

4. Черняга П., Кубах С. Переваги та недоліки різних систем координат та геодезичних проєкцій під час ведення земельного кадастру. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*, 2010. вип. П(20). С. 62-66.

УДК 528.526:004.9

## ЕЛЕКТРОННИЙ КОМПАС

*Вікуліна Л.Ф., професор кафедри геодезії, землеустрою та земельного кадастру, д.т.н.  
Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна*

Рівень автоматизації геодезичних вимірів вимагає визначення напрямку магнітного поля в електронному вигляді. Визначити це завдання може електронний компас на основі магніточутливих напівпровідникових елементів.

Компас є одним із приладів із найширшим діапазоном застосування. Головним показником приладу є його надійність і міцність, які значно зростають за відсутності в приладі будь-яких механічних деталей, що рухаються.

Найбільшу зацікавленість представляє електронний компас, що складається з напівпровідникового магніточутливого елемента, електричний сигнал на виході якого пропорційний величині зовнішнього магнітного поля і електронної схеми сигналу. Важливе, що даний електронний пристрій не має рухомих механічних частин і механізмів.

Найбільшу магніточутливість з усіх напівпровідникових приладів має двоколекторний магнітотранзистор. За відсутності магнітного поля інжектвані з емітера носії (дірки) розподіляються порівну між колекторами та його струми рівні. У магнітному полі потік носіїв відхиляється у бік одного колектора, його струм збільшується, а струм іншого колектора зменшується. Крім ефекту перерозподілу носіїв між колекторами, ДМТ діє також і ефект зміни довжини шляху носіїв: траєкторія руху носіїв, що потрапляють в перший колектор зменшується, що призводить до додаткового зростання струму; для другого колектора цей ефект навпаки призводить до додаткового зменшення струму. При зміні полярності магнітного поля струм першого колектора зменшується, а другого збільшується.

Очевидно, за відсутності магнітного поля в симетричній схемі різниця потенціалів між колекторами дорівнює нулю, а зі зростанням індукції магнітного поля напруга між колекторами збільшується. У планарній моделі ДМТ максимальне значення напруги однієї

полярності відповідатиме напрямку магнітного поля, перпендикулярного площині транзистора на Північ. А максимальна напруга протилежної полярності – на Південь. Однак, відхилення осі ДМТ від цього напрямку (перпендикулярного) і на Захід, і на Схід веде до зменшення напруги між колекторами на ту ж саму величину в обидві сторони. Тому для визначення відхилення був доданий другий магнітотранзистор, розташований перпендикулярно першому (рис. 1). Тоді, наприклад, при орієнтації осі компасу на Північ, ДМТ-1 покаже максимальну напругу, а ДМТ-2 - нуль. При відхиленні осі на Захід ДМТ-2 покаже напругу однієї полярності, але в

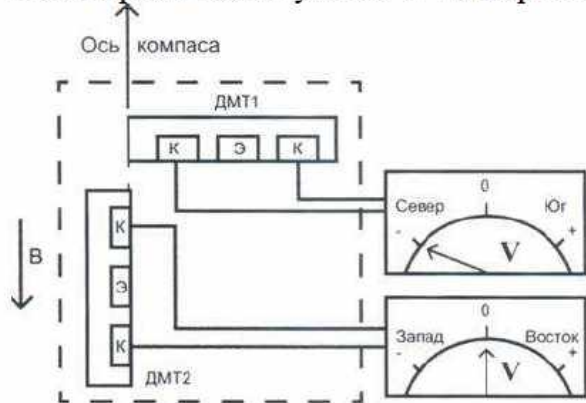


Рис. 1. Розташування двох ДМТ в електронному компасі

Схід – протилежної. Напряга з ДМТ-1 в обох випадках зменшується. Величина кута відхилення може відраховувати або зменшення напруги від максимального у ДМТ-1, або відхилення напруги від нуля у ДМТ-2.

Датчиком з використанням планарної конструкції ДМТ можна вимірювати магнітне поле тільки в одній площині. Для визначення всіх трьох складових вектора магнітної індукції розроблено конструкцію магнітотранзистора кубічної структури.

Величина магнітного поля Землі в залежності від широти місцезоташування становить  $25 \div 50$  А/м, а магнітна індукція, яка ним створюється  $0,3 \div 0,6 \cdot 10^{-4}$  Тл. Для вимірювання таких полів необхідно збільшити чутливість датчика магнітного поля на осевій ДМТ. Для цього застосовують концентратори магнітного поля. Як правило, якості концентраторів застосовують феритові стержні, довжина яких в  $40 \div 50$  разів більше їх діаметра. Стержні розміщують по обох сторонах датчика, паралельно оптимальному напрямку магнітного поля (рис. 2).

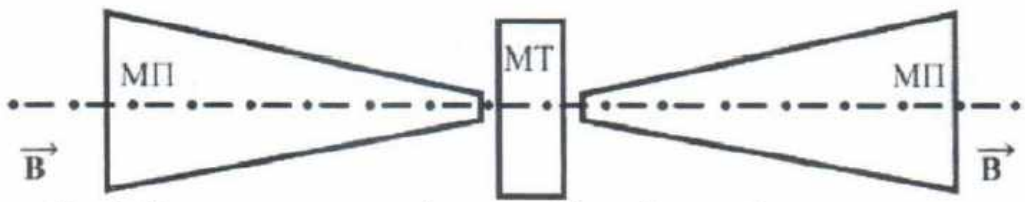


Рис 2. Розташування магнітопроводів щодо магнітотранзистора

Кінці стержнів, що примикають до ДМТ, загострюються таким чином, щоб розміри вершини конуса дорівнювали розмірам активної частини ДМТ. Це дозволяє збільшити концентрацію магнітного поля області датчика. Дія концентраторів сильно слабшає зі збільшенням зазору з-поміж них, тому його слід робити мінімальним (рівним товщині самого ДМТ). Посилення магнітної індукції концентраторами майже дорівнює величині їх магнітної проникності. При використанні стрижнів з мю-металу із зазором 0,3 мм чутливість датчика збільшувалася майже в 400 разів. Слід зазначити, що застосування концентраторів магнітного поля дозволяють покращити співвідношення сигнал-шум у 100 разів.

Зі зростанням температури магніточутливість ДМТ зменшується. Для усунення цього недоліку диференціальний підсилювач із двох транзисторів, коефіцієнт посилення яких зростає зі збільшенням температури. У такій схемі зменшення сигналу з ДМТ при збільшенні температури компенсується зростанням коефіцієнта посилення, в результаті чого на виході підсилювача вдається отримати сигнал, що залежить тільки від напруги магнітного поля і не залежить від температури.

#### **Бібліографічний список**

1. Викулин И.М., Викулина Л.Ф., Горбачев В.Э. Магниточувствительные приборы для сенсорных и исполнительных сетей. М. : РУСАИНС, 2019. 156 с.
2. Vikulin I.M., etc. Combined semiconductor injection magnetic field sensors for wireless information networks. *Radioelectronics and Communications Systems*, 2020, Vol. 63, №7, pp. 368-385. Allerton Press. N.-Y. 2020.
3. Викулина Л.Ф. Схемное решение термостабилизации выходного сигнала полупроводниковых датчиков. *Технология и конструирование в электронной аппаратуре*, 1998. № 3-4. С. 52-53.