Міністерство освіти і науки України

Харківський державний технічний університет радіоелектроніки

Кафедра ПЕЕА

КУРСОВИЙ ПРОЕКТ

по предмету: Елементна база ЕА

на тему: Проектування низькоомного опору

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

**Резистор змінного опору типу А**

*Вихідні дані для проектування*:

* номінальний опір R = 470 Ом;
* номінальна потужність P = 1 Вт;
* розділювальна здатність δ = 1%;
* температурний коефіцієнт опору ТКО = ±5⋅10-6 1/град;
* температурна е.р.с. Терс = -2 мкВ/град;
* контактний тиск P = 20 г/мм2;
* ресурс роботи 105 обертів;
* кут повороту ϕ = 300°;
* умови експлуатації:

кліматичні -- УХЛ 4.2 ГОСТ 15150-69,

механічні -- IV ст.ж. ГОСТ 16962-72;

* випуск n = 1010 шт/рік.

**ЗМІСТ**

Вступ

1. Аналіз ТЗ

2. Огляд аналогічних конструкцій і вибір напрямку проектування

* 1. Електричний та конструктивний розрахунокю Розрахунок резистивного елемента

3.2 Розрахунок контактної пружини

3.3 Теплотехнічний розрахунок

3.4 Розрахунок частотних характеристик

4. Ескізне опрацювання елемента і обгрунтування прийнятих рішень

5. Уточнення і опис конструкції

Висновки

Перелік посилань

**ВСТУП**

Розвиток радіоелектроніки, розширення областей застосування електронної апаратури поставили питання про необхідність різко підвищити технічні та експлуатаційні характеристики електро-радіоелементів, зокрема проволочних резисторів. Це обумовлено тим, що в різноманітних схемах радіоапаратури вони займають досить значну частину від загальної кількості елементів принципової схеми.

Резистори загального призначення використовуються в якості поглиначів і дільників напруги в колах живлення, елементів фільтрів та підсилювачів, шунтів, регуляторів гучності та тембру, в колах формування імпульсів, у вимірювальних приладах і т.п.

Особливе місце серед усіх типів резисторів займають проволочні змінні резистори, які знаходять широке застосування в електронній апаратурі, різноманітних схемах автоматичного керування і регулювання, в електрообладнанні транспорту і вимірювальній техніці.

При усій простоті конструкції і технології виготовлення вони мають ряд недоліків: досить велика вартість; значна власна індуктивність та ємність; великі габарити в зв’язку з технологічними труднощами виготовлення тонких проводів з різних металів та сплавів.

Тим не менше змінні проволочні резистори незамінні в лабораторних дослідженях і в деяких видах апаратури, так як у них поряд з вищеописаними недоліками є ряд переваг:

* мінімальний температурний коефіцієнт опору (ТКС) і початковий стрибок опору;
* висока розділювальна здатність;
* легкість конструювання під задану функціональну залежність опору від кута повороту.

Остання їх перевага дозволяє застосовувати їх для електричного моделювання фізичних процесів в якості датчиків лінійних та кутових переміщень.

За допомогою потенціометрів (проволочних резисторів з більшою розділювальною здатністю і точністю) можливо не лише перетворити механічну величину в електричну, але й реалізувати потрібний функціональний зв’язок між цими величинами.

**1. АНАЛІЗ ТЗ**

Згідно технічного завдання необхідно сконструювати резистор змінного опору з такими характеристиками:

- номінальний опір R = 470 Ом;

- номінальна потужність P = 1 Вт;

- розділювальна здатність δ = 1%;

- температурний коефіцієнт опору ТКО = ±5⋅10-6 1/град;

- температурна е.р.с. Терс = -2 мкВ/град;

- контактний тиск P = 20 г/мм2;

- ресурс роботи 105 обертів;

- кут повороту ϕ = 300°;

- умови експлуатації:

кліматичні -- УХЛ 4.2 ГОСТ 15150-69, механічні -- IV ст.ж. ГОСТ 16962-72;

- випуск n = 1010 шт/рік.

Майбутній резистор має бути згідно ГОСТ 15150-69 по кліматичному виконанню експлуатованим в макрокліматичному районі з помірним та холодним кліматом в лабораторних, капітальних житлових і інших подібних приміщеннях [2. 6].

Механічні умови експлуатації IV ступеню жорсткості по ГОСТ 16962-71 передбачають вібраційні навантаження в діапазоні частот 1-80 Гц з максимальним прискоренням 5g, ударні навантаження 150g з тривалістю удару 1-3 мс та лінійні навантаження 100g.

Виходячи з даних, для забезпечення ТКО і Терс вибираємо в якості матеріалу для резистивного елемента серед наявних резистивних сплавів по [1.39] манганін – мідно-марганцевий сплав, що складається з 83÷86.5% міді, 11÷13.5% марганцю та 2.5÷3.5% нікелю. У манганіна ρ = = 0.42÷0.48 Ом⋅мм2/м, ТКО = ±(5÷30)⋅10-6 1/град, Терс = 1 мкВ/град.

Намотку резистивного елемента проводимо манганіновим проводом марки ПМТ – твердий, з ізоляцією в один шар з високоміцної емалі і діаметром жили від 0.02 до 0.8 мм.

Так як резистор повинен мати ресурс роботи 105 обертів, то необхідно забезпечити хороший контакт пружини струмознімача до резистивного проводу при мінімальному контактному зусиллі і надійну фіксацію встановленого опору.

Для резистивного каркасу раціонально вибрати плоский каркас, так як він займатиме менший об’єм ніж циліндричний.

Номінальна потужність майбутнього резистора рівна 1 Вт, що відносить його до класу резисторів середньої потужності, отже у нього великий перегрів буде відсутній.

Кут повороту рухомого контакта складає 300°, що говорить про те, що змінний резистор має бути одноповоротним і мати підковоподібну форму резистивного елемента.

Випуск резисторів є серійним. Для цього потрібно забезпечити простоту виготовлення і застосувати недорогі матеріали для нього.

**2. ОГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ І ВИБІР НАПРЯМКУ ПРОЕКТУВАННЯ**

Конструкція заданого проволочного резистора змінного опору в великій мірі залежить від заданих його характеристик. Після аналізу технічного завдання відомо, що резистор має мати плоский резистивний елемент підковоподібної форми з постійним перетином у вигляді прямокутника.

Аналогічними конструкціями для заданого резистора є конструкції проволочних підстроювальних резисторів з коловим переміщенням рухомого контакта СП5-2, СП5-3, СП5-2Т, СП5-3Т. Ці резистори для приведення в рух ковзаючого контакту використовують черв’ячну передачу, що небажано використати в даному резисторі, так як ця конструкція із-за своїх мінімальних розмірів може вийти з ладу раніше терміну експлуатації, а також не забезпечує плавної зміни опору із-за створення деякого контактного зусилля і для фіксації встановленого опору потребує контактних пружин.

Більш наближеною конструкцією до конструкції проектованого резистора є резистори типу СП5-16ТБ, у яких притискування контактної системи до струмознімача здійснюється за рахунок пружини. Контактна пружина має форму консольно закріпленої балки, що дозволяє вибирати значення контактного зусилля в досить широких межах. Але негативною стороною цих резисторів є їх герметизація, що не дозволяє робити розбирання резистора.

Загальним елементом цих конструкцій, що не підходять для резистора у нашому випадку, є те, що резистивний елемент є струнним і контактна пружина знаходиться між тримачем і резистивним елементом. Пружина, що притискає контактну систему до струмознімача, знаходиться всередині корпусу, створює зусилля за рахунок своєї пружності і жорсткості матеріалу корпусу.

Враховуючи усі ці недоліки існуючих резисторів відносно нашого змінного резистора, вибираємо такі напрямки конструювання:

* обертання ковзаючого контакту проводиться за допомогою контактної пружини;
* фіксація встановленого опору за допомогою пружини;
* створення контактного зусилля з допомогою пружини і шайб для можливості його регулювання;
* струмознімач виконаємо у вигляді шайби, що переходить у зовнішній контакт і притискається до контактної системи циліндричною пружиною;
* корпус резистора відкритий, тобто кришки немає, так як умови роботи всередині приміщення.

**3. ЕЛЕКТРИЧНИЙ ТА КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗРАХУНОК**

**3.1 Розрахунок резистивного елемента**

1 Визначення площі плоского каркасу резистивного елемента проводиться згідно формули [1.73]:

 , (3.1)

де S – площа каркасу, мм2,

P – електрична потужність розсіювання, Вт;

ϑ– перегрів обмотки, рівний різниці між максимальною допустимою температурою на обмотці і номінальною навколишньою температурою, ˚C;

μ – середній коефіцієнт тепловіддачі резисторів, що лежить в межах (5÷20)·10-5 Вт/мм2·град [1.73];

.

2 Визначення діаметра проводу згідно формули:

 , (3.2)

де d – діаметр проводу, мм;

 ρ – питомий електричний опір проводу, Ом·мм2/м, для мангані-ну складає 0,46 Ом·мм2/м [1.39];

 R – опір обмотки, Ом;

 к – коефіцієнт, чисельно рівний відношенню кроку намотки до діаметра проводу. Для резистивних елементів, що намотуються ізольованим проводом к = 1,05÷1,2 [1.73];

.

3 Визначення довжини проводу L, мм:

 , (3.3)

.

4 Визначення кроку намотки проводу tн, мм:

, (3.4)

 .

5 Визначення довжини каркасу:

Площа плоского каркасу визначається за формулою:

, (3.5)

де l0 – довжина активної частини каркасу, мм;

a – висота каркасу, мм;

b – ширина каркасу, мм.

Звідки:

 . (3.6)

Вибираємо, виходячи з практичних міркувань:

a = 5 мм, b = 1 мм;

.

Рисунок 3.1 – Форма каркасу резистивного елемента

6 Визначення кількості витків резистивного елемента n:

, (3.7)

.

7 Визначення кроку намотки tн через L, a, b:

, (3.8)

.

Цей результат приблизно рівний попередньому розрахунку, отже крок намотки вибраний правильно.

8 Визначення діаметру каркасу, зігнутого у підковоподібну форму:

 , (3.9)

де D – діаметр каркасу, мм;

 ln – довжина каркасу в тому випадку, якщо би він мав форму замкненого кола, мм, що визначається з пропорції:

360° — ln

φ — l0 ,

де φ – кут повороту рухомого контакту, град;

 , (3.10)

;

 .

9 Визначення загальної довжини каркасу l:

, (3.11)

де l0 – довжина активної частини каркасу, мм;

 Δ – відстань від краю каркасу до кінця або початку обмотки,

призначена для його закріплення, мм;

.

**3.2 Розрахунок контактної пружини**

В якості матеріалу контактної пружини виберемо сплав золота (80%) і міді (20%), який має високу твердість і електропровідність, стійкий до корозії і зварювання.

Конструкцію виберемо у вигляді консольно закріпленої пружини круглого перетину (рисунок 3.2):

Рисунок 3.2 – Конструкція контактної пружини

Визначення діаметра пружини проводиться згідно формули [1.81]:

, (3.12)

де dпр – діаметр пружини, мм;

 Fк – мінімальне контактне зусилля, г;

 Е – модуль пружності, кг/мм2;

 σ – напруження в матеріалі пружини, кг/мм2;

 γ – густина матеріалу пружини, г/см3 [1.43];

ƒ – прогин пружини, мм, який визначається з формули:

, (3.13)

де lпр - довжина пружини, мм.

Задаємо довжину пружини як половину від діаметрукаркасу резистивного елемента, що складає 18 мм. Тоді lпр = 9 мм. Отже:

, (3.14)

 ;

.

**3.3 Теплотехнічний розрахунок**

Визначення температури перегріву резистивного елемента при встановленому тепловому режимі проводиться згідно формули [1.106]:

 , (3.15)

де ϑ – температура перегріву резистивного елемента, град;

 P – потужність розсіювання, Вт;

 μ – середнє значення коефіцієнта тепловіддачі [1.106],

Вт/мм2·град;

 Sр.е .– площа поверхні резистивного елемента, мм2, що визначається за формулою:

, (3.16)

де d – діаметр проводу, мм;

 L – довжина проводу, мм;

;

.

**3.3 Розрахунок частотних характеристик**

1 Розрахунок індуктивності резистивного елемента з прямо-лінійним каркасом прямокутного перетину проводиться згідно формули [1.111]:

, (3.17)

де L – індуктивність резистивного елемента, Гн;

 n – кількість витків резистивного елемента;

 b – ширина каркасу, мм;

 h – висота каркасу,мм;

 l – довжина каркасу, мм;

 k4 – поправочний коефіцієнт, що залежить від геометричних розмірів каркасу, який для випадку h/l<1 виражається формулою:

, (3.18)

де k5 і k6 – коефіцієнти, що залежать від співвідношення b/h, наведені на графіках [1.112].

Для співвідношення b/h = 0.1: k5 = 0.18, k6 = 0.025;

,

.

2 Розрахунок власної ємності резистивного елемента з каркасом круглого перетину з діелектрика проводиться за формулою [1.111]:

 , (3.19)

де С – власна ємність, пФ;

 k1 – коефіцієнт, що залежить від співвідношення між кроком намотки tн і діаметром резистивного проводу;

 k2 – коефіцієнт, що залежить від співвідношення між довжиною намотки резистивного елемента l0 і діаметром каркасу резистивного елементу dк;

 dк – діаметром каркасу резистивного елементу, мм.

Приведемо перетин резистивного елемента з прямокутного до круглого і визначимо діаметр цього круглого перетину. Для цього визначаємо площу прямокутного перетину резистивного елемента SП:

, (3.20)

де b – ширина резистивного елемента, мм;

h – висота резистивного елемента, мм;

.

Діаметр резистивного елемента круглого перетину визначається за формулою:

, (3.21)

де S – площа перетину резистивного елемента, мм2, у даному випадку S = Sп. Тоді:

.

Для співвідношення tн/dk = 1.25 і l0/dk = 18.4 коефіцієнти k1 і k2 згідно графіка [1.111] відповідно становитимуть:

k1 = 0.2,

k1 = 6;

.

**4. ЕСКIЗНЕ ОПРАЦЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТА I ОБГРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ РIШЕНЬ**

У курсовому проектi розробляється проволочний резистор змiнного опору з плоским прямолiнiйним резистивним елементом. Резистивний провiд намотаний на каркас, який зiгнутий у пiдковоподiбну форму так, що струмознiмання проходить в результатi колового обертання ковзаючого контакту. Плоский резистивний елемент вибирається виходячи з середньої потужностi (1 Вт) i з того, що плоский каркас займає менше мiсця, нiж круглий.

Струмознiмання проводиться за допомогою контакта, виконаного iз сплава золота i мiдi в формi плоскої пружини круглої форми, що на одному кiнцi переходить в сам контакт, який у перерiзi утворює дугу. Конструкцiя контактної пружини круглого перетину у формi консольно закрiпленої балки була вiдхилена iз-за низької технологiчностi виконання i трудоємностi її закрiплення.

Фiксацiя встановленого опору, утворення необхiдного контактного зусилля i одночасно струмознiмання вiд рухомого контакту досягається за допомогою плоскої контактної шайби, яка переходить у зовнiшнiй контакт i притискається до контактноi системи цилiндричною пружиною з круглої проволоки з однiєї сторони i стопорних шайб з другої. Це дозволяє легко регулювати контактне зусилля i не потребує великих зусиль при перемiщеннi контактної системи.

Втулка з рiзьбою, запресованa в корпус, дозволяє легко та зручно розмiстити резистор у схемi.

У загальному конструкцiя проста i разом з тим надiйна, що не потребує великих витрат, а також зручна в серiйному виробництвi.

**5. УТОЧНЕННЯ I ОПИС КОНСТРУКЦIЇ**

Основним елементом у змiнному проволочному резисторi є резистивний елемент i контактна система. Тому їм надається особлива увага.

Кiнцi резистивного проводу закрiплюються на контактах методом контактного зварювання разом iз зварюванням кiнця контакту пiсля обтискування резистивного елементу.

Закрiплення резистивного елементу проводиться за допомогою клею. Додатково жорсткiсть конструкцiї досягається за рахунок контактiв, що виводяться назовнi через додаткову iзоляцiйну панель.

Вiсь перемiщення контактної системи здiйснює свої рухи в металiчнiй втулцi iз зовнiшнью рiзьбою М8, довжина якої 10 мм. Втулка має 4 поздовжнiх вирiзи для створення сили тертя i щоб зменшити знос вiсi. На кiнцях вiсь має проточки: одна для надiйного закрiплення тримача контакта, а друга - для стопорних шайб, що створюють вiдповiдне контактне зусилля.

Контактна система складається iз самого контакту, закрiпленого на тримачi, та контактної шайби, що притискається до контакту з допомогою цилiндричної пружини, друга сторона якої зафiксована у спецiальному заглибленнi корпусу. Вивiд контактної шайби проходить через iзоляцiйну панель i виходить назовнi.

Iзоляцiйна панель виконується iз того ж матерiалу що i корпус, i має форму частини цилiндра з вирiзами, що вiдповiдають вирiзам корпусу, i центрального потовщення, що грає роль упору для перемiщення контактної системи в межах заданого кута.

Кришки на корпусi немає, так як умови експлуатацiї резистора всерединi примiщення.

**ВИСHОВКИ**

У результаті проектування був отриманий проволочний резистор змінного опору типу А. Його характеристики наведені у паспорті.

Резистор має невеликі габаритні розміри, що зручно в експлуатації. Кріпиться резистор у схемі за допомогою гайок, що накручуються на втулку, тому не потрібні ніякі інші кріплення.

У результаті електричних розрахунків параметри резистора були покращені, зокрема зменшена розділювальна здатність. Власна ємність та індуктивнсіть є незначними, тому вони не будуть значно впливати на параметри схеми, у якій встановлюється резистор.

Отримана конструкція резистора зручна при серійному виробництві, так як не потребує складного технологічного обладнання і технологічних операцій. Разом з тим конструкція надійна, а строк її роботи може бути продовжений за допомогою ремонту, так як резистор легко розбирається.

Вартість конструкції не дуже висока і в основному визначається вартістю проводу, матеріалу корпусу та контакту.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1 Проволочные резисторы. Под ред. М.Т. Железнова и Л.Т. Ширшева. – М.: Энергия, 2000. – 240 с.

2 Справочник конструктора-приборостроителя. Проектирование. Основные нормы / В.Л. Соломахо, Р.И. Томилин, Б.В. Цитович, Л.Г. Юдовин. – Мн.: Выш. Шк., 2008. –272 с.