

1. Ayficher E.S. Cifrovay obrabotka signalov / E.S. Ayficher, B.W. Jervis. – М.: Williams, 2008. – 992 p.
2. Sklar B. Cifrovay svyz / B. Sklar. – М.: Williams, 2003. – 1004 p.
3. Kester W. Analogo-cifrovoe preobrazovsnie / Walt Kester. – М.: Technosphere, 2007. – 1016 p.
4. Bortnyk G.G. Metodu ta zasobu analogo-cifrovogo peretvorenny vusokochastotnyh signaliv / G.G. Bortnyk, S.G. Bortnyk, V.M. Kuchak. – Vinnytsya: VNTY, 2013. – 128 p.

Рецензія/Peer review : 19.1.2015 р.

Надрукована/Printed :24.1.2015 р.

Стаття рецензована редакційною колегією

УДК 621.382.323

О.В. ОСАДЧУК, М.О. ПРИТУЛА, К.О.КОВАЛЬ, Я.О. ОСАДЧУК

Вінницький національний технічний університет

РАДІОВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ МАГНІТНОГО ПОЛЯ З ДАТЧИКОМ ХОЛЛА ТА ЧАСТОТНИМ ВИХІДНИМ СИГНАЛОМ

У статті розроблено радіовимірювальний перетворювач магнітного поля з датчиком Холла та частотним вихідним сигналом. Принцип роботи розробленого радіовимірювального перетворювача магнітного поля базується на основі автогенератора на транзисторній структурі з від'ємним опором. Також проведено експериментальні дослідження залежності частоти вихідного коливання розробленого радіовимірювального перетворювача від напруженості магнітного поля.

Ключові слова: радіовимірювальний перетворювач, датчик Холла, напруженість магнітного поля.

O.V. OSADCHYK, M.O. PRYTULA, K.O. KOVAL, Y.O. OSADCHYK

Vinnytsya national technical university

THE RADIOMEASURING CONVERTER OF THE MAGNETIC FIELD WITH HALL SENSOR AND FREQUENCY OUTPUT SIGNAL

The radiomeasuring converter of the magnetic field with Hall sensor and frequency output signal was developed. The principle of the developed radiomeasuring converter of the magnetic field is based on the oscillator on the transistor structure with negative resistance. Also the experimental research output oscillation frequency depends developed transducers on the magnetic field is conducted.

Keywords: radiomeasuring converter, hall sensor, the magnetic field.

Вступ

Вимірювання параметрів магнітних полів знаходить безліч застосувань як у фундаментальних, так і в прикладних дослідженнях різних наук. Існує багато методів, приладів та систем для вимірювання параметрів магнітних полів. Але останнім часом все більше застосування знаходять напівпровідникові гальваномагнітні радіовимірювальні прилади. Значний інтерес до гальваномагнітних явищ і на їх основі приладів та систем, пояснюється рядом особливостей і переваг, основні з яких: пропорційність вихідного сигналу векторному добутку електричного і магнітного полів, що діють на прилад, відсутність електричного зв'язку між вхідними і вихідними колами цих приладів, малі габарити, споживана потужність, висока надійність та інші. Ці особливості роблять їх перспективними для широкого наукового та промислового використання і дозволили сконструювати серію простих, зручних, надійних вимірювальних приладів і функціональних пристроїв найрізноманітнішого призначення [1].

Інтенсивний розвиток технологій напівпровідників сприяє пошуку та розробці нових високочутливих датчиків магнітного поля, здатних визначати напрям і вимірювати величину магнітного поля. Вони широко використовуються в медицині, в автомобілебудуванні, в дефектоскопії, в геології при дослідженні нових родовищ, при створенні систем позиціонування і навігаційних систем і в інших сферах. Використання існуючих датчиків магнітного поля у складі сучасних інтегральних пристроїв в даний час пов'язана з низкою проблем, серед яких головними є низька чутливість датчика до магнітного поля і відсутність загальної технології виготовлення функціональної інтегральної схеми і датчика. Водночас вдосконалюються алгоритми та схеми перетворення інформативних сигналів датчиків магнітного поля в вимірювальну величину. Це сприяє підвищенню чутливості та розширенню діапазона вимірювань пристрою або системи [2].

Таким чином, розробка та експериментальне дослідження таких перетворювачів з підвищеною чутливістю постійного магнітного поля є актуальною задачею.

Метою розробки радіовимірювального перетворювача магнітного поля з частотним виходом є створення електричної схеми та її експериментальне дослідження на основі теоретичних засад роботи датчика Холла.

В даній статті запропонований та експериментально досліджений вимірювальний пристрій постійного магнітного поля на основі частотного перетворювача з датчиком Холла.

Математичний аналіз датчика Холла

Фізичний механізм ефекту Холла полягає в тому, що при дії магнітного поля на напівпровідник, по

якому проходить струм густини j , при цьому напруженість B магнітного поля перпендикулярна напрямку струму, то у напівпровіднику виникає електричне поле, напрямок якого перпендикулярний як до струму, так і до магнітного поля. Величина напруженості цього електричного поля E_H пропорційна густині струму j у напівпровіднику і індукції магнітного поля B , в якому перебуває напівпровідник [1]

$$E_H = R_H jB, \quad (1)$$

де R_H - коефіцієнт пропорційності (стала Холла), $B = \mu_1 H$ - магнітна індукція, μ_1 - магнітна стала напівпровідника. Проаналізуємо механізм виникнення Ефекту Холла спочатку на прикладі домішкового напівпровідника електронного типу провідності, в якому струм здійснюється тільки електронами.

При існуванні струму в електронному напівпровіднику електрони провідності рухаються з певною середньою швидкістю v_o у напрямку,

протилежному напрямку струму. Якщо такий напівпровідник розташувати у магнітному полі H , яке перпендикулярне струму, то на електрони провідності буде діяти сила Лоренца F_L , напрямок якої перпендикулярний до їх швидкості v_- і напруженості магнітного поля H (рис. 1) [2]. Оскільки заряд електронів від'ємний, то під дією сили Лоренца вони відхиляються від напрямку струму

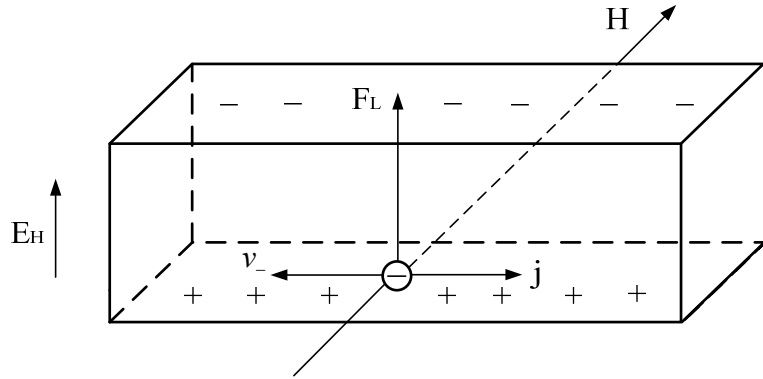


Рис. 1. Виникнення поля Холла у напівпровіднику з електронною провідністю

у сторону, яка протилежна напрямку вектора $[\vec{v}_- \cdot \vec{B}]$ (рис. 1 - вгору).

Внаслідок цього електрони накопичуються на одній з граней напівпровідника, яка перпендикулярна вектору $[\vec{v}_- \cdot \vec{B}]$. У протилежній грані напівпровідникового зразка з'являється некомпенсований позитивний заряд. Між позитивними і негативними зарядами у напівпровіднику з'являється електричне поле E_H , яке гальмує відхилення електронів під дією сили Лоренца. Процес накопичення зарядів різних знаків на протилежних гранях напівпровідника продовжується до тих пір, поки напруженість Холлівського поля, яка зростає по величині, не досягне значення, при якому сила qE_H , яка діє на електрони, врівноважить силу Лоренца [3]

$$qE_H = q[\vec{v}_- \cdot \vec{B}], \quad (2)$$

після чого наступить стаціонарний стан.

Густина струму, який проходить через напівпровідник, дорівнює

$$j = qnv_-, \quad (3)$$

звідки швидкість електронів

$$v_- = j / qn. \quad (4)$$

При підстановці (4) у (2) отримаємо

$$E_H = \frac{1}{qn} jB. \quad (5)$$

Рівняння (4) співпадає з рівнянням (1), тому стала Холла дорівнює

$$R_H = \frac{1}{qn}. \quad (6)$$

Якщо магнітне поле діє на дірковий напівпровідник, через який проходить струм, то носіями заряду у ньому є дірки, швидкість направлено руху яких v_+ співпадає з напрямком струму, то при цьому на дірки діє сила Лоренца. Оскільки дірки мають позитивний заряд, то напрямок дії сили Лоренца співпадає з напрямком вектора $[\vec{v}_+ \cdot \vec{B}]$. При вибраному напрямку струму швидкості електронів і дірок v_- і v_+ протилежні, тому, $[\vec{v}_+ \cdot \vec{B}] = [\vec{v}_- \cdot \vec{B}]$ причому сили Лоренца, які діють на електрони і дірки, що рухаються у протилежних напрямках, направлені однаково.

Отже, у дірковому і електронному напівпровідниках при однакових напрямках струму і магнітного поля носії заряду силою Лоренца відхиляються в одну і ту ж сторону. На основі цього можна зробити висновок, що при однакових напрямках струму і магнітного поля знаки зарядів відповідних граней електронного і діркового напівпровідників і, отже, напрямки холлівських полів в них будуть протилежними. Це

означає, що згідно знаку ефекту Холла у напівпровіднику експериментально можна визначити його тип провідності. Окрім цього, дослідження ефекту Холла дозволяє кількісно визначити концентрацію і рухливість носіїв заряду [2].

З формули (1) визначимо сталу Холла

$$R_H = \frac{E_H}{jB}. \quad (7)$$

Підставляючи значення густини струму $j = I/ab$, де I - повний струм через переріз напівпровідника ab , а також значення напруженості холлівського поля, яке дорівнює градієнту потенціалу $\Delta U/a$, отримаємо

$$R_H = \frac{\Delta U * b}{I * B}. \quad (8)$$

Аналіз (8) показує, що сталу Холла можна визначити експериментальним шляхом, тому що всі величини, які визначають праву частину (8), можна виміряти експериментально. З другого боку, на основі (6) можна визначити концентрацію носіїв заряду, якщо відомо значення R_H .

При використанні відомої формули для електропровідності напівпровідникового матеріалу $\sigma = qn\mu$ і (6) отримуємо вираз

$$R_H * \sigma = \mu. \quad (9)$$

Таким чином, за даним виразом по відомих значеннях R_H і σ можна визначити рухливість носіїв заряду.

Але слід зазначити, що отримані результати при аналізі ефекту Холла є приблизними, тому що рух носіїв заряду уздовж струму з однаковою швидкістю, яка дорівнює середній швидкості їх направленої руху, не є точним. В дійсності, різні носії мають не однакову швидкість руху уздовж струму, причому їх розподіл по швидкостям є нерівномірним, він залежить від механізму розсіювання зарядів, а також від ступеня виродженості електричного заряду. Тому чисельник у формулі (6) має значення, яке відрізняється від одиниці, отже

$$R_H = \frac{A}{qn}, \quad (10)$$

де A є величиною, яка залежить від характеру розподілу носіїв заряду по швидкостях, а також від механізму розсіювання носіїв заряду. Враховуючи вищевказане, слід зазначити, що ефект Холла має свої особливості у напівпровідниках із змішаною і власною провідностями, у яких існують носії заряду двох знаків - електрони і дірки. Як показано вище, при даному напрямку струму і при даному напрямку магнітного поля, який перпендикулярний напрямку струму, носії заряду обох знаків відхиляються силою Лоренца в один і той же бік. Внаслідок цього, області напівпровідника, які збагачуються і збіднюються носіями заряду, отримують значно менші по величині електричні заряди у порівнянні з напівпровідником з такою ж величиною електропровідності, але з одним типом носіїв заряду. Це пояснюється тим, що протилежні по знаку заряди носіїв в позначених вище областях частково або повністю компенсують один одного. У цьому випадку електричне поле Холла значно слабше у порівнянні із домішковим напівпровідником. Отже, можна констатувати, що у випадку напівпровідника із змішаною електропровідністю величина напруженості електричного поля Холла визначається різницею електричної і діркової складових струму, тоді як електропровідність визначається їх сумою.

Якщо концентрація або рухливість носіїв заряду одного типу переважає у напівпровіднику, то ці носії заряду, які накопичуються біля однієї з граней напівпровідника, створюють електричне поле, яке притягує носіїв другого типу заряду і відштовхує однойменні носії заряду. Накопичення носіїв заряду певного типу біля даної поверхні напівпровідника продовжується до тих пір, поки електричне поле Холла не вирівняє обидва потоки, що відповідає стаціонарному стану системи [1].

У напівпровідниках із власним типом електропровідності концентрація електронів дорівнює концентрації дірок. Тому в цих напівпровідниках знак ефекту Холла визначається різницею рухливостей носіїв заряду різних знаків. Якби у власному напівпровіднику рухливості електронів і дірок були рівними, то ефект Холла був би відсутнім, тому що заряди електронів і дірок, які накопичуються на протилежних гранях напівпровідника, повністю компенсували один одного, бо вони рівні за величиною.

Розглянемо приклад датчика Холла, що зображений на рис.2 [1]. Якщо тонка пластина напівпровідника (товщиною h) поміщується в магнітне поле B , а струм I тече уздовж неї так, що електричне поле складає прямий кут з магнітним полем, то на бічних торцях пластини виникає напруга. Значення цієї напруги Холла в розімкнутому колі визначається виразом [2]

$$U_0 = R_H IB / h, \quad (11)$$

де R_H - постійна Холла для матеріалу і розраховується за формулою

$$R_H = [qn]^{-1}, \quad (12)$$

де n - концентрація електронів у матеріалі,

q - заряд електрона.

У напівпровіднику $n=10^{22} \text{ м}^{-3}$ майже в 107 разів менше ніж у провідниках, так що з виразів (11) і (12) видно, що у напівпровідників напруга Холла більша. Ефективна довжина l і ширина W холлівської пластини повинні бути такими, щоб $l/W = 2 \div 3$, оскільки для менших значень цього відношення напруга Холла буде менше, ніж по (11). Пластина повинна бути якомога тонша (малі h).

Матеріали, які використовуються для перетворювачів Холла, повинні мати високу рухливість електронів і широкую заборонену зону. В основному використовуються два матеріали: арсенід індію і фосфід-арсенід індію. Легований арсенід індію має електронну концентрацію $(5-7) \cdot 10^6 \text{ см}^{-3}$ рухливість при кімнатній температурі $20000 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ і постійну Холла $100 \text{ см}^3/\text{с}$. Фосфід-арсенід індію має приблизно в два рази меншу рухливість, але ширшу заборонену зону і може працювати при вищих температурах. Антимонід індію також іноді використовується для перетворювачів Холла, але він має високий температурний коефіцієнт R_H , порядку $2\% / ^\circ \text{C}$ [2].

Напівпровідникова холлівська пластина може виготовлятися по одній із трьох технологій. У першому методі пластина напівпровідника відрізається від бруска матеріалу і травиться до одержання товщини 5-100 мкм. Потім вона приклеюється до підкладки шаром 1-2 мкм епоксидної смолою, що заповнює тріщини і забезпечує гарний тепловідвід. У другому методі напівпровідниковий матеріал осаджується з парів на підкладку товщиною 2-3 мкм. Цей прилад зручний для використання при дуже низьких і дуже великих температурах. У третьому варіанті шар арсеніду галію товщиною близько 10 мкм вирощується методом епітаксії з газової фази напівізолюючого арсеніду галію. При цьому виходить прилад з високою стабільністю і низьким температурним коефіцієнтом, дуже зручний для прецизійних вимірювань [1].

Підкладка для пластин Холла повинна бути твердою при малій товщині, мати високий питомий опір, а також високу теплопровідність, щоб відводити тепло, яке генерується в пластині Холла. У приладах на ефекті Холла найчастіше використовуються такі матеріали як берилій і алюміній [3].

Електричний контакт може бути припаяний до пластини Холла, хоча зазвичай метал напильється на напівпровідник і потім сплавляється з ним при нагріванні. Електричні контакти розташовуються уздовж торців пластини Холла, так що лінії струму - паралельні прями. Матеріал який використовується для контактів Холла, має більш високу провідність, чим напівпровідник, що викликає скривлення ліній струму поблизу холлівських електродів і приводить до нелінійності відношення між B і U_0 в співвідношенні (11). Нелінійність можна зменшити, якщо довжина електрода буде складати менше 10% довжини холлівської пластини, або якщо генератор Холла буде навантажений лінеризуючим опором R_L . Це однак зменшує чутливість S -пристрою, що визначається виразом [2]

$$S = V_0 [IB]^{-1}. \quad (13)$$

Постійна Холла R_H змінюється зі зміною температури і напруженості магнітного поля, однак ці зміни незначні. Перетворювач Холла не боїться сильних магнітних полів, але з ростом поля збільшується його внутрішній опір, так що керуючий струм повинен підтримуватися нижче граничного значення, щоб уникнути руйнування пристрою. Напруга Холла зменшується з навантаженням, а оптимальна лінійність досягається при значенні навантажувального опору, який приводиться в специфікації приладу. Можна прийняти, що датчик Холла має внутрішній опір R_1 на клеммах електричного струму і R_2 - на клеммах холлівської напруги. Опір R_1 вимірюється між керуючими електродами, коли ланцюг Холла розімкнутий. У специфікації даються значення опору при $B = 0(R_{10})$ і крива залежності R_1 від напруженості магнітного поля. Опір R_2 визначається як опір, вимірюваний між контактами Холла при розімкненому керуючому колі. Він також є функцією B і визначається при $B = 0(R_{20})$. Як результат процесів, використовуваних при виготовленні холлівських датчиків, на холлівську напругу накладається мала резистивна складова. При $B = 0$ напруга визначається як $R_0 I$, де I - керуючий струм, R_0 резистивна нульова компонента датчика Холла. Напруга, обумовлена R_0 , може бути компенсована в пристрої на ефекті Холла за допомогою зовнішнього кола [1].

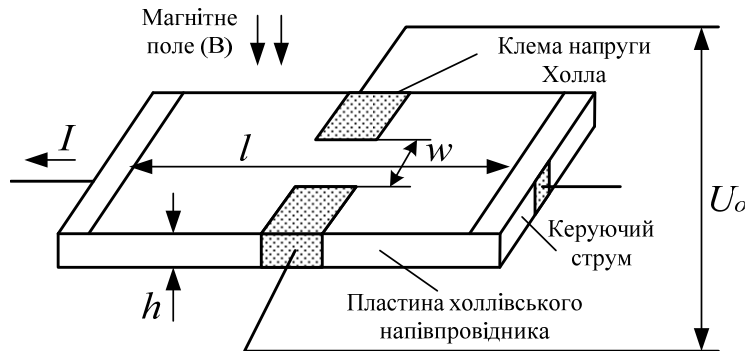


Рис. 2. Конструкція датчика Холла

Провідники від холлівських електродів утворюють індуктивну петлю площею A_0 , що не може бути цілком компенсована. Якщо магнітний потік змінюється зі швидкістю dB/dt , то навіть при нульовому керуючому струмі I у петлі буде індукуватись напруга

$$E = A_0 dB/dt, \quad (14)$$

де A_0 – називається індуктивним нульовим компонентом датчика Холла, а E як правило, має значення 500 мкВ при полі, рівному 1 Тл і частоті 50 Гц [2]. За допомогою ефекту Холла вивчають властивості напівпровідникових матеріалів. На підставі постійної Холла розраховують концентрацію і встановлюють знак носіїв заряду. Вимірюючи постійну Холла в деякій області температур можна отримати температурну залежність концентрації носіїв заряду і з цієї залежності визначити концентрацію домішок і енергію їх активації [1].

За останні роки спостерігається інтенсивний розвиток датчиків магнітної індукції на основі досягнень мікроелектроніки. Новим напрямком в розробці мікроелектронних перетворювачів магнітного поля є створення частотних перетворювачів магнітної індукції на основі реактивних властивостей напівпровідникових структур з від'ємним опором. Використання частотного принципу роботи перетворювачів магнітної індукції забезпечує підвищення завадостійкості пристроїв з одночасним підвищенням точності, отриманням значно більших вихідних сигналів ніж широковикористовуванні перетворювачі. В результаті покращуються метрологічні та економічні показники таких пристроїв [4].

В статті запропоновано розроблену структурну схему радіовимірювального частотного перетворювача магнітного поля з частотним виходом (рис. 3), яка складається з датчика Холла та частотного перетворювача на основі двох біполярних та польового транзисторів.

Використання частотного перетворювача підвищує чутливість радіовимірювального частотного перетворювача для вимірювання напруженості магнітного поля [5]. Електрична схема розробленого радіовимірювального частотного перетворювача для вимірювання напруженості магнітного поля наведена на рис. 4.

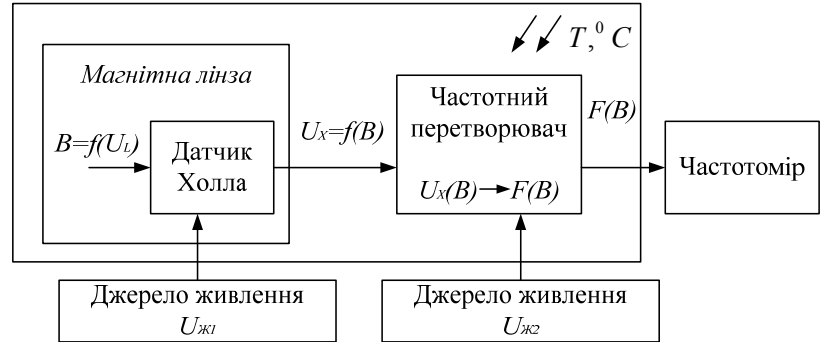


Рис. 3. Структурна схема радіовимірювального частотного перетворювача магнітного поля з частотним виходом

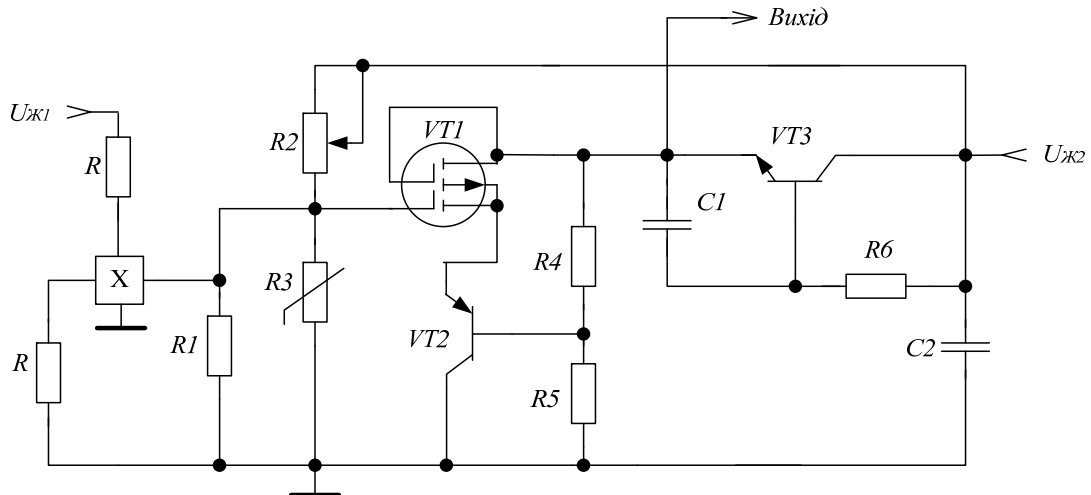


Рис. 4. Електрична схема радіовимірювального частотного перетворювача магнітного поля з частотним виходом

В електричній схемі використовується датчик Холла SS49 та транзистори VT1 – IRF506, VT2 – BC847, VT3 – BC857. Принцип роботи радіовимірювального частотного перетворювача магнітного поля з частотним виходом базується на зміні частоти генерації перетворювача в залежності від зміни рівня інформативного сигналу (який залежить від напруженості вимірюваного магнітного поля) з датчика Холла. Чим більша напруженість магнітного поля, тим вища частота генерації вихідного коливання у радіовимірювального частотного перетворювача магнітного поля з частотним виходом.

Експериментальні дослідження

Проведено експериментальні дослідження радіовимірювального частотного перетворювача

магнітного поля з частотним виходом, яка складається з біполярних та польового транзисторів з датчиком Холла рис. 4. Експериментальна залежність частоти генерації F перетворювача від напруги на магнітній лінзі U_L , табличні дані напруги переведено в одиниці напруженості B магнітного поля (таблиця 1). Дослідження проведено при трьох різних напругах живлення: 4В; 4,5В; 5В.

Основою пристрою є автогенератор, утворений транзисторною структурою VT1, VT2 та активною індуктивністю (VT3, C1, R6). Резистори R2-R5 забезпечують налаштування положення робочої точки транзисторів.

Датчик Холла ввімкнено в схему перетворювача паралельно до транзисторної структури з від'ємним опором. Таким чином інформативний сигнал з датчика Холла впливає на режим роботи транзисторної структури з від'ємним опором, змінюючи частоту генерації автогенератора.

Таблиця 1

Результати експериментальних досліджень залежності частоти генерації радіовимірювального перетворювача від напруги на магнітній лінзі при напрузі живлення 4,5В.

U_L , В	0	1	2	3	4	5	6	7	8
F , кГц	889,15	960,22	971,44	980,18	987,8	995,08	1002,64	1010,57	1018,93
B , мТл	0	50	110	156,7	215	270	320	370	420
U_L , В	9	10	11	12	13	14	15	16	17
F , кГц	1027,68	1036,57	1045,52	1054,45	1063,46	1072,05	1079,57	1085,9	1091,38
B , мТл	466,7	515	560	600	633,4	687	730	760	790
U_L , В	18	19	20	21	22	23	24	25	26
F , кГц	1096,52	1101,15	1105,17	1109,18	1112,44	1114,67	1116,14	1116,56	1115,58
B , мТл	812	840	860	880	900	922	940	955	965

За результатами експериментальних досліджень було побудовано графіки залежності частоти генерації від напруженості магнітного поля рис.5 при трьох напругах живлення.

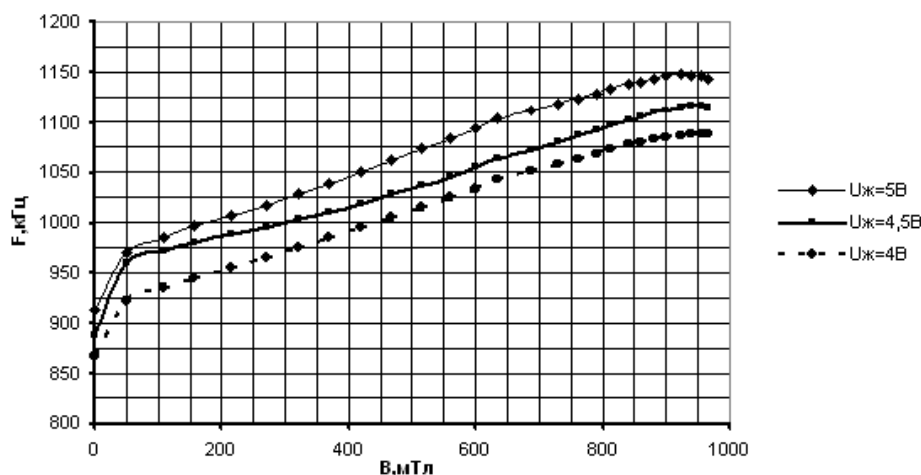


Рис. 5. Графік залежності частоти генерації радіовимірювального перетворювача від напруженості магнітного поля

Проаналізуємо графіки на рис. 5. При напрузі живлення $U_{ж2}=4,5 В$ крутість функції перетворення мінімальна, а при напругах живлення $U_{ж2}=5 В$ та $U_{ж2}=4 В$ рівнозначна. Перевагою при роботі з напругою $U_{ж2}=5 В$ є те, що частоти робочого діапазону є найбільшими у порівнянні з двома іншими випадками. Як видно з графіків рис.5, на них спостерігається дві майже лінійні ділянки. На першій лінійній ділянці чутливість датчика Холла є максимальною, хоча діапазон вимірювання магнітного поля є досить маленьким, але достатнім (діапазон вимірювання напруженості магнітного поля становить 0-50 мТл). Другий діапазон є досить широким, але чутливість до магнітного поля в цьому випадку є набагато меншою ніж в попередньому випадку. Серед трьох варіантів живлення необхідно відмітити, що при напрузі живлення 4,5 В, чутливість до магнітного поля на першій ділянці (режим слабих магнітних полів) досліджуваного пристрою є максимальною та більшою ніж при напругах живлення 4 В та 5 В.

Проведемо дослідження радіовимірювального частотного перетворювача магнітного поля на біполярних та польовому транзисторах з датчиком Холла від температури при напрузі живлення $U_{ж2}=4,5 В$. Експериментальні дані занесемо до таблиці 2. За результатами експерименту побудуємо графік рис.6.

Проведемо аналіз графіку рис. 6. Залежність частоти генерації від температури радіовимірювального частотного перетворювача магнітного поля є майже лінійно. Це пов'язано з тим що при збільшенні температури, рівень вихідної напруги датчика Холла зменшується, що зумовлює зменшення частоти генерації радіовимірювального частотного перетворювача магнітного поля.

Залежність частоти генерації радіовимірювального частотного перетворювача магнітного поля з частотним виходом від температури

$t, ^\circ C$	27,8	28,5	29	30,5	35,9	40,2	45,7
F, кГц	884,48	881,63	878,41	866,94	828,94	801,92	767,41
$t, ^\circ C$	50,4	55	60	65	70	75	80
F, кГц	740,11	714,33	686,57	661,3	635,12	609,62	585,84
$t, ^\circ C$	85	90	95	100	105	110	-
F, кГц	558,44	534,05	512,79	489,9	469,49	454,95	-

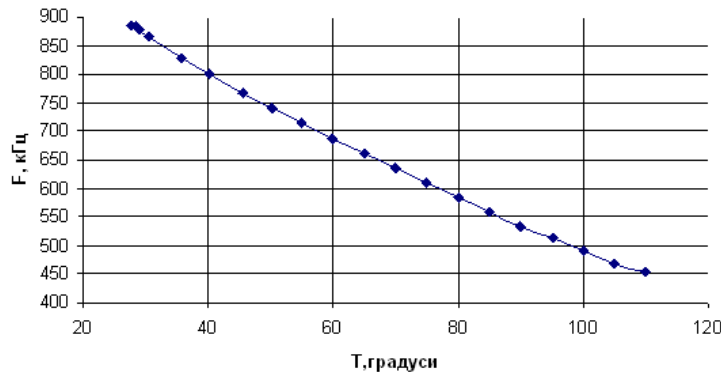


Рис. 6. Залежність частоти генерації радіовимірювального частотного перетворювача магнітного поля з частотним виходом від температури

Висновки

В даній статті досліджено природу виникнення інформативних сигналів в датчику Холла при впливі на нього магнітного поля. Розроблено структурну та електричну схему радіовимірювального частотного перетворювача магнітного поля з частотним виходом.

В результаті експериментів було встановлено, що така схема радіовимірювального частотного перетворювача магнітного поля дозволяє збільшити динамічний діапазон вихідних сигналів в 2 рази, що сприяє підвищенню точності вимірювання магнітного поля в 2 рази. За рахунок того, що вихідним інформативним сигналом є частота, а не напруга, то додатково отримуємо вираш в економічній складовій при проектуванні пристрою, оскільки реалізація вимірювача частоти на мікроконтролері є менш затратнішою в порівнянні з вимірювачем напруги на мікроконтролері.

References

1. Portnoy G. Sovremennye magnitochustvitelnie datchiki Holla i pribory na ih osnove // Vestnik automatizatsiy, 2013, №1 (39), с. 7-12.
2. Microelectroni sensory magnitnogo polya z chastotnym vihodom [Monographiya.] / Osadchuk V.S., Osadchuk O.V. - Vinnytsia: VNTU, 2013. - 254 p.
3. Osadchuk V.S., Osadchuk O.V., Martynyuk V.V. Doslidenna microelectronnogo chastotnogo perevoruvacha magnitnogo polya // Vestnik Hmel'nitskogo natsionalnogo universitetu. - 2006. - №.2 - p. 139-143.
4. Osadchuk O.V. Microelectronni chastotni peretvoruvachi na osnovi tranzistornih struktur z videmnym oporom / Osadchuk O.V. - Vinnytsia: Universum-Vinnytsia, 2000. - 302 p.
5. Funktsionalni vuzly radiovimirovalnih prystroiv na osnovi reaktivnyh vlastivostey tranzistornih struktur z videmnym oporom: [Monographiya.] / Osadchuk V.S., Osadchuk O.V., Semenov A.O., Koval K.O. - Vinnytsia: VNTU, 2011. - 336 p.

Література

1. Портной Г. Современные магниточувствительные датчики Холла и приборы на их основе // Вестник автоматизации, 2013, №1 (39), с. 7-12.
2. Мікроелектронні сенсори магнітного поля з частотним виходом [Монографія.] / Осадчук В.С., Осадчук О.В. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 254 с.
3. Осадчук В.С., Осадчук О.В., Мартинюк В.В. Дослідження мікроелектронного частотного перетворювача магнітного поля // Вісник Хмельницького національного університету. – 2006. - №.2 - С. 139-143.
4. Осадчук О. В. Мікроелектронні частотні перетворювачі на основі транзисторних структур з від'ємним опором / Осадчук О. В. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2000. – 302 с.
5. Функціональні вузли радіовимірювальних приладів на основі реактивних властивостей транзисторних структур з від'ємним опором: [Монографія.] / Осадчук В.С., Осадчук О.В., Семенов А.О., Коваль К.О. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – 336 с.

Рецензія/Peer review : 15.1.2015 р.

Надрукована/Printed :24.1.2015 р.

Стаття рецензована редакційною колегією