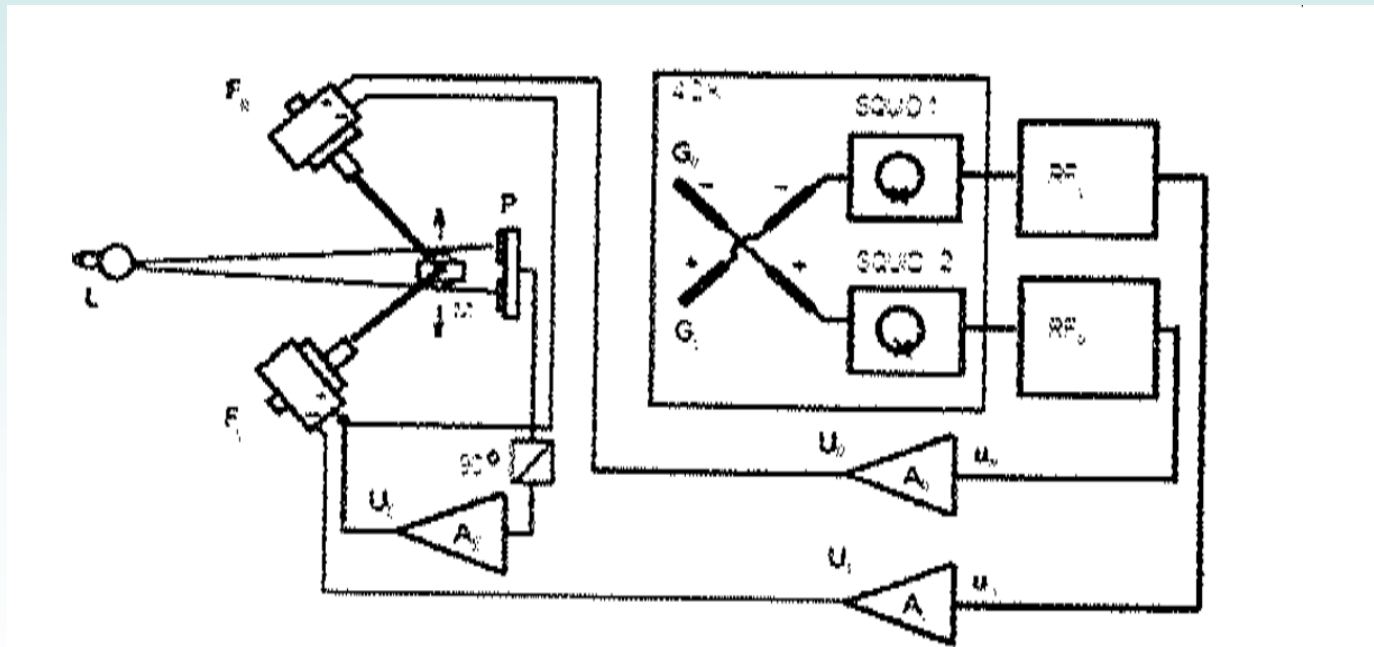


Obr. 5. Závislost' výstupního napětí SQUIDu.

Zařízení reaguje na gradient magnetického pole.

Supravodivý kyvadlový gradiometr má dva zpětnovazební systémy:

1. první pro udržení kmitů fyzikálního kyvadla s konstantním rozkmitem.
2. druhý pro měření gradientu magnetického pole se snímači SQUID.

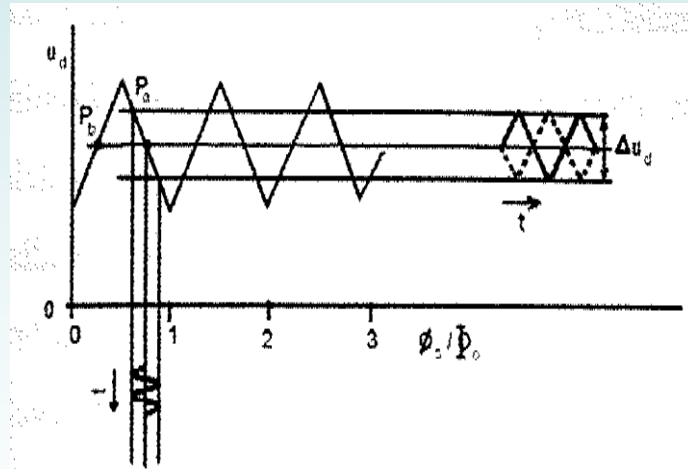


Obr. 6. Bloková schéma supravodivého kvantového kyvadlového gradiometra.

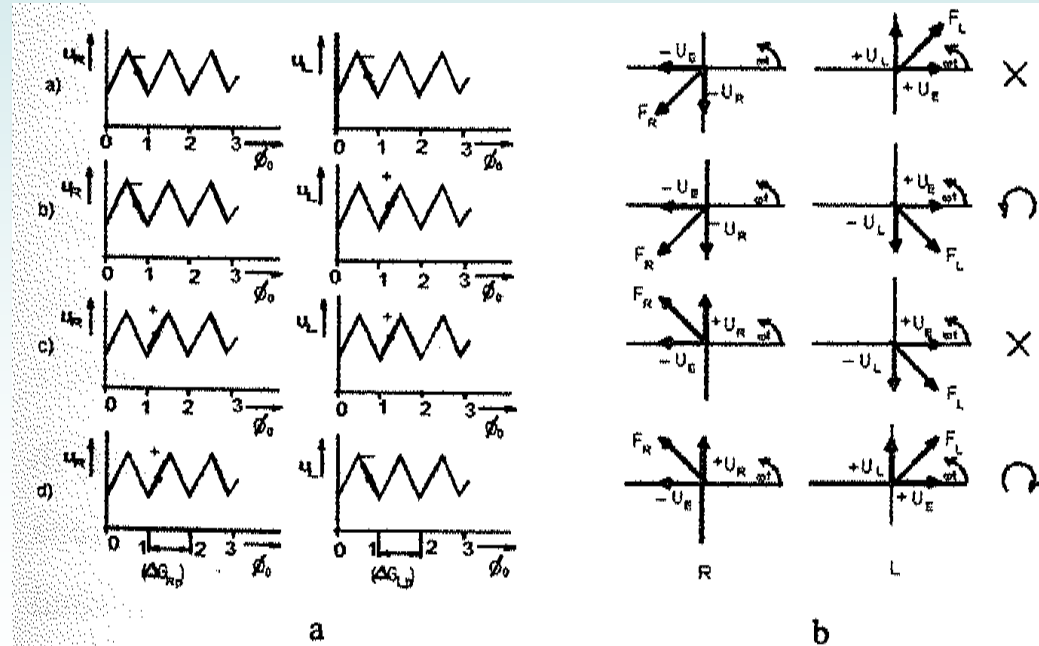
Modulaci magnetického pole zajišťuje feritový magnet na závěsu.

Pohyb magnetu vyvolá napěťové signály odpovídající ortogonálním složkám magnetického pole.

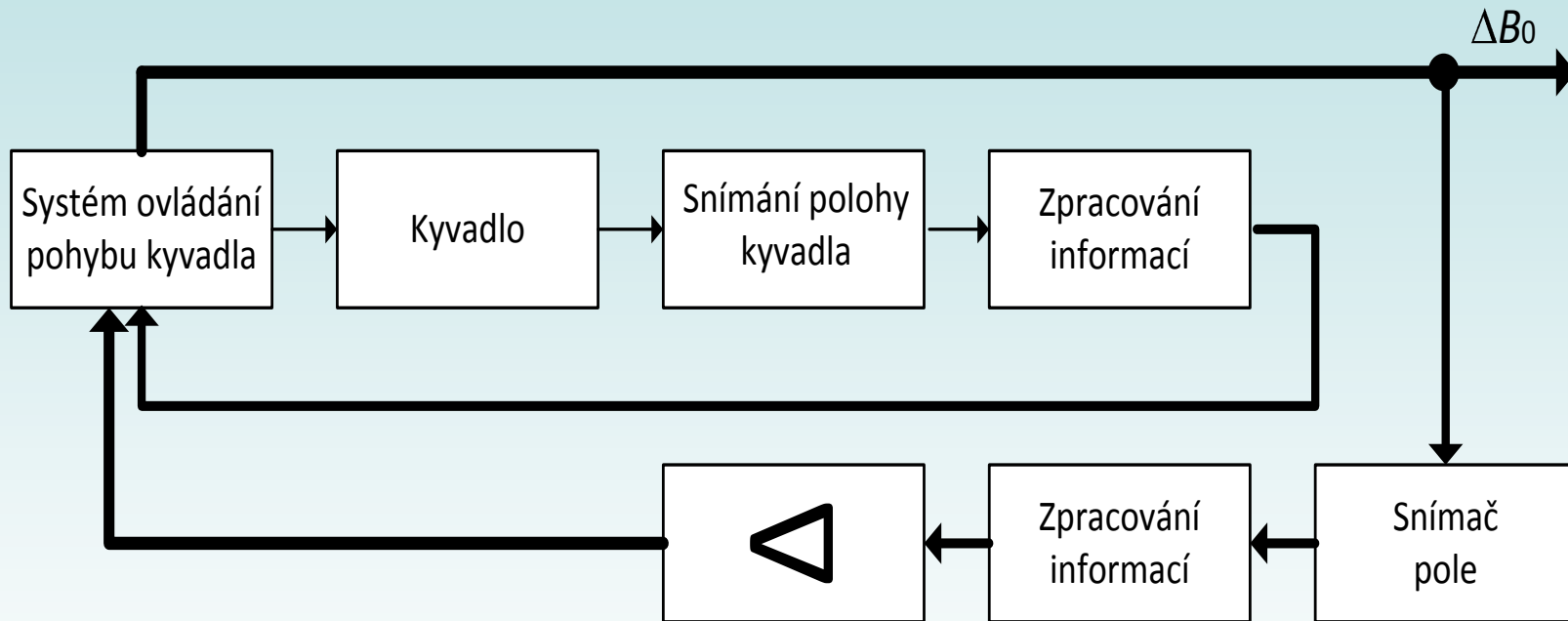
Podle fáze výstupních signálů se pohybuje fyzikální kyvadlo.

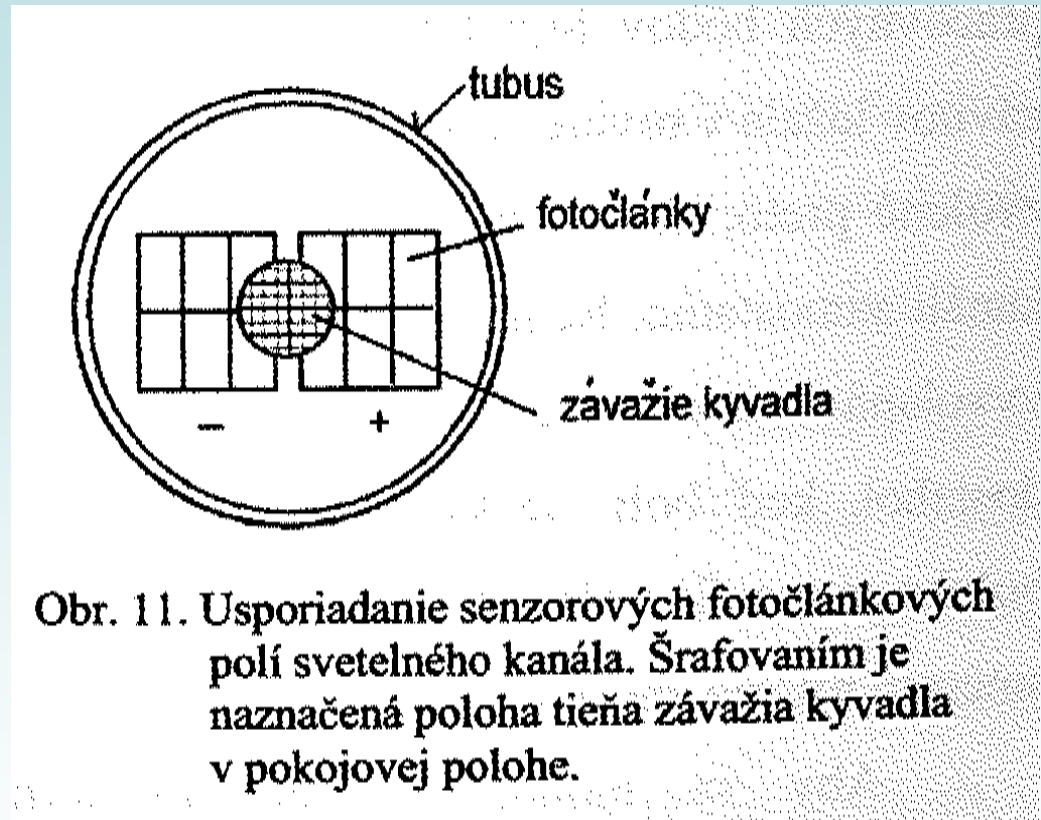
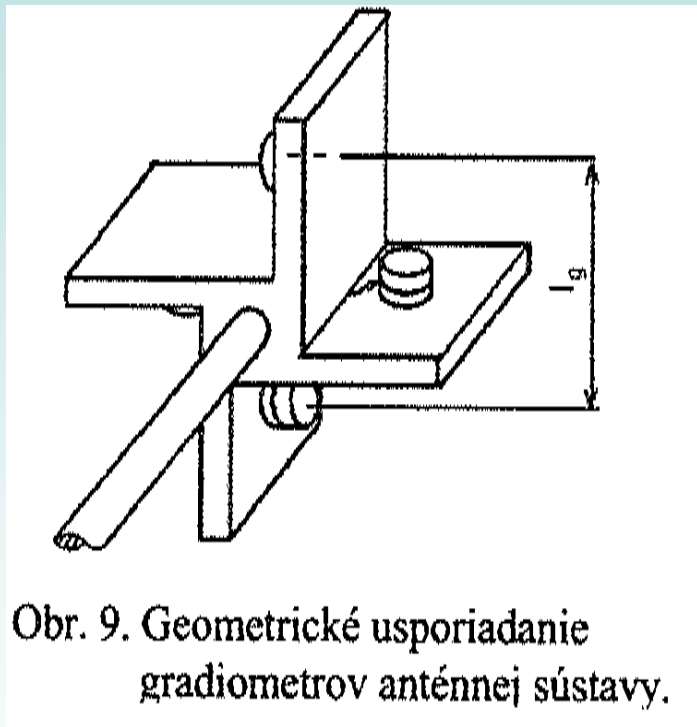


Obr. 7. Závislost' výstupného napätia rf. snímača SQUID.



Obr. 8. Možné kombinácie polohy pracovných bodov (plné body) snímačov SQUID (a) a závislosť príslušnej fázy pohybových vektorov F_L , F_R od fázy napěťových vektorov U_L , U_R , U_E (b).





- Pri zmene gradientu magnetického poľa pôsobiceho na jeho antény systém nastáva periodické striedanie stavov pozdĺžneho kmitania a rotácie kyvadla v oboch smeroch.
- Úlohu oscilačného obvodu a zdroja netlmených oscilácií kyvadla plní svetelný kanál. Po prerušení signálu vypnutím svetelného zdroja sa kmity utlmia, po zapnutí sa kmitanie samovoľne obnoví.
- Rotácia kyvadla môže vzniknúť len za spolupôsobenia magnetického poľa.
- Systém sa automaticky prispôsobuje rezonančnej frekvencii kyvadla danej dĺžkou jeho závesu a hmotnosťou závažia.
- Pri zmene polarity jednosmerného magnetického poľa alebo pri zmene znamienka susceptibility závažia kyvadlo mení smer rotácie.
- V superponovanom striedavom magnetickom poli s frekvenciou f_q ($f_q \gg f_o$) stráca PSQG pri určitých diskretných hodnotách jeho amplitúdy citlivosť a rotácia kyvadla nevzniká.
- Magnetické vlastnosti kyvadla (veľkosť magnetického momentu m_A) nemajú bezprostredný vplyv na citlivosť gradiometra. Určujú ju len parametre snímačov SQUID a anténnej sústavy.

V příspěvku je opísaný kyvadlový supravodivý kvantový gradiometer 1. rádu, pracujúci na princípe interakcie medzi kmitajúcim kyvadlom s magnetickým závažím a snímačmi SQUID. Zhotovený model dal kladnú odpoveď na otázku o fyzikálnej reálnosti východiskových predstáv. V podstate ide o merací prístroj na meranie zmien gradientu magnetického poľa s nekonvenčným obvodom riešením a spôsobom informácie o veľkosti meranej veličiny. Na rozdiel od klasických supravodivých gradiometrov (resp. magnetometrov) má výstup tohto prístroja diskretný charakter (zmena smeru rotácie a prechod z rotačného na pozdĺžny kmitavý pohyb) s krokom zodpovedajúcim polperióde $\Phi_0/2$ magnetického indukčného toku pôsobiaceho na SQUID. Táto časť je zameraná výhradne na fyzikálnu stránku danej problematiky a experimentálne overenie základných vlastností PSQG.

Děkuji za pozornost